

**Nathalie Bonnardel
Liliane Pellegrin
Hervé Chaudet (Eds)**

Huitième colloque de psychologie ergonomique EPIQUE 2015



**Actes du colloque
Aix-en-Provence, 8-10 juillet 2015**

Nathalie Bonnardel
Liliane Pellegrin
Hervé Chaudet (Eds.)

Huitième colloque de Psychologie Ergonomique EPIQUE 2015

Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015

Actes du colloque



ARPEGE SCIENCE PUBLISHING
Conservatoire national des arts et métiers
292 rue Saint-Martin
F-75141 Paris Cedex 03

www.arpege-recherche.org/index.php?page=editions-arpege

Copyright © 2015 Arpege Science Publishing



Ce livre numérique est diffusé sous une licence Creative Commons 3.0 Attribution-
Pas d'utilisation commerciale-Pas de Modification.
Les auteurs conservent les droits de leurs publications.
Pour plus d'information sur cette licence, veuillez consulter :
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Vous êtes autorisé à partager, copier, distribuer ce contenu sous les conditions suivantes :

- Vous devez attribuer l'ouvrage complet à ARPEGE Science Publishing.
- Vous n'êtes pas autorisé à faire un usage commercial de cette œuvre, tout ou partie du matériel la composant.
- Vous n'êtes pas autorisé à modifier, transformer le contenu de cette œuvre ou créer à partir du matériel la composant.

ISBN 979-10-92329-02-5

Organisation

Organisateurs

Nathalie Bonnardel, Centre de recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Emotion (PsyCLE, EA 3273), Aix Marseille Université, France

Liliane Pellegrin, Centre d'épidémiologie et de santé publique des armées (CESPA), Service de Santé des Armées, Marseille, France

Hervé Chaudet, SESSTIM (Sciences Economiques et Sociales de la Santé & Traitement de l'Information Médicale), UMR 912, Aix Marseille Université, France

Comité d'organisation

Nathalie Bonnardel, Aix Marseille Université, France

Julien Cegarra, Centre Universitaire François Champollion, Albi, France

Liliane Pellegrin, Service de Santé des Armées, Marseille, France

Hervé Chaudet, Aix Marseille Université, France

Comité d'organisation des doctoriales

Françoise Anceaux, DEMoH-PERCOTEC, Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique Industrielles et Humaines (LAMIH, UMR 8201), Université de Valenciennes, France

Christine Chauvin, Equipe LESTIC, Centre de Recherches en Psychologie, Cognition & Communication (CRPCC, EA1285), Université de Bretagne Sud, France

Coordination et administration

Absa d'Agaro-N'Diaye, Aix Marseille Université, France

Sylvie Ripert, Aix Marseille Université, France

Comité scientifique

Françoise Anceaux, LAMIH-UMR CNRS 8201, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis

Vincent Boccard, CNRS LIMSI, Université Paris XI - Orsay

Nathalie Bonnardel, PsyCle, Aix-Marseille Université

Jean-Michel Boucheix, Université de Bourgogne

Léonore Bourgeon, ACSO, Institut de recherche Biomédical des Armées-SSA

Eric Brangier, SELF et ETIC - Université de Lorraine-Metz

Jean-Marie Burkhardt, IFSTTAR

Béatrice Cahour, CNRS Télécom Paris Tech

Julien Cegarra, Centre Universitaire Jean-François Champollion, Albi

Marianne Cerf, INRA SAD

Herve Chaudet, SESSTIM, Aix-Marseille Université

Christine Chauvin, LESAM-Université de Bretagne Sud

Aline Chevalier, Université de Toulouse Jean-Jaurès

Françoise Darses, ACSO, Institut de recherche Biomédical des Armées-SSA

Jérôme Dinot, ETIC, Université de Lorraine - Metz

Justine Forrierre, Université Lille Nord de France - Université de Lille 3

Irène Gaillard, UMR 5044 (CERTOP)-Université Toulouse Jean-Jaurès

Edith Galy-Marié, PsyCle, Aix-Marseille Université
Franck Ganier, LABSTICC , Université Bretagne Occidentale
Alain Giboin, INRIA Sophia Antipolis
Fabien Girandola, Département de Psychologie sociale et du Travail, Aix-Marseille Université
Laurent Karsenty, CRDT CNAM-ErgoManagement
Rémi Kouabenan, LIP/PC2S, Université Pierre Mendès France
Ludovic Le Bigot, CeRCA, Université de Poitiers
Sylvain Leduc, LPS, Aix Marseille Université
Anne-Claire Macquet, Institut national du sport, de l'expertise et de la performance
Jacques Marc, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) – Nancy
Jean-Claude Marquié, CLLE-LTC, Université Toulouse 2- Jean Jaures
Gaël Morel, LESAM-Université de Bretagne Sud
Janick Naveteur, LAMIH UR CNRS 8201, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis
Julien Nelson, LATI, Université Paris Descartes
Anaïs Nouailles-Mayeur, Autorité de Sécurité Nucléaire-Montrouge
Syvia Pelayo, Evalab, INSERM CIC-IT 807 - Université Lille 2
Liliane Pellegrin, Centre d'Epidémiologie et de Santé Publique des Armées-SSA
Janine Rogalski, CHArt, Université Paris VIII
Stephane Safin, C3U, Université de Paris VIII
Patrice Terrier, CLLE-LTC, Université Toulouse 2- Jean Jaures
Charles Tijus, CHArt, Université Paris VIII
Corinne Van de Weerd, département Homme au travail, INRS Nancy
Manuel Zacklad, Dicen-ID, Centre National des Arts et Métiers

Table des matières

CONFERENCES PLENIERES.....	11
Human-Systems Integration: From Automation to Tangible Interactive System <i>Guy Boy</i>	12
La place de l'ergonomie dans la conception des environnements numériques d'apprentissage <i>Mireille Bétrancourt</i>	15
Prévention des risques professionnels et santé au travail <i>Rachid Bannour</i>	17
SESSION 1 : ACTIVITES COLLECTIVES ET COLLABORATIVES (1)	19
Organisation réticulaire des entreprises et activités collectives Analyses ergonomiques des activités de maintenance dans un réseau de transport en commun <i>Corinne GRUSENMEYER</i>	21
Impact de l'expertise sur la qualité de la collaboration lors de la gestion d'une crise <i>Nathalie BONNARDEL, Doris LENADIER, Marion GEORGES</i>	33
Evaluation prospective d'un support collaboratif pour la cellule de commandement des bâtiments de surface de la Marine nationale <i>Fabienne PADLO-CARRE, Magali ALBERT, Florian SUCH</i>	43
SESSION 2 : INTERACTIONS HOMMES-MACHINES.....	53
Modéliser la gestion collective de ressources dans un quartier intelligent : complémentarité des approches de la psychologie ergonomique et de l'informatique autonome <i>Chloé LE BAIL, Robin DESPOUYS, Françoise DETIENNE, Michael BAKER, Rémi SHARROCK</i>	55
Etude ergonomique de la modalité haptique comme soutien à l'activité de déplacement piéton urbain : un projet de conception de produit innovant <i>Lucie BRUNET, Christine MEGARD, Marie-Paule DANIEL, Françoise DARSEES</i>	63
Prédictibilité des systèmes et sentiment de contrôle : vers des interfaces plus agentives <i>Kevin LE GOFF, Arnaud REY, Bruno BERBERIAN</i>	69
SESSION 3 : ACTIVITES COLLECTIVES ET COLLABORATIVES (2)	77
Etude des patterns de communications et de prise d'informations en situation de coopération multi professionnelle unilatérale pour la mise en évidence des mécanismes de synchronisation opératoire des activités <i>Françoise ANCEAUX, J. BOUCHEL, R BONVINI, Fabienne TERRANEO, Sylvia PELAYO, Marc DIBY</i>	79
Eléments de construction d'un référentiel commun : Configurations d'acteurs et d'actions lors de la gestion collective d'une alerte épidémiologique <i>Liliane PELLEGRIN, Hervé CHAUDET</i>	91
Le débriefing en sports collectifs de haut niveau : entre division du travail et organisation des procédures <i>Anne-Claire MACQUET, Claude FERRAND, Neville STANTON</i>	103
Couplage de données d'observation et de mesure comme objet d'échange autour de la prévention du risque chimique <i>Nathalie JUDON, Florence HELLA, Alain GARRIGOU</i>	111

SESSION 4 : EMOTIONS, ACTIVITES ET TECHNOLOGIES..... 115

Impact d'un sommet de côte et de ses aménagements sur le comportement et la réactivité cardiaque d'un conducteur à l'approche.	117
<i>Jannick NAVETEUR, Jean-Michel AUBERLET, Julie PAXION, Florence ROSEY, Françoise ANCEAUX, Marie-Pierre PACAUX- LEMOINE</i>	
Donner corps à l'usager : l'apport de l'analyse du vécu émotionnel dans l'évaluation de l'acceptabilité pratique	129
<i>Charlotte PLAKSINE, Nadia BARVILLE-DEROMAS, Marc-Eric BOBILLIER- CHAUMON, Jacqueline VACHERAND-REVEL</i>	
Choix en ligne d'un covoiturage : processus cognitivo-affectifs mobilisés pendant l'activité décisionnelle	137
<i>Lisa CRENO, Béatrice CAHOUR</i>	
Attitudes vis-à-vis des robots et perception de leur autonomie : vers la création d'une Echelle de Perception de l'Autonomie des Robots (EPAR)	151
<i>Jordan LOMBARD, Jérôme DINET</i>	

SESSION 5 : ACTIVITES DE CONCEPTION ET CREATIVITE 163

Activités créatives et innovations pédagogiques dans le domaine du design	165
<i>John DIDIER, Nathalie BONNARDEL</i>	
Modalités de communication et créativité en environnement virtuel collaboratif	175
<i>Mathieu FORENS, Marie-Laure BARBIER, Nathalie BONNARDEL</i>	
La conception pluridisciplinaire d'un logiciel de reconnaissance de formes : le projet MobiSketch	183
<i>Sylvain FLEURY, Eric JAMET</i>	
Déterminants de l'évaluation ergonomique par observation : un exemple pour les objets et environnements domestiques	191
<i>Benjamin CHATEAU</i>	

SESSION 6 : GESTION DES SITUATIONS DYNAMIQUES..... 199

Contrôle cognitif et prise de décision en environnement dynamique. Cas particulier de la gestion de la traction et du freinage chez des conducteurs de tramway	201
<i>Mathieu MOUCHEL, Janick NAVETEUR, Denis MIGLIANICO, Françoise ANCEAUX</i>	
Analyser la cognition d'équipe à la lumière des boucles de communication - Application à l'analyse des processus d'équipe en passerelle de navire	211
<i>Christine CHAUVIN, Jean-Pierre CLOSTERMANN</i>	
Automatisation de la conduite automobile : suppression ou transformation de l'activité du conducteur ?	223
<i>Céline POISSON, Stéphane SAFIN, Jean François FORZY, Sabine LANGLOIS, Françoise DECORTIS, Anne BATIONO-TILLON</i>	

SESSION 7 : NEUROERGONOMIE..... 235

Evaluation comparée de données EEG pour la mesure de la charge cognitive en environnement opérationnel de jeu vidéo	237
<i>Lucille LECOUTRE, Sami LINI, Christophe BEY, Axel JOHNSTON, Quentin LEBOUR, Pierre-Alexandre FAVIER</i>	
Réduire le caractère transitoire d'animations procédurales n'améliore pas (toujours) l'apprentissage	249
<i>Jean-Michel BOUCHEIX, Claire FORESTIER</i>	
Expertise et gestion de la multitâche : Examen des patterns d'exploration visuelle pour augmenter l'efficacité de l'expérience des utilisateurs	255
<i>Valériane DUSAUCY, Yousri MARZOUKI, Thierry RIPOLL</i>	
Etude outillée de l'attention visuelle flottante dans la recherche collaborative d'informations sur grands écrans	261
<i>Damien MARION, Pierre- Alexandre FAVIER, Jean-Marc ANDRE</i>	

SESSION 8 : ASPECTS PSYCHO-ERGONOMIQUES DES TIC : UTILISABILITE.....	269
Evaluation ergonomique d'un système d'authentification graphique <i>Pascal SALEMBIER, Moustafa ZOUINAR, Christophe MATHIAS, Guirec LORANT, Jean-Philippe WARY</i>	271
Mesurer la formation de la première impression d'une interface à l'aide du test des 5 secondes <i>Guillaume GRONIER, Carine LALLEMAND, Adélaïde CHAUVET</i>	285
SESSION 9 : VIEILLISSEMENT ET FACTEURS CAPACITANTS	299
Ergonomie et accessibilité numérique : création de l'observatoire Exallys <i>Christopher PAGLIA, Anthony LOISELET, Brice KOVACS, Frédéric HALNA</i>	301
Rechercher de l'information sur internet : impact du vieillissement, du domaine de connaissances et de la complexité des questions de recherche sur la dynamique de l'activité <i>Mylène SANCHIZ, Jessie CHIN, Aline CHEVALIER, Wai-Tat FU, Franck AMADIEU</i>	309
Le téléphone : un artefact témoin du bien-être des personnes-âgées <i>Carole HEM, Nicolas VUILLERME, Michel DUBOIS, Marc-Eric BOBILLIER-CHAUMON, Hervé PROVOST</i>	315
SYMPOSIUM : REGARDS CROISES SUR LE SECTEUR DU TRANSPORT ET DE LA LOGISTIQUE : ERGONOMIE, SOCIOLOGIE ET PSYCHOLINGUISTIQUE	323
Approche méthodologique déployée pour saisir les ajustements d'un secteur toujours en évolution : le transport routier de marchandises <i>Virginie GOVAERE, Liên WIOLAND</i>	325
Apports des verbalisations pour l'analyse de la gestion de l'incertitude des exploitants de transports <i>Koosha KHADEMI, Julien CEGARRA, Pierre LOPEZ</i>	327
Comprendre le travail en travaillant : L'observation participante dans les entrepôts de la grande distribution <i>David GABORIEAU</i>	329
DOCTORIALES.....	331
Etude empirique des apports et limites d'une application tangible sur table interactive pour l'enseignement de la physique <i>Cédric Knibbe, Pierre Falzon, Yannick Lémonie, Christine Mégard</i>	333
La conception centrée sur l'opérateur humain en situation de handicap : questions de méthodes <i>Christopher Paglia</i>	341
Positionnement et influence du service sécurité dans les industries à risques <i>Fanny Guennoc, Christine Chauvin, Gaël Morel, Jean-Christophe Le Coz</i>	349
AMELIS, étude des usages d'un calendrier électronique mural par des personnes âgées et leurs aidants <i>Amandine Porcher-Sala, Christine Chauvin, Clément Guérin, Hélène Pigot, Dominique Lorrain</i>	355
Relation entre charge de travail individuelle vs. collective et type de communications au cours d'une activité collaborative <i>Claire Gaudin</i>	361
Incidence de la survenue de stimulations émotionnelles sur la dynamique d'initiation d'une traversée de rue chez le piéton âgé <i>Delphine Caffier, Christophe Gillet, Loïc Heurley, Janick Naveteur</i>	367
Analyse de la prise de décision collective en situation dynamique et à risques pour la conception d'un environnement virtuel de formation : le cas de la médecine de l'avant <i>Renaud Delmas, Vincent Boccara, Françoise Darses</i>	373

POSTERS.....379

Analyse comparative en eye tracking de supports textuels et graphiques <i>Sami Lini, Christophe Bey, Maxime Dandre, Baptiste Bichon</i>	381
Quelle approche face à la surdité pour l'aménagement de poste ? Le cas d'un outil de communication alternative dédié <i>Juline Le Grand</i>	385
IHM persuasive et pilotage des actions de Maîtrise de l'Energie <i>Marine Bouchet-Fumeron, Christine Chauvin</i>	391
Méthode d'analyse de l'engagement dans les tâches secondaires en conduite automobile dans le cadre du projet U Drive par Data mining <i>Francoise Josseaume, Laurette Guyonvarch, Thierry Hermitte, Luciano Ojeda, Jean-Francois Forzy, Anne Guillaume</i>	399
Visualisation innovante de données issues d'eye tracking : définition et conception d'une méthode multifactorielle <i>Lucien Varacca, Sami Lini, Quentin Lebour</i>	405
Coopération d'acteurs disciplinaires différents dans l'amélioration de l'ergonomie des interfaces – Exemple de la veille sanitaire de défense <i>Éric Charron, Marc Tanti</i>	411
Cartes conceptuelles pour la formation : rôle des connaissances antérieures et de la consigne <i>Aline Chevalier, Julien Cegarra, Franck Amadieu, Julie Lemarié, Ladislao Salmeron</i>	421
Une approche pluridisciplinaire pour la conception et l'optimisation d'un logiciel de rééducation des praxies bucco-faciales destiné à des enfants paralysés cérébraux <i>Anne-Laure Kervellec, Eric Jamet, Virginie Dardier, Séverine Erhel, Ga��id Le Maner Idrissi, Estelle Michinov, Martin Ragot</i>	427

Conférences plénières

Human-Systems Integration: From Automation to Tangible Interactive System

Pr. Guy Boy

Human-Centered Design Institute, Florida Institute of Technology
150 West University Boulevard, Melbourne, Florida 32901-6975, USA
gboy@fit.edu

ABSTRACT

This presentation is about the revolution that is currently happening in engineering and industrial design due to the immersive influence of computers in our everyday life, and the expansion of human-centered design (HCD). Automation led to many innovations for a long time, most of them were developed during the twentieth century. It was commonly thought as a layer on top of a mechanical system. It promoted system management over low-level control. The more information technology evolves, the more it takes a fundamental part in our lives. This presentation will describe a paradigm shift where automation will no longer be an add-on, and where software supports the definition, implementation and operationalization of functions and structures of products from the beginning of the design process. Any design today starts by using computer aided design tools that enable us to easily draw, modify and fine-tune any kind of system. We can fully develop an airplane and literally fly it as a complex piece of software. Usability and usefulness can be tested before anything physical is built. Consequently, HCD is now not only feasible but also can drive the overall engineering of products. We have started to design products from outside in, i.e., from usages and purposes to means. We even can 3D print mechanical parts from the software-designed parts with ease. In human-computer interaction, specific research efforts are carried out on tangible systems, which define this inverted view of automation. We now design and develop by using information technology to do mechanical things, and therefore redefine the essence of a new kind of cognitive mechanical engineering where tangible interactive systems (TISs) are being designed. For example, applications that you have on your smartphone are, or should be, TISs, because even if they are virtual entities, they often involve tangible consequences. The difficulty today is no longer automation, from a human factors standpoint, but tangibility. Tangibility will be presented as both physical and figurative properties of currently designed systems. These properties emerge from the use of TISs. Task analyses are no longer sufficient; activity analyses are key. This is why modeling and simulation with people (i.e., users) in the loop are mandatory. TISs need to be organizationally orchestrated together with people. We will discuss the orchestration of technology, organization and people (the TOP model) within the scope of this new approach to design. We will discuss air traffic management (ATM) issues and the impact this revolution should have on large programs such as SESAR and NextGen.

MOTS-CLÉS

automation; tangibility; interaction; human-centered design; creativity

RÉSUMÉ

Cette présentation concerne la révolution qui est en train de se produire en ingénierie et design industriel à cause de l'immersive influence des ordinateurs dans notre vie quotidienne, et de l'expansion de la conception anthropo-centrée (*human-centered design: HCD*). L'automatisation a conduit à beaucoup d'innovations depuis longtemps, dont la plupart ont été développées pendant le vingtième siècle. Elle a été communément pensée comme une couche au dessus d'un système mécanique. Elle a promu la gestion des système par opposition au contrôle de bas niveau. Plus les technologies de l'information évoluent, plus elles prennent une part importante dans nos vies. Cette présentation décrira un changement de paradigme dans lequel l'automatisation ne sera plus une pièce rapportée, mais dans lequel le logiciel aidera à la définition, la mise en œuvre et l'opérationnalisation des fonctions et structures des produits depuis le début du processus de conception. Aujourd'hui, tout design commence par l'utilisation d'outils de conception assistée par ordinateur qui nous permettent de facilement dessiner, modifier et raffiner n'importe quel système. Nous avons la



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

possibilité de développer complètement un avion et littéralement le piloter comme un logiciel complexe simulant un avion réel. L'utilisabilité et l'utilité peuvent être testées avant que rien de physique ne soit construit. Par conséquent, la conception anthropo-centrée n'est uniquement faisable mais donne aussi la possibilité de conduire le processus de développement de produits. Nous venons juste de commencer à concevoir des produits de l'extérieur vers l'intérieur, c'est-à-dire des usages et buts vers les moyens. Nous pouvons même imprimer en 3D les parties mécaniques à partir des parties logicielles correspondantes avec une grande facilité. Des efforts de recherche plus spécifiques sont en interaction homme-machine sur les systèmes interactifs tangibles, qui définissent cette vue inversée de l'automatisation. Nous concevons et développons maintenant en utilisant les technologies de l'information pour faire des systèmes mécaniques, et de ce fait redéfinissons l'essence d'une nouvelle sorte de génie mécanique cognitif dans lequel les systèmes interactifs tangibles (*tangible interactive systems: TISs*) sont en train d'être conçus. Par exemple, les applications que vous avez sur vos Smartphones sont, ou devraient être, des TISs, parce que même s'ils sont des entités virtuelles, ils mettent souvent en jeu des conséquences tangibles. La difficulté aujourd'hui n'est l'automatisation, d'un point de vue facteurs humains, mais la tangibilité. La tangibilité sera présentée comme à la fois une propriété physique et une propriété figurative des systèmes actuellement en cours de conception. Ces propriétés émergent de l'utilisation des TISs. Les analyses de tâches ne sont plus suffisantes ; des analyses de l'activité sont devenues clefs. C'est pourquoi la modélisation et la simulation avec utilisateurs dans la boucle sont nécessaires. Il est aussi nécessaire d'orchestrer l'organisation des TISs avec les personnes impliquées. Nous discuterons l'orchestration des technologies, des organisations et des gens (*technology, organization and people: TOP model*) dans le contexte de cette nouvelle approche de la conception. Nous discuterons les questions actuelles sur la gestion du trafic aérien (ATM) et l'impact que cette révolution devrait avoir sur des grands programmes comme SESAR and NextGen.

MOTS-CLÉS

Automatisation ; tangibilité ; interaction ; conception anthropo-centrée ; créativité.

La place de l'ergonomie dans la conception des environnements numériques d'apprentissage

Pr. Mireille Bétrancourt

Faculté de Psychologie et des Sciences de l'éducation, Université de Genève
Pont d'Arve 40 CH 1211 Geneva 4 Suisse
Mireille.Betrancourt@unige.ch

RÉSUMÉ

Dans un contexte où les technologies numériques connaissent un développement intense et renouvellement rapide, les projets de conception numériques reposent bien souvent sur la facette technologique en oubliant l'importance de la prise en compte des humains pour l'actualisation d'un potentiel d'innovation. Cette conférence abordera le cas particulier des environnements numériques d'apprentissage, appelés aussi EIAH (Environnements informatisés d'apprentissage humains) dont l'objectif est de soutenir les processus d'apprentissage et / ou d'enseignement - formation. La conception de tels environnements requiert, en théorie, la collaboration d'experts de différents champs de pratique : informatique, sciences de l'apprentissage (dont pédagogue, psychologue, didacticien), enseignants. L'ergonomie est souvent peu présente dans ces projets, ou alors elle intervient à la marge dans la phase d'évaluation, sur des aspects d'interface. Je montrerai sur la base d'exemples de recherche le rôle que peut jouer l'ergonomie dans la conception des environnements d'apprentissage en illustrant la variété des approches (« human factors », activité médiée, acceptabilité) et diverses situations (e-learning individuel, technologies dans la classe, plateformes à l'université).

MOTS-CLÉS

apprentissage, numérique, conception, e-learning, EIAH.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015*. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

Prévention des risques professionnels et santé au travail

Rachid Bannour
Société Physiofirm
Performance et santé au travail
Centre affaire Gamma, zone industrielle St Tronquet
84130 Le Pontet
bannourrachid@gmail.com

RÉSUMÉ

Depuis les 20 dernières années, le monde de l'entreprise traverse de profondes mutations économiques, organisationnelles, règlementaires mais aussi sociétales et sociologiques.

Dès lors, dans un contexte économique et social particulièrement tendu et de plus en plus « normalisé », les nouvelles formes d'organisation du travail deviennent un enjeu stratégique de développement, mais aussi, un véritable « point dur » pour la prévention des risques professionnels.

Indéniablement, ces « changements » ont conduit à l'émergence de troubles d'une nouvelle nature, plus complexes à appréhender car à l'interface de l'organisation, du management et de l'humain.

Ces risques appelés « psychosociaux » davantage centrés sur « le facteur humain » doivent faire l'objet d'une réflexion singulière et conduire à de nouvelles approches et pratiques pour les ergonomes intervenant dans le secteur de la santé au travail.

En effet, cette nouvelle réalité du travail implique, pour l'ergonome, d'agir différemment, de modifier sa posture, d'outiller sa pratique et de s'engager vers un accompagnement des changements dans une vision collective et stratégique dépassant la vision parfois trop « technicienne » du métier.

Pour saisir pleinement cet objectif, nous proposerons de nourrir cette réflexion en puisant dans le champ de la psychologie du travail, de la psychologie cognitive, et des sciences cognitives. Plus précisément, nous présenterons des méthodes et outils pour l'analyse des protocoles verbaux, pour l'optimisation de la communication interne et l'aide au management, et enfin, pour la définition de normes construites à partir de l'analyse du travail réel.

MOTS-CLÉS

Risques psychosociaux, ergonomie, conduite du changement, communication, santé au travail.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

Session 1 : Activités collectives et collaboratives (1)

Organisation réticulaire des entreprises et activités collectives

Analyses ergonomiques des activités de maintenance dans un réseau de transport en commun

Corinne GRUSENMEYER

Laboratoire Ergonomie et Psychologie Appliquées à la Prévention
Département Homme au Travail

Institut National de Recherche et de Sécurité, 1 rue du Morvan CS 60027 54519 Vandœuvre Cedex
corinne.grusenmeyer@inrs.fr

RÉSUMÉ

Les schémas de production d'aujourd'hui impliquent une multiplicité d'entreprises organisées en réseau. Les relations d'interdépendance des activités sont ainsi de plus en plus susceptibles d'être entretenues entre personnels d'entités appartenant à des entreprises différentes. Il devient donc nécessaire d'étudier comment de multiples parties prenantes, appartenant à des systèmes différents, sont susceptibles de travailler ensemble. L'étude présentée visait à développer la compréhension des activités réelles de maintenance insérées dans de tels "systèmes de systèmes". Des analyses de ces activités ont été menées via une entreprise de transport en commun. Elles montrent un système relatif à la maintenance des véhicules complexe et des relations d'interdépendance des activités de différents acteurs, appartenant à des systèmes différents. Aussi, pour que de tels systèmes de systèmes soient favorables à la sécurité des personnels, il apparaît nécessaire qu'ils s'accompagnent d'une identification de ces relations et qu'ils leur donnent la possibilité de produire un travail collectif.

MOTS-CLÉS

Organisation - Réseau - Maintenance - Système – Travail collectif

1 PROBLEMATIQUE

Dans la plupart des secteurs, qu'il s'agisse de l'industrie ou des services, l'entreprise d'aujourd'hui ne réalise plus ses activités seule. Comme le souligne Mariotti (2005), toutes les fonctions qui formaient traditionnellement l'entreprise, peuvent désormais être assurées par des entreprises extérieures. L'entreprise "intégrée", qui contrôlait les différentes étapes de la chaîne de production, ou tout au moins plusieurs d'entre elles, de la transformation des matières premières jusqu'à la distribution, a évolué pour devenir une "entreprise en réseau", c'est-à-dire "*des ensembles équipés et organisés d'entreprises indépendantes concourant à la production d'un même produit et/ou service*" (Mariotti, 2005, p. 10). Pour optimiser leurs ressources et la cohérence entre leur offre et la demande du marché, nombre d'entreprises ont en effet restreint leurs activités à celles considérées comme les plus stratégiques et/ou les plus rentables, et ont confié en parallèle certaines de leurs activités ou de leurs services à des entreprises extérieures (Edouard, 2005). Une multitude d'activités font ainsi l'objet d'externalisation¹, qu'il s'agisse de l'amont de la production (conception

¹ L'externalisation sera considérée ici comme le simple fait que la réponse à certains besoins de l'entreprise soient assurés par une/des entreprise(s) extérieure(s).



des produits, recherche et développement, approvisionnement, etc.), de la production elle-même (externalisation de la production de sous-ensembles complets dans le secteur de la construction automobile, par exemple), de l'aval de la production (transport, logistique, stockage, conditionnement des produits...), ou encore plus en aval, des activités touchant aux relations avec le client final, telles que la promotion des produits, leur commercialisation ou leur maintenance.

Les schémas de production impliquant une multiplicité d'entreprises organisées en réseau sont ainsi devenus la référence (Mazoyer, 2006). Concernant la seule relation inter-entreprises de sous-traitance (relation la plus connue et sans doute la plus ancienne), l'étude de Perraudin, Thévenot, & Valentin (2006) montre, à partir des données issues des Enquêtes Annuelles d'Entreprises de l'industrie de l'INSEE, que 87% des entreprises industrielles françaises d'au moins 20 salariés sous-traitaient une partie de leurs activités en 2003, et que cette pratique était généralisée à tous les secteurs de l'industrie et à toutes les entreprises, quelle que soit leur taille. Quant à l'enquête de l'INSEE menée en France sur les relations inter-entreprises (Haag, Raulin, & Souquet, 2004) elle met en évidence le fait que près des trois quarts des entreprises industrielles de plus de 20 salariés "coopèrent" au moins avec une autre entreprise, appartenant ou non au même groupe, sous des formes variées, contractuelles ou non : sous-traitance, co-traitance, mise en commun de moyens, consortium, joint-venture, etc.². Ces relations inter-entreprises sont importantes : 44,6% des entreprises industrielles de plus de 20 salariés entretiennent des relations avec plus de 3 entreprises et 22% ont au moins cinq partenaires qui contribuent à au moins 3 fonctions différentes de l'entreprise (Haag et al., 2004).

Ces évolutions appellent à repenser les frontières de l'entreprise et, au-delà, celles de l'organisation. Si le périmètre juridique des entreprises reste inchangé, leur périmètre organisationnel devient en effet perméable. *"L'abandon progressif des formes d'organisation intégrées et pyramidales au profit de formes flexibles et réticulaires provoque une dissociation entre les enveloppes juridiques et les enveloppes organisationnelles ou fonctionnelles des entreprises"* (Renier, Rorive, & Xhaufclair, 2004, p. 15). Ainsi, l'interdépendance des entreprises peut se traduire par une interdépendance des activités des différents personnels. Les relations d'interdépendance des activités, entretenues initialement entre postes de travail, services ou départements différents au sein d'une même entreprise, sont de plus en plus susceptibles d'être entretenues entre personnels d'entités appartenant à des entreprises différentes, sous des formes elles aussi diverses, et en dehors même de toute communauté de lieu ou de temps. Par exemple, les personnels des entreprises extérieures intervenant sur le site d'une entreprise utilisatrice peuvent être des acteurs à part entière des collectifs de travail de cette dernière entreprise ; cas de la sous-traitance interne par exemple. Chez certains sous-traitants externes, l'organisation du travail est identique à celle du client, afin de répondre au mieux à ses exigences : suivi des cadences d'un constructeur automobile, par exemple. Par conséquent, comme le soulignent Gorgeu, Mathieu, & Pialoux (2006) *"les liens entre polyvalence, polycompétence, et intensification du travail sont complexes et ne peuvent se comprendre que resitués dans le contexte plus général de l'évolution du travail inter et intra-firmes dans l'industrie automobile"* (p. 61 ; c'est nous qui soulignons).

C'est ainsi la question de la dimension réticulaire du travail collectif qui est posée ici, au-delà de ses dimensions horizontale et verticale (Rogalski, 1994), ou même transverse (Arnoud & Falzon, 2014; Motté, 2012). Comme le soulignent Wilson & Carayon (2014), *"given major sociotechnical changes, the size of systems to be designed is increasing: this has taken the form of systems of systems in which organizational interfaces between systems are critical and, as a result, collaboration is a key determinant of system performance"*. Il devient donc nécessaire d'explorer ces *"systèmes de systèmes"* (Wilson & Carayon, 2014; Wilson et al., 2009), i.e. ces ensembles intégrant un certain nombre de systèmes constitutifs, indépendants et fonctionnels, mais organisés en réseau pour une

² Sont exclus les achats/ventes de services standards ou de biens sur catalogue, ne faisant pas l'objet d'une adaptation particulière, de même que le travail intérimaire.

période de temps de durée assez longue, afin d'atteindre un objectif supérieur à celui qu'atteindraient les différents systèmes isolément (Siemieniuch & Sinclair, 2014)³. Il importe notamment d'étudier comment de multiples parties prenantes, avec des objectifs potentiellement conflictuels et appartenant à des systèmes différents, sont susceptibles de travailler ensemble (Owen, 2007; Wilson & Carayon, 2014). Cela, d'autant que l'établissement de collectifs homogènes et l'identification d'intérêts communs peuvent être rendus difficiles dans de telles situations, du fait de l'éclatement et de la dispersion des personnels sur différents sites, de la disparité des situations de travail, de la diversité des formes d'emploi et des personnels, etc. (Doniol-Shaw, Huez, & Sandret, 1995; Farrington-Darby, Pickup, & Wilson, 2005; Renier et al., 2004).

C'est dans cette perspective que cette communication s'inscrit. Plus exactement, l'étude, dont une partie des résultats sera présentée ici (Grusenmeyer, 2014), visait à développer la compréhension des activités réelles de maintenance insérées dans de tels "systèmes de systèmes". Il s'agissait donc d'étudier les relations entre organisations réticulaires et activités potentiellement collectives de maintenance. La maintenance est en effet une des fonctions des entreprises les plus externalisées. La littérature ergonomique sur les activités réelles, les pratiques et cultures de maintenance reste, de plus, assez peu abondante (Reiman, 2011), alors même que "*maintenance activities have been under various organizational changes and restructuring initiatives, aiming at, e.g. reduced costs, increased availability of the machines, better knowledge sharing and increased flexibility*" (ibid., p. 340). En outre, ces activités sont à la fois particulièrement critiques pour la sécurité des opérateurs et pour la sûreté des systèmes (European Agency for Safety and Health at Work, 2010; Grusenmeyer, 2005; Hale, Heming, Smit, Rodenburg, & van Leeuwen, 1998; Lind, 2008; Reason & Hobbs, 2003).

Dans un premier temps, le cadre d'analyse auquel nous nous sommes référés sera brièvement présenté. Puis, la situation étudiée et la méthodologie seront décrites. Quelques-uns des principaux résultats seront ensuite détaillés. En particulier l'organisation réticulaire ou le "système de systèmes", dans lequel s'insèrent les activités de maintenance, sera caractérisé. Et l'analyse clinique de l'échec d'une intervention de maintenance permettra de montrer que les caractéristiques du "système de systèmes" sont susceptibles de s'instancier très concrètement dans les activités de travail.

2 CADRE D'ANALYSE ET METHODOLOGIE

2.1 Cadre d'analyse

Le cadre d'analyse utilisé est inspiré du modèle de la gestion de la maintenance de Hale et al. (1998) et de celui de l'accident organisationnel proposé par Reason & Hobbs (2003). L'intérêt d'associer ces deux modèles résidait notamment dans la possibilité de considérer la maintenance à la fois comme une source potentielle de risques pour les opérateurs et comme une source potentielle d'accidents majeurs. Ce cadre d'analyse a été enrichi :

- d'une part, afin de permettre une prise en compte des pratiques, des activités réelles et habituelles, et de la variabilité intrinsèque et quotidienne des activités de maintenance, en référence aux travaux de Hollnagel (2012, 2014);
- d'autre part, afin d'intégrer l'organisation réticulaire dans laquelle les activités de maintenance s'insèrent, sachant que les systèmes considérés dans chacun des deux modèles précédents se limitent à l'entreprise. Il s'agissait alors de prendre en considération le système

³ Un système de systèmes "*is an integration of a finite number of constituent systems which are independent and operable, and which are networked together for a period of time to achieve a certain higher goal*" (Jamshidi, cité par Siemieniuch & Sinclair, 2014, p. 86). Il se caractérise notamment par une complexité suffisante de ces éléments pour qu'ils puissent être considérés comme des systèmes, par l'indépendance opérationnelle et managériale de chaque élément, et par le fait que l'ensemble des systèmes accomplit des buts ou remplit des fonctions, que les systèmes indépendamment ne peuvent atteindre (Siemieniuch & Sinclair, 2014).

de systèmes, c'est-à-dire à la fois la structure (groupe, entreprise ou autorité responsable, etc.), utilisatrice de la fonction maintenance et/ou détentrice de l'entreprise en charge de cette dernière, et l'ensemble du réseau d'entreprises impliquées dans la réalisation des interventions de maintenance (pour plus de précisions sur ce cadre, cf. Grusenmeyer, 2014).

2.2 Situation étudiée

2.2.1 Caractéristiques de la situation

Les analyses ont été menées via une entreprise sous-traitante de transport en commun de passagers d'une agglomération. Cette entreprise privée entretient une relation de sous-traitance interne (sur site) avec la communauté d'agglomération, dans le cadre d'une délégation de service public : elle exploite et gère le réseau de bus de l'agglomération (relations avec la clientèle, conduite et maintenance des véhicules, etc.). La délégation de service public⁴ est un ensemble de contrats, par lesquels une personne morale de droit public confie la gestion d'un service public, dont elle a la responsabilité, à un délégataire, public ou privé, dont la rémunération est substantiellement liée au résultat d'exploitation du service. Elle suppose un contrat entre le "déléguant", personne morale de droit public (ici la communauté d'agglomération) et le "délégataire", personne privée, physique ou morale de droit privé, ou encore personne morale de droit public (ici l'entreprise privée).

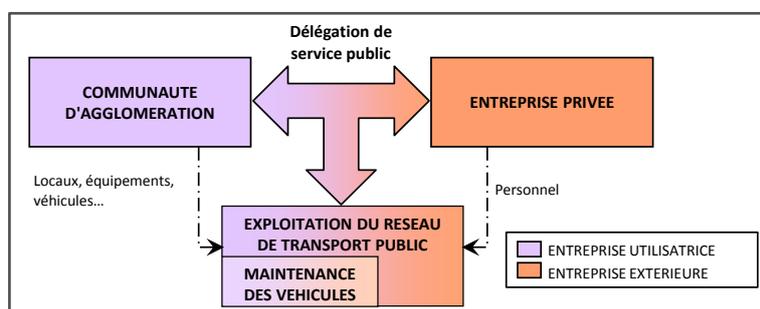


Figure 1. Caractéristiques de la situation d'analyse

L'ensemble des biens mobiliers et immobiliers appartient à la communauté d'agglomération. Seul le personnel dépend de l'entreprise privée (cf. figure 1).

2.2.2 Organisation de la maintenance des véhicules

La maintenance des véhicules est à la charge de l'entreprise privée. Celle-ci dispose d'un service de maintenance interne de 15 personnes, avec 8 mécaniciens polyvalents et 1 électromécanicien. Un des deux mécaniciens polyvalents en poste (matin/après-midi) est à tour de rôle "technicien volant". Il dispose d'une radio, qui le met en relation avec la cellule de régulation et intervient sur le réseau de bus, lors de pannes, défauts, etc., signalés par les conducteurs aux régulateurs (interventions correctives immédiates). Le service assure également des interventions de maintenance préventive et de maintenance corrective différée, plus ou moins lourdes.

⁴ Cette forme de sous-traitance est particulière, dans la mesure où :

- ☒ l'entreprise utilisatrice (la communauté d'agglomération) constitue une personne morale de droit public et où elle a l'obligation légale de fournir un service de transport public ;
- ☒ l'opération confiée concerne un service public : le réseau de transport en commun ;
- ☒ ce type de relation est plus contraint qu'une relation de sous-traitance entre deux entreprises privées, du fait de son objet, à savoir un service public. Les contraintes de service public (amplitude horaire, travail le week-end et les jours fériés, continuité du service, contraintes tarifaires, par exemple) sont en effet également déléguées à l'exploitant.

En outre, le responsable du service de maintenance interne externalise une partie des interventions. Il dispose, pour ce faire, d'une enveloppe budgétaire et d'une délégation de la communauté d'agglomération. En fonction de cette enveloppe, du parc de véhicules et des moyens humains de son service, il choisit ou non d'externaliser un certain nombre d'interventions.

2.3 Méthodologie

La méthodologie visait, en premier lieu, à identifier et caractériser l'organisation réticulaire de la maintenance des véhicules et les motivations à l'origine des choix effectués (motifs d'externalisation ou, au contraire, de réalisation des interventions de maintenance en interne). Autrement dit, il s'agissait, en référence au concept de "socio-technical habitat" proposé par Hollnagel (2014), de :

- définir l'ensemble des activités, reliées entre elles du point de vue fonctionnel, qui seront étudiées ; en l'occurrence, la maintenance des véhicules du réseau de transport public (figure 1) ;
- délimiter le système en charge de cet ensemble d'activités ; ici il s'agit de la presque totalité du service de maintenance interne, y compris le responsable de maintenance et les chefs d'équipe (certains opérateurs de ce service ont en charge la maintenance des bâtiments) ;
- recueillir des informations sur le "système de systèmes", dans lequel ce système s'intègre du point de vue des activités étudiées ; c'est-à-dire les multiples acteurs impliqués dans ces activités.

Il s'agissait, en second lieu, de mener des observations des interventions de maintenance, notamment correctives (celles-ci étant plus accidentogènes), par des intervenants, internes et/ou extérieurs. Comme le montreront les résultats, le réseau d'entreprises impliquées dans la réalisation des interventions de maintenance des véhicules s'est révélé très complexe. Cette complexité n'a pas permis l'observation d'interventions externalisées. Cela aurait nécessité une négociation de l'intervention ergonomique avec l'ensemble des entreprises susceptibles d'être concernées et une mobilisation de chacune d'entre elles (Savescu & Cuny-Guerrier, 2014), que les conditions d'intervention ne permettaient pas. Cette difficulté méthodologique était accrue par la volonté d'observer des interventions de maintenance correctives immédiates, c'est-à-dire des situations inopinées (De La Garza, 2000), dans la mesure où, par définition, l'observateur ne peut anticiper les acteurs potentiels du système de systèmes, susceptibles d'être impliqués. Les observations ont donc uniquement concerné le personnel interne du service de maintenance, mais une attention particulière a été accordée aux interactions de ces derniers avec les personnels extérieurs et à la répartition des activités entre les uns et les autres.

Les méthodes mises en œuvre ont consisté en des :

- entretiens semi-directifs avec le responsable de maintenance, visant à identifier et caractériser le système de systèmes, i.e. à la fois la structure utilisatrice de la fonction maintenance des véhicules, et le réseau des entreprises impliquées dans la réalisation concrète de cette fonction ;
- observations instrumentées (enregistrements audiovisuels) des activités des techniciens volants internes (ceux-ci assurant les interventions de maintenance corrective immédiates) et de leurs interactions avec d'autres acteurs ;
- verbalisations concomitantes de ces techniciens tout au long des observations, dans le but d'obtenir des précisions et explications des opérateurs sur leurs activités en cours de réalisation.

Afin d'appréhender la répartition des activités réelles de travail entre les différents personnels composant le système de systèmes, et de mener des analyses diachroniques de certaines interventions correctives immédiates, ont été également réalisés :

- des enregistrements audio en salle de régulation : recueil des éléments relatifs à la détection et au signalement des dysfonctionnements effectué par les conducteurs aux régulateurs, ainsi qu'au traitement de ces dysfonctionnements par ces derniers ;

- des observations instrumentées (enregistrements audiovisuels) des activités d'autres techniciens de maintenance, si une intervention, après avoir fait l'objet d'un premier traitement par les techniciens volants, est reprise par un collègue en interne ou menée conjointement avec un autre mécanicien.

Les principales étapes constitutives des interventions de maintenance correctives immédiates devaient ainsi pouvoir être suivies, et les différents acteurs y contribuant, être au moins identifiés, faute de pouvoir être observés. Bien qu'il n'ait pu être complètement mis en œuvre, le principe consistait donc moins à observer un opérateur, un collectif ou un poste de travail, que l'histoire d'une activité (ici, une intervention de maintenance), quels que soient les acteurs concernés.

Du point de vue des données recueillies, 4 entretiens ont été menés avec le responsable de maintenance. Les activités de 5 techniciens volants, leurs interactions avec autrui et verbalisations concomitantes ont été enregistrées pendant 6 postes. Les communications verbales des conducteurs avec les régulateurs et les observations des activités d'autres techniciens ont été recueillies sur 4 des 6 postes. Les données issues des observations ont concerné 22 interventions de maintenance.

Le traitement des données a consisté en :

- une analyse de contenus des entretiens avec le responsable de maintenance ;
- une description et une caractérisation des activités des techniciens volants sur différentes dimensions. Des analyses de leurs activités au regard de la diachronie des interventions ont notamment été menées. Pour chaque intervention, les phases de maintenance auxquelles les techniciens ont contribué ont été identifiées. Lorsque ces phases n'étaient pas prises en charge par les techniciens volants, les personnels les réalisant étaient identifiés. La diachronie de chaque intervention était ensuite représentée en prenant en compte la distribution réelle des activités de travail sur les différents acteurs. Les phases de coordination nécessaires et les relations d'interdépendance entre les différents acteurs pouvaient ainsi être identifiées ;
- des analyses cliniques et diachroniques de quelques interventions de maintenance, pour lesquelles des personnels extérieurs étaient impliqués. Une reconstitution temporelle de leur déroulement était alors effectuée à partir de l'ensemble des sources d'observation. Le principe est de reconstituer l'ensemble des événements survenus en combinant une structure temporelle (diachronie des événements et activités) et une structure fonctionnelle (acteurs menant les différentes activités). Un exemple de ces analyses sera présenté.

3 QUELQUES RESULTATS

3.1 Identification du système de systèmes relatif à la maintenance des véhicules

Il existe de nombreuses interprétations de ce que sont les systèmes constitutifs du système, tantôt entités sociotechniques, fonctions, services, collectifs de travail, processus, ou encore entreprises. Le point de vue adopté ici consiste à considérer que ces systèmes se caractérisent moins par ce qu'ils sont, c'est-à-dire la forme qu'ils prennent, que parce qu'ils font, c'est-à-dire la fonction qu'ils accomplissent (Wilson & Carayon, 2014), ici la maintenance des véhicules. Aussi, les systèmes constitutifs du système, considérés ici, pourront-ils constituer un service, une entreprise ou un poste, selon la fonction accomplie.

Une première partie du système de systèmes a été présentée dans la figure 1. Elle est relative à deux systèmes en interrelation : d'une part, la structure utilisatrice de la fonction maintenance, i.e. la communauté d'agglomération ; d'autre part, le système en charge de ces activités, c'est-à-dire la presque totalité du service maintenance de l'entreprise privée.

Une seconde partie du système de systèmes a pu être identifiée grâce aux analyses des activités des techniciens volants. Elle concerne certaines fonctions de l'exploitation, notamment les conducteurs et régulateurs. Ces derniers participent en effet à la réalisation des interventions de

maintenance notamment correctives. Les conducteurs sont à même de détecter des dysfonctionnements des véhicules lors de leur tournée, qu'ils signaleront selon les cas via des documents écrits, si la correction du défaut ne présente pas de caractère d'urgence, ou dans le cas contraire, oralement auprès des régulateurs. Les régulateurs peuvent, pour leur part, effectuer un pré-diagnostic du dysfonctionnement, proposer une solution de dépannage ou contacter les techniciens volants pour demande d'information et/ou intervention.

Un autre système, en relation avec les précédents, a été identifié grâce aux entretiens menés avec le responsable de maintenance. Il concerne l'ensemble des entreprises extérieures impliquées dans la réalisation des interventions de maintenance, qui peuvent être considérées comme autant de sous-systèmes. Ce système est très complexe. En effet, le service de maintenance interne entretient des relations avec 16 entreprises différentes, pour 10 types d'interventions distincts (figure 2). De plus, les relations inter-entreprises entretenues sont diverses : sous-traitance, interne ou externe ; prestation de service (dans ce cas, l'objet du contrat est un service que le prestataire propose à son client) ; ou encore relation de garantie. En outre, des relations de nature différente peuvent être entretenues avec la même entreprise (par exemple, garantie auprès des constructeurs, puis prestation de service).

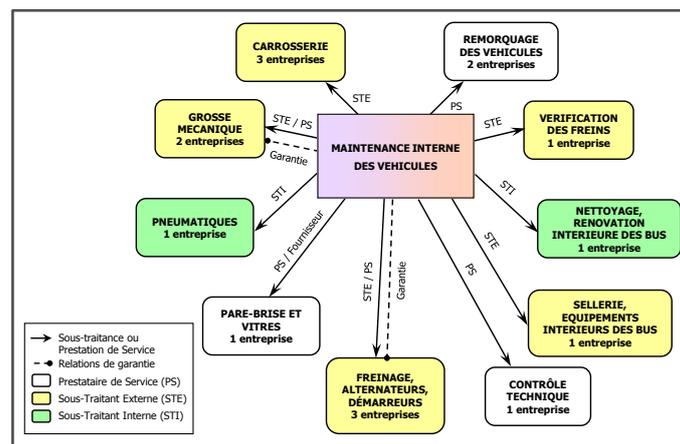


Figure 2. Système des entreprises extérieures impliquées dans la maintenance des véhicules

Enfin, la communauté d'agglomération, en tant que détentrice des véhicules, peut elle-même externaliser certaines interventions de maintenance des véhicules, telles les opérations de rénovation ou de maintenance améliorative des bus. Les entreprises concernées seront considérées former un autre système.

3.2 Répartition des activités de travail sur les différents acteurs

Des représentations schématiques des répartitions des activités de travail entre les différents acteurs, au regard de la diachronie de chacune des 22 interventions auxquelles les techniciens volants ont contribué, ont été réalisées. Un exemple de telles représentations est présenté en figure 3. Ces représentations montrent que l'opérateur (conducteur, technicien de maintenance interne ou extérieur) en mesure d'observer ou d'être informé des manifestations du dysfonctionnement et de ses conditions de survenue, n'est pas toujours celui qui procédera au diagnostic du dysfonctionnement et/ou à la réparation. Ainsi, un défaut peut être détecté par un technicien volant interne et traité par un intervenant extérieur. A l'inverse, un technicien extérieur peut signaler un dysfonctionnement qui sera pris en charge en interne.

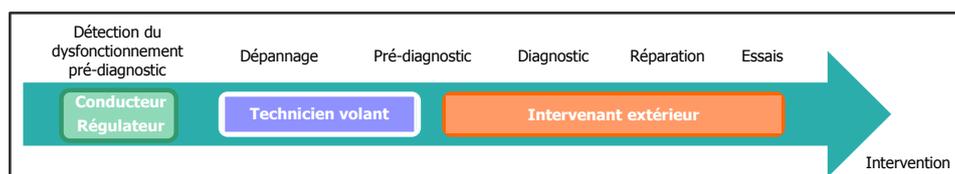


Figure 3. Exemple de répartition des activités des acteurs contribuant à une même intervention

Ces représentations mettent en évidence :

- un important morcellement des activités des techniciens volants, au regard du déroulement temporel des interventions de maintenance. Rares sont celles qu'ils assurent dans leur intégralité ;
- le fait que l'externalisation des interventions de maintenance ne signifie pas que les techniciens internes ne contribuent pas à leur effectuation. Ils assurent notamment l'ensemble des dépannages (prise en charge immédiate des défauts), quel que soit l'intervenant qui effectuera ensuite l'intervention ;
- une dissociation des différentes étapes constitutives des interventions de maintenance sur les différents acteurs. Ainsi, et comme l'observe Engeström (2000) dans le travail hospitalier, différents participants sont susceptibles de prendre l'initiative à différentes étapes dans une chaîne d'actions. Une telle dissociation est susceptible de nuire au bon déroulement des interventions, voire à la sécurité des personnels, si elle ne s'accompagne pas d'importantes phases de coordination entre les différents acteurs.

3.3 Analyse clinique de l'échec d'une intervention de maintenance d'un technicien extérieur

La situation était la suivante. Une anomalie d'un système d'aide à l'exploitation est détectée par un conducteur lors de sa tournée. Ce système d'aide vient d'être installé par une entreprise extérieure de la communauté d'agglomération sur le véhicule (maintenance améliorative). Suite au signalement de ce dysfonctionnement au régulateur et à des échanges verbaux entre ce dernier et l'intervenant extérieur chargé de l'installation de ce système, un échange du véhicule est décidé sur demande de l'intervenant extérieur, ce dernier n'ayant jamais rencontré cette anomalie. Il précise au régulateur que l'observation de l'anomalie nécessite de laisser le moteur du véhicule tourner, une coupure du contact occasionnant une réinitialisation du système. Le régulateur demande au technicien volant de procéder à cet échange. Il l'informe du bénéficiaire et de l'objet de l'échange (système d'aide), mais pas de ses motifs (anomalie), ni des conditions à remplir pour détecter l'anomalie (absence de coupure du contact). Par ailleurs, un dysfonctionnement d'un des oblitérateurs du véhicule se manifeste juste avant l'échange de véhicules par le technicien volant. Aussi les communications verbales de celui-ci avec le conducteur se focaliseront-elles sur ce dernier dysfonctionnement. De retour à l'atelier, le technicien volant gare le véhicule et coupe le contact. Il s'enquiert, sans succès, auprès de ses collègues des motifs de cet échange, puis tente, en collaboration avec l'électronicien interne, de les comprendre en examinant le système. C'est alors que l'intervenant extérieur arrive. Les échanges verbaux entre les trois opérateurs permettront de constater l'impossibilité de mener l'intervention sur le système d'aide, la coupure du contact ayant occasionné une réinitialisation du système.

Plusieurs éléments contribuent à cet échec d'intervention (Grusenmeyer, 2013). Parmi eux, on retiendra plus particulièrement le fait que le technicien volant et l'intervenant extérieur de la communauté d'agglomération sont amenés à réaliser des activités (mise à disposition du véhicule et maintien des conditions d'accomplissement du diagnostic d'une part, réalisation de l'intervention d'autre part) contribuant à un même but, une même intervention, alors même qu'aucune relation formelle n'existe entre leurs deux entreprises. En effet, chacune d'entre elles est sous-traitante de la communauté d'agglomération (figure 4), mais aucune relation contractuelle ou formalisée, et aucune organisation formelle ou non de leurs relations ou interactions n'existent. La maintenance interne ne doit pas intervenir dans les installations du système, et les relations avec l'entreprise C (chargée de

l'installation du système) sont gérées directement par les régulateurs. La communauté d'agglomération est censée mettre en place, gérer et coordonner toutes les activités concernant le réseau de transport en commun. Néanmoins, il est probable que cette coordination n'ait pas été gérée ou qu'il ait été considéré que les activités des uns et des autres, parce qu'indépendantes, ne nécessitaient pas de coordination.

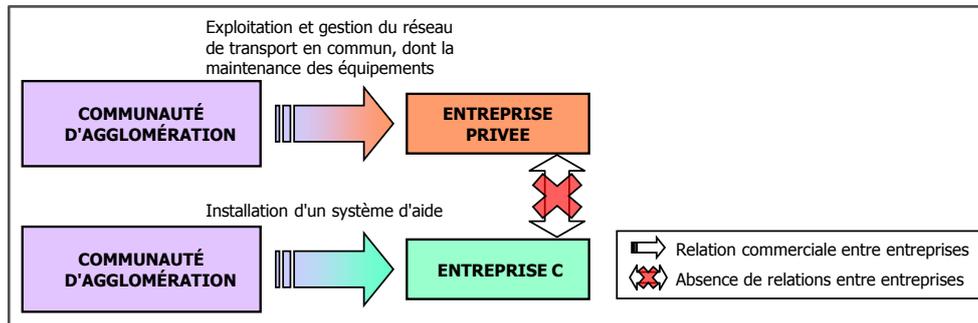


Figure 4. Représentation des relations entre les 3 structures

On soulignera également que cette décision d'échange de véhicule est tout à fait inhabituelle, puisque l'anomalie du système ne grève pas le fonctionnement du véhicule et qu'elle fait suite à une demande de l'intervenant extérieur. De plus, le régulateur omet d'informer le technicien volant des motifs et conditions à maintenir pour permettre la réalisation de l'intervention et ce dernier ne connaît pas le système d'aide, puisqu'il est en cours d'installation et que le service de maintenance interne n'est pas impliqué dans cette dernière. Enfin, le technicien volant aurait pu se trouver en situation potentiellement dangereuse, puisqu'il est amené à conduire un véhicule avec un défaut, qu'il ignore et pour lequel il ne dispose ni d'informations, ni de compétences.

4 CONCLUSION-DISCUSSION

En premier lieu, les résultats mettent en évidence un système relatif à la maintenance des véhicules, composé lui-même de plusieurs systèmes : le service de maintenance de l'entreprise privée ; la communauté d'agglomération, détentrice des véhicules ; une partie de l'exploitation, les conducteurs et régulateurs participant notamment à la détection, au pré-diagnostic, voire au premier traitement des dysfonctionnements ; un réseau particulièrement complexe d'entreprises extérieures impliquées dans la réalisation des interventions, gérées par le service de maintenance de l'entreprise privée ; et enfin des entreprises contribuant aux interventions de type amélioration et rénovation des véhicules, sollicitées par la communauté d'agglomération. La maintenance des véhicules implique donc un grand nombre de structures et d'entreprises et une multiplicité d'acteurs différents qui forment un système de systèmes complexe.

Ce système de systèmes conduit à des relations d'interdépendance de différents acteurs, appartenant à des structures différentes. Les observations ont en effet montré que leurs activités pouvaient contribuer à une même intervention de maintenance. La réalisation des interventions nécessite ainsi, en référence aux travaux d'Engeström (2000), une collaboration qui traversent les frontières institutionnelles. Par exemple, un dysfonctionnement, dont la prise en charge est assurée par le service de maintenance interne, peut faire l'objet d'une détection et d'un diagnostic par une entreprise extérieure ; à l'inverse, l'externalisation des interventions ne signifie pas une absence de contribution des techniciens internes à leur réalisation. Ces relations d'interdépendance peuvent alors nécessiter des phases de coopération, de coordination ou de collaboration. Mais elles sont également susceptibles de conduire à un morcellement des activités de chacun, au regard de la diachronie des interventions. Or, cette dissociation des différentes étapes constitutives des interventions sur ces différents acteurs est susceptible de nuire au bon déroulement des interventions, à la sécurité et à la sûreté, si elle ne s'accompagne pas d'importantes phases de coordination, voire de coopération. Ainsi, l'analyse clinique présentée ayant conduit à l'échec d'une

intervention a montré que la situation était "impensée"(Cuvelier, Falzon, Granry, & Moll, 2009), non seulement pour le technicien volant, mais également du point de vue de l'organisation des relations entre deux entreprises extérieures de la communauté d'agglomération. Dans le cas précis, des relations d'interdépendance des activités des personnels de ces deux entreprises sont observées, alors même que ces entreprises n'entretiennent aucune relation contractuelle ou formelle. Le réseau prescrit se distingue donc des relations de collaboration que la tâche demande et qui doivent être construites sur le champ (Engeström, 2008). Les caractéristiques du système de systèmes sont ainsi susceptibles de s'instancier très concrètement dans les activités de travail. Et comme le souligne Engeström (2000), ce sont les motifs et l'objet qui guident un système d'activité collective et donnent une cohérence et une continuité aux actions, en même temps qu'ils placent ce système d'activité en instabilité constante.

Aussi, l'organisation réticulaire des entreprises ne pose pas seulement la question des risques liés à l'interférence des activités ou à la coactivité des différents personnels. Elle nous semble devoir également interroger les risques liés à l'interdépendance des activités réelles de travail menées par des personnels internes et extérieurs, ou par des intervenants extérieurs d'entreprises différentes, dès lors que ces activités contribuent à un même objectif. La question posée est alors celle de la coordination, de la coopération ou de la collaboration lors d'activités au cours desquelles des personnels initient ou continuent le travail des autres, sans que cela ne soit nécessairement sur le même lieu de travail, dans le même empan temporel, ou n'implique des acteurs appartenant aux mêmes structures. En d'autres termes, pour que de tels systèmes de systèmes soient capacitants, il nous semble nécessaire qu'ils s'accompagnent d'une identification des relations d'interdépendance des activités des différents acteurs du système et qu'ils leur donnent la possibilité de produire un travail collectif. Alors que la transformation des activités implique souvent des formes de collaboration qui franchissent les frontières organisationnelles établies, il devient en effet crucial de s'intéresser "à la façon dont des sujets agissants s'engagent dans une interaction située aux frontières de leurs systèmes d'activité et à ce qui permet ou limite leur collaboration" (Owen, 2008).

Enfin, les travaux ayant cherché, de façon pragmatique, à identifier et caractériser les réseaux impliqués dans la réalisation d'un ensemble d'activités sont, à notre connaissance, peu nombreux. Il nous semble par conséquent déterminant que la psychologie ergonomique s'attache à développer les connaissances dans ce domaine, à s'interroger sur les relations entre organisation réticulaire des entreprises et travail collectif et à leurs conséquences sur les activités, la santé et la sécurité des différents acteurs.

5 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arnoud, J., & Falzon, P. (2014). Favoriser l'émergence d'un collectif transverse par la co-analyse constructive des pratiques. *Le Travail Humain*, 77(2), 127-153.
- Cuvelier, L., Falzon, P., Granry, J. C., & Moll, M. C. (2009). La résilience : réorganiser le travail pour faire face à l'imprévu. *Actes du 44^{ème} Congrès de la SELF* (pp. 127-132). Toulouse.
- De La Garza, C. (2000). L'activité de diagnostic dans un système dynamique : le cas du dépannage d'installations de signalisation ferroviaire. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 50(1), 39-49.
- Doniol-Shaw, G., Huez, D., & Sandret, N. (1995). Les intermittents du nucléaire. Enquête STED sur le travail en sous-traitance dans la maintenance des centrales nucléaires. Toulouse: Octarès.
- Edouard, F. (2005). Conséquences sur l'emploi et le travail des stratégies d'externalisation d'activités. Avis et rapports du Conseil Economique et Social: Les Editions des Journaux Officiels.
- Engeström, Y. (2000). Activity theory as a framework for analyzing and redesigning work. *Ergonomics*, 43(7), 960-974.
- Engeström, Y. (2008). Quand le centre se dérobe : la notion de knotworking et ses promesses. When the center does not hold: The concept and prospects of knotworking. *Sociologie du Travail*, 50, 303-330.

- European Agency for Safety and Health at Work. (2010). *Maintenance and occupational safety and health: a statistical picture*. Luxembourg: Office of the Official Publications of the European Communities.
- Farrington-Darby, T., Pickup, L., & Wilson, J. R. (2005). Safety culture in railway maintenance. *Safety Science*, 43(1), 39-60.
- Gorgeu, A., Mathieu, R., & Pialoux, M. (2006). Polyvalence, polycompétence ouvrières et intensification du travail : l'exemple de l'industrie automobile. In P. Askenazy, D. Cartron, F. De Coninck & M. Gollac (Eds.), *Organisation et intensité du travail* (Octarès ed., pp. 53-61). Toulouse.
- Grusenmeyer, C. (2005). Les accidents du travail liés à la maintenance. Importance et caractérisation. *Hygiène et Sécurité du Travail*, 201, 31-43.
- Grusenmeyer, C. (2013). Les activités de maintenance. Exploitation d'une enquête et analyse ergonomique dans une entreprise. *Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 311.
- Grusenmeyer, C. (2014). Maintenance organizational modes, activities and health and safety. Use of a French national survey and in-situ analyses. *Accident Analysis and Prevention*, 73, 187-199.
- Haag, O., Raulin, E., & Souquet, C. (2004). Les relations interentreprises : Nombreuses et d'abord hexagonales. *Le 4 Pages des Statistiques Industrielles*, 195(Novembre 2004), I-IV.
- Hale, A. R., Heming, B. H. J., Smit, K., Rodenburg, F. G. T., & van Leeuwen, N. D. (1998). Evaluating safety in the management of maintenance activities in the chemical process industry. *Safety Science*, 28(1), 21-44.
- Hollnagel, E. (2012). *FRAM: the Functional Resonance Analyses Method: Modelling complex socio-technical systems*. Burlington: Ashgate.
- Hollnagel, E. (2014). *Safety-I and Safety II. The past and future of safety management*. Farnham (United Kingdom): Ashgate.
- Lind, S. (2008). Types and sources of fatal and severe non-fatal accidents in industrial maintenance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(11-12), 927-933.
- Mariotti, F. (2005). *Qui gouverne l'entreprise en réseau ?* Domont: Presses de la Fondation Nationale des Sciences Politiques.
- Mazoyer, M. A. (2006, 16 mai 2006). *Entreprises en réseau, la fuite en avant ?* Paper presented at the petit déjeuner du Centre de Sociologie des Organisations, Paris.
- Motté, F. (2012, 5-6 septembre 2012). *Le collectif transverse : un nouveau concept pour transformer l'activité*. Paper presented at the 47^{ème} Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française, Paris (France).
- Owen, C. (2007). Analysing the activity of work in emergency incident management. *@ctivités*, 4(1), 217-225.
- Owen, C. (2008). Analyser le travail conjoint entre différents systèmes d'activité. *@ctivités*, 5(2), 70-89.
- Perraudin, C., Thévenot, N., & Valentin, J. (2006). Sous-traiter ou embaucher ? Une analyse empirique des comportements de substitution des entreprises de l'industrie en France entre 1984 et 2003 (Vol. 78): Document de Travail du Centre d'Etudes de l'Emploi.
- Reason, J., & Hobbs, A. (2003). *Managing maintenance error. A practical Guide*. Hampshire (UK): Ashgate Publishing Company.
- Reiman, T. (2011). Understanding maintenance work in safety-critical organisations. Managing the performance variability. *Theoretical Issues in Ergonomics*, 12(4), 339-366.
- Renier, N., Rorive, B., & Xhaufclair, V. (2004). La régulation des rapports de travail dans les nouvelles formes d'organisation. *Rapport final de recherche du LENTIC. Partie 2*. Liège: Université de Liège (Belgique).
- Rogalski, J. (1994). Formation aux activités collectives. *Le Travail Humain*, 57(4), 367-386.
- Savescu, A., & Cuny-Guerrier, A. (2014, 7-9 Octobre). *Prévention des TMS dans la découpe de viande : la question de la mobilisation des entreprises en situation de sous-traitance*. Paper presented at the 45^{ème} Congrès Annuel de l'Association Canadienne d'Ergonomie, Montréal, Québec.

- Siemieniuch, C. E., & Sinclair, M. A. (2014). Extending systems ergonomics thinking to accommodate the socio-technical issues of systems of systems. *Applied Ergonomics*, 45(1), 85-98.
- Wilson, J. R., & Carayon, P. (2014). Systems ergonomics: Looking into the future - Editorial for special issue on systems ergonomics/human factors. *Applied Ergonomics*, 45(1), 3-4.
- Wilson, J. R., Ryan, B., Schock, A., Ferreira, P., Smith, S., & Pitsopoulos, J. (2009). Understanding safety and production risks in rail engineering planning and protection. *Ergonomics*, 52(7), 774-790.

Impact de l'expertise sur la qualité de la collaboration lors de la gestion d'une crise

Nathalie Bonnardel

Centre de recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Emotion
(PsyCLE, E.A. 3273), Aix Marseille Université
nathalie.bonnardel@univ-amu.fr

Doris Lénadier

Centre de recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Emotion
(PsyCLE, E.A. 3273), Aix Marseille Université
doris.lenadier@etu.univ-amu.fr

Marion Georges

Cegid, Lyon
georges.marion@hotmail.fr

RÉSUMÉ

Ce papier porte sur les activités collaboratives mises en œuvre pour faire face à une situation de gestion de crise, dans le cadre d'un scénario de survenue d'un feu dans un hôpital. Plus précisément, une étude reposant sur la simulation d'une situation de crise a été mise en place auprès de groupes de pompiers professionnels et de groupes d'étudiants, afin d'étudier l'effet du niveau d'expertise dans le domaine sur la qualité de la collaboration dans ces groupes. Cette étude contribue ainsi à analyser l'impact de certains facteurs pouvant influencer les situations de gestion de crises.

MOTS-CLÉS

Activités collaboratives, qualité de la collaboration, expertise, situations dynamiques, gestion de crise.

1 INTRODUCTION

Les situations de crise sont associées à des risques importants qui peuvent être humains, financiers, écologiques, etc. Il s'agit de situations se caractérisant par une dynamique temporelle, de multiples variables en interaction, des objectifs souvent peu clairs, voire conflictuels, et dans certains cas des risques élevés (Cellier, De Keyser & Valot, 1996 ; Hoc, 1996). Les situations de crises présentent en outre des propriétés supplémentaires, parmi lesquelles l'absence de contrôle sur les causes de la crise et l'absence de procédure préexistante pour y faire face (Rogalski, 2004 ; Rogalski & Samurçay, 1993). Aussi, les opérateurs doivent développer des activités d'anticipation et de planification pour gérer ces situations (Van Daele & Carpellini, 1996).

De plus, plusieurs opérateurs sont généralement amenés à interagir, d'où l'importance des activités collectives (cf. Gaudin, Bonnardel, Pellegrin & Chaudet, 2012, 2014). Or, si les activités collectives présentent des avantages (ex. : partage de connaissances et adoption de points de vue complémentaires), des inconvénients peuvent également être identifiés (ex. : difficultés de communication et de compréhension, difficultés pour parvenir à une prise de décision en commun). Enfin, des non-experts sont parfois impliqués dans les situations de crise, comme des citoyens ou des personnels sur site non spécialistes de la gestion de crise. L'expertise dans le domaine constitue donc un facteur supplémentaire susceptible d'influencer ces situations. Aussi, notre objectif général est de



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

contribuer à appréhender l'effet du niveau d'expertise sur les activités collectives mises en œuvre lors de situations de gestion de crise. Plus précisément, l'une des questions qui nous intéressent est la suivante : l'expertise dans le domaine garantit-elle une meilleure qualité de la collaboration et permet-elle d'obtenir des solutions (en l'occurrence, des plans d'action) plus satisfaisantes ou appropriées ?

Pour apporter des éléments de réponse à la première partie de cette question, nous avons réalisé une étude auprès de pompiers professionnels et d'étudiants, afin d'analyser l'effet de l'expertise dans le domaine sur la dynamique interactionnelle de groupes de travail ayant à simuler une situation de crise. Nous nous centrons ici sur la qualité de la collaboration qui se développe au sein de ces groupes et nous étudierons ultérieurement, dans une étude complémentaire, la qualité des solutions qui sont proposées par ces différents types de participants. Aussi, les notions d'expertise et de collaboration vont tout d'abord être caractérisées, puis l'étude qui a été réalisée sera présentée.

2 EXPERTISE ET COLLABORATION

2.1 Expertise

De nombreux travaux sur l'expertise ont montré que les experts se caractérisent par la nature et l'organisation des connaissances qu'ils développent. Ainsi, les experts dans un domaine ont la capacité de recontextualiser les solutions qu'ils envisagent afin qu'elles soient adaptées à la situation à laquelle ils sont confrontés (Kahneman & Klein, 2009). Des comparaisons entre experts et novices, réalisées dans différentes situations de travail, ont montré que ces deux types de participants n'effectuent pas les mêmes associations d'informations face à un problème donné (Klayman & Ha, 1989) ou perçoivent et traitent différents types d'informations, et adoptent des stratégies différentes (Hoc, 1991). Dans le même ordre d'idée, les travaux princeps d'Ochanine (1978) ont abouti à la notion d' « image opérative » pour désigner des déformations fonctionnelles utiles à l'exécution de la tâche. Selon cet auteur, les images opératives se construisent progressivement, pour et par l'action finalisée de l'individu, et elles permettent aux experts de ne traiter que des éléments et des relations importants pour la tâche à effectuer. De façon similaire, pour Leplat (1985, 1997), les représentations fonctionnelles sont finalisées, sélectives, déformées (ce qui permet d'accentuer les points informatifs les plus importants), instables (modifications en fonction de l'évolution de la situation, des ressources de l'opérateur et des buts qu'il poursuit) et subjectives. L'élaboration de représentations fonctionnelles dépend alors des informations prélevées dans l'environnement (par exemple, dans l'énoncé du problème à traiter) qui sont elles-mêmes fonction des connaissances et de l'expérience propres à chaque individu.

Même si des erreurs émanant d'experts ont été constatées (cf. par exemple, Besnard & Bastien-Toniazzo, 1999), l'expertise s'est révélée avoir souvent un impact positif sur la construction de représentations mentales et sur le traitement des informations. Ainsi, les participants experts (ou expérimentés) sont, généralement, plus efficaces et performants que ceux ne disposant d'aucune expertise dans le domaine. Néanmoins, on peut se demander dans quelle mesure l'acquisition d'expertise est associée à une meilleure qualité de la collaboration dans des groupes de travail, en particulier, lors de situations de gestion de crise.

2.2 Activités collectives et collaboratives

En psychologie cognitive et ergonomique, de nombreux termes peuvent permettre de caractériser les activités collectives, comme la coopération, la collaboration, et la coaction. Selon Rogalski (1994), la coopération regroupe la coaction et la collaboration lorsque les buts immédiats de chaque acteur diffèrent mais concourent à un objectif global commun. Au cours de la collaboration (ou « coopération horizontale »), les opérateurs ont le même but général et ils partagent la même tâche. Lors de la coaction (ou « coopération verticale »), les opérateurs ont des buts immédiats

différents et ils visent un même but global, ce qui requiert une activité collective et la réalisation d'actions individuelles dont les buts sont subordonnés au but global (Savoyant, 1992). En pratique, dans la plupart des situations concrètes, un continuum existe entre coopération et collaboration, la 1^{ère} nécessitant la 2^{nde} au moins pour négocier la répartition des sous-tâches dans des situations où elles ne sont pas prescrites sur la base d'une hiérarchie sociale ou de normes (Baker, Détéienne & Burkhardt, 2013). Si la coopération requiert un partage de buts et de responsabilités entre les participants pour effectuer des sous-tâches, la collaboration nécessite en outre une compréhension partagée du problème à résoudre (Roschelle & Teasley, 1995). La collaboration peut être décrite comme un processus dynamique qui peut évoluer dans le temps et qui est multidimensionnel (Safin, Verschuere, Burkhardt & Détéienne, 2010). Ce processus contribue à la construction d'un « référentiel commun » dans le groupe de travail, c'est-à-dire de représentations qui vont être partagées et vont permettre aux opérateurs d'ajuster leur décision individuelle en prenant en considération les connaissances des autres (De Terssac & Chabaud, 1990).

Dans le cadre de la situation de gestion de crise que nous allons étudier, on peut se demander quelle est l'influence de l'expertise sur la qualité de la collaboration. Les participants les plus expérimentés dans le domaine porteront-ils suffisamment d'attention et d'écoute aux autres participants dans le groupe afin de garantir une bonne fluidité de la collaboration et une compréhension mutuelle ? Les informations seront-elles partagées dans le groupe en vue de la résolution du problème ? Les participants les plus expérimentés développeront-ils des rapports équilibrés au sein du groupe et parviendront-ils à construire une argumentation conduisant à une prise de décision commune ?

Un modèle tel que le COmmon Frame Of Reference ou COFOR (Hoc, 2000, 2001) suggère que le fait de disposer de connaissances partagées dans le domaine devrait favoriser la méta-coopération, dans la mesure où les participants utilisent un code de communication commun, bénéficient de connaissances compatibles entre elles, et construisent un modèle de la tâche et de leurs partenaires. Aussi, les participants les plus expérimentés sont susceptibles d'obtenir de meilleurs scores de qualité de la collaboration que des participants ne disposant pas de connaissances dans le domaine. Néanmoins, compte tenu des spécificités des situations de gestion de crise et, en particulier, des contraintes temporelles auxquelles elles sont soumises, les groupes de travail constitués de participants experts ou expérimentés sont susceptibles de privilégier l'efficacité au détriment de la qualité de la collaboration. L'étude que nous avons réalisée contribue à apporter des éléments de réponse quant à ces aspects.

3 ETUDE EXPERIMENTALE

Une situation simulée de gestion collective de crise a été mise en place auprès de groupes constitués de pompiers professionnels et auprès d'étudiants. Cette situation expérimentale va tout d'abord être décrite, puis une analyse de la dynamique qui se développe au sein de ces groupes de travail sera effectuée afin de caractériser la qualité de la collaboration dans chacun des groupes.

3.1 Participants

Cette étude a été réalisée auprès de 10 groupes de trois participants « naïfs » (des étudiants en psychologie) et de 3 groupes de sapeurs-pompiers professionnels.

3.2 Tâche expérimentale

Avec l'aide d'un chef de pompiers, un scénario de gestion de crise a été défini. Il s'agit d'une situation perturbée pouvant évoluer en situation de crise, due à un feu dans un hôpital. Elle comporte plusieurs caractéristiques :

- réalisme et caractère plausible,
- caractère urgent,
- variété du nombre de solutions possibles.

De plus, outre la description générale de ce scénario de crise, chaque participant disposait d'un descriptif des différents rôles impliqués dans la simulation de situation de crise, afin que chacun connaisse ses responsabilités supposées :

- le chef des pompiers ayant pour objectif principal de protéger les personnes ;
- le directeur de l'hôpital connaissant son bâtiment et ayant pour objectif de réduire au maximum les dégâts (humains et matériels) ;
- le chef de la sécurité de l'hôpital connaissant les emplacements des équipements de sécurité, les locaux à risques du bâtiment et les différentes procédures d'urgence et ayant pour objectif d'éviter au maximum la destruction du bâtiment.

3.3 Méthode d'analyse de la qualité la collaboration

Les enregistrements vidéos effectués pendant les situations de simulation de gestion de crise ont été analysés par deux juges afin d'apprécier la qualité de la collaboration dans chacun des groupes de participants. Notre objectif n'étant pas de développer notre propre méthode d'analyse de la qualité de la collaboration, nous avons effectué un choix parmi des méthodes pré-existantes.

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour analyser les processus collaboratifs (cf. Détienne, Baker & Burkhardt, 2012 ; Baker, Détienne, Burkhardt, 2013). Certains outils d'analyse portent sur les aspects quantitatifs des interactions, par exemple lors la prise en compte du nombre de tours de paroles des participants, du nombre de mots exprimés, du nombre d'interruptions, etc. Comme le soulignent Baker et al. (ibid.), l'une des difficultés réside dans l'interprétation de ces indicateurs. En particulier, l'augmentation ou la diminution de certains indicateurs peut signifier qu'une collaboration particulièrement intensive se déroule ou, au contraire, que des difficultés sont rencontrées lors de mise en place ou du maintien de la collaboration. Les comportements collaboratifs peuvent également dépendre de facteurs liés au groupe ainsi qu'à la tâche et à la situation. Aussi, des approches intégrant des dimensions qualitatives nous semblent également nécessaires. Dans le cadre d'approches qualitatives, reposant sur des conceptions multi-dimensionnelles de la collaboration, des questionnaires peuvent être proposés aux participants. Ainsi, l'approche de Savelsbergh, van der Heijden et Poell (2009, cités par Baker et al. 2013) leur a permis de distinguer plusieurs catégories de comportements, comme l'exploration et la co-construction de connaissances, la réflexion collective, la gestion des erreurs, ou l'expérimentation collective, qui sont elles-mêmes associées à certains items. Par exemple, la « co-construction des connaissances » peut se manifester par le fait que des informations émanant de certains membres de l'équipe sont complétées par des informations produites par d'autres membres de l'équipe. Les participants doivent alors estimer la fréquence d'apparition des différents comportements au sein de l'équipe (en attribuant des scores à chacun des items).

Dans le cadre de ce travail, nous adhérons au point de vue de Baker, Détienne et Burkhardt (2013), selon lesquels les approches multi-dimensionnelles peuvent fournir une vision plus élaborée ou nuancée de la collaboration et peuvent être utiles pour identifier des relations potentielles entre, d'une part, des dimensions de la collaboration et, d'autre part, des aspects liés à la performance des équipes. En outre, plutôt que de demander aux participants d'attribuer eux-mêmes des scores à des items liés à leurs propres comportements collaboratifs, nous préférons effectuer une analyse précise (réalisée par deux juges) reposant sur des enregistrements vidéos. Aussi, notre choix s'est orienté vers l'approche multidimensionnelle proposée par Burkhardt et al. (2009a, 2009b), associée à une grille d'évaluation de la collaboration, qui a déjà été mise en application dans différents contextes, par exemple lors d'activités collaboratives à distance dans le domaine architectural (Safin et al. 2010), lors d'activités de conception collectives (Burkhardt, Détienne, Hebert, Perron, Safin, & Leclercq, 2009) ou encore lors d'activités de résolution de problèmes en équipes (Gaudin, Philibert & Bonnardel, 2011).

Cette méthode permet d'analyser, en fonction de différentes dimensions et pendant toute la durée des interactions entre les participants, des données extraites des enregistrements vidéos.

Ainsi, l'analyse que nous avons réalisée est basée sur la grille d'évaluation de la qualité de collaboration proposée par Burkhardt et al. (2009a, 2009b). Selon cette grille, 7 dimensions sont distinguées : (1) la fluidité de la collaboration, (2) la compréhension mutuelle, (3) l'échange d'informations, (4) l'argumentation et la prise de décision, (5) le processus de travail et la gestion du temps, (6) l'orientation coopérative, et (7) l'orientation individuelle envers la tâche.

4 RESULTATS

Les résultats relatifs à la qualité globale de la collaboration obtenus par les différents groupes de participants vont tout d'abord être décrits, puis nous présenterons les scores obtenus par les professionnels et par les étudiants sur les dimensions spécifiques de la qualité de la collaboration.

4.1 Scores de qualité globale de la collaboration

Les scores de qualité de la collaboration obtenus par les groupes de participants professionnels et par ceux constitués d'étudiants sont présentés sur la figure 1.

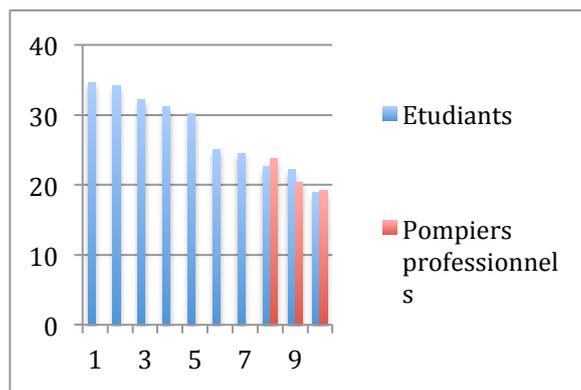


Figure 1 : Scores de qualité globale de la collaboration obtenus par les groupes de pompiers professionnels et par les groupes d'étudiants.

La réalisation d'un test de T a permis de mettre en évidence une différence significative entre les scores de qualité de la collaboration obtenus par les groupes de pompiers professionnels ($M=21,09$, $SD= 2.38$) et ceux obtenus par les groupes d'étudiants ($M=27,57$, $SD= 5.56$) ; $t(9) = 2.90$, $p = 0.018$. Ainsi, les groupes composés de pompiers professionnels ont obtenu un score de qualité de la collaboration significativement plus faible que les groupes d'étudiants.

En outre, nous avons constaté que certains groupes d'étudiants ont obtenu les scores de qualité de la collaboration les plus élevés (allant de 30,25 à 34,15), avec une moyenne de 32,48. D'autres groupes constitués d'étudiants ont obtenu des scores plus faibles (allant de 18,91 à 25,10) mais leurs scores restent cependant légèrement supérieurs à ceux obtenus par les groupes de pompiers professionnels, avec une moyenne de 22,66.

4.2 Scores relatifs aux dimensions spécifiques de la qualité de la collaboration

Afin de déterminer plus précisément sur quelles dimensions de la collaboration les groupes de professionnels et les groupes d'étudiants se distinguaient, nous avons également analysé les scores portant sur les différentes dimensions prises en compte pour caractériser la qualité de la collaboration.

4.2.1 Scores spécifiques obtenus par les professionnels

Les scores des professionnels relatifs aux 7 dimensions de la qualité de la collaboration sont présentés sur la figure 2.

Il apparaît que les trois groupes de pompiers professionnels ont obtenu de bons scores en ce qui concerne :

- les échanges d'informations en vue de la résolution du problème ou de la gestion de la crise simulée (moyenne de 3,13),
- l'argumentation et la prise de décision (moyenne de 2,9).

Deux groupes sur trois ont également obtenu de bons scores en ce qui concerne l'orientation individuelle envers la tâche.

Les scores obtenus par les pompiers professionnels se révèlent cependant un peu plus faibles en ce qui concerne :

- le processus de travail et la gestion du temps (moyenne de 2,7),
- la fluidité de la collaboration (moyenne de 2,6).

Les scores les plus faibles sont relatifs au soutien de la compréhension mutuelle (moyenne de 2,16) et de façon encore plus faible à l'orientation coopérative (moyenne de 1,29).

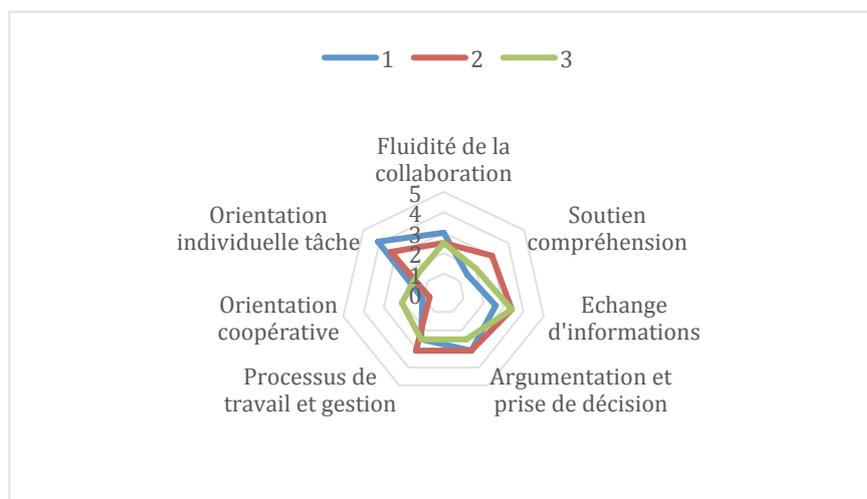
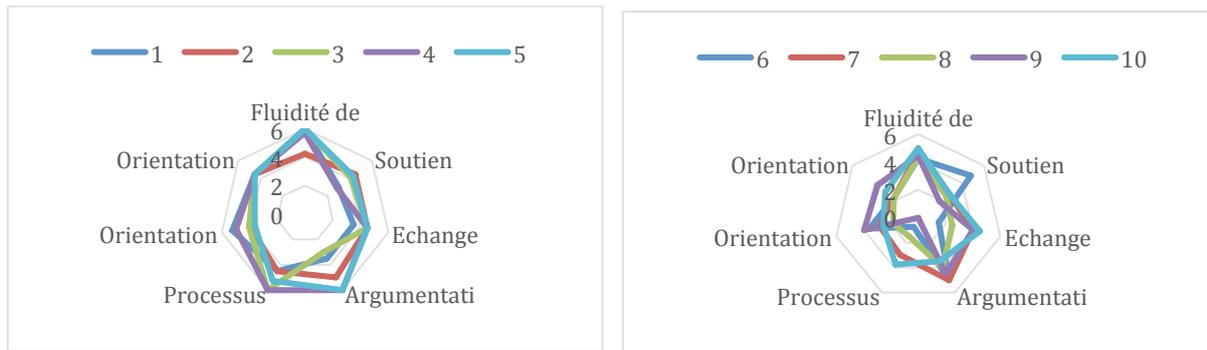


Figure 2. Scores des professionnels relatifs aux 7 dimensions de la qualité de collaboration.

4.2.2 Scores spécifiques obtenus par les étudiants

Les scores relatifs aux 7 dimensions de la qualité de la collaboration obtenus par les étudiants ayant une bonne qualité de la collaboration sont présentés sur la figure 3 et ceux obtenus par les étudiants ayant une moins bonne qualité de la collaboration sont présentés sur la figure 4.



Figures 3 et 4. Scores des étudiants relatifs aux 7 dimensions de la qualité de collaboration
(à gauche, scores associés à une bonne qualité de la collaboration ;
à droite, scores associés à une moins bonne qualité de la collaboration)

Il apparaît que tous les groupes d'étudiants obtiennent de bons scores en ce qui concerne la fluidité de la collaboration (moyenne de 5,6 pour ceux ayant une bonne qualité de la collaboration vs 4,5 pour les autres).

Les groupes d'étudiants ayant obtenu un bon score de qualité globale de la collaboration ont également obtenu de bons scores en ce qui concerne :

- le processus de travail et la gestion du temps (moyenne de 5,25),
- l'argumentation et la prise de décision (moyenne de 4,7),
- l'orientation individuelle envers la tâche (moyenne de 4,5)
- l'orientation coopérative (moyenne de 4,37),
- les échanges d'information en vue de la résolution du problème ou de la gestion de la crise simulée (moyenne de 4,3).

La dimension pour laquelle ces étudiants obtiennent le score le plus faible, même s'il reste relativement élevé par rapport aux autres groupes de participants, est le soutien de la compréhension mutuelle (moyenne de 3,75).

Les groupes d'étudiants ayant obtenu un moins bon score de qualité globale de la collaboration ont néanmoins obtenu de bons scores en ce qui concerne l'argumentation et la prise de décision (moyenne de 4,4).

Leurs scores se révèlent un peu plus faibles en ce qui concerne les échanges d'information en vue de la résolution du problème ou de la gestion de la crise simulée (moyenne de 3,3), l'orientation coopérative (moyenne également de 2,96) et le soutien de la compréhension mutuelle (moyenne de 2,96).

Les dimensions pour lesquelles ces étudiants obtiennent les scores les plus faibles sont l'orientation individuelle envers la tâche (moyenne de 2,7) et, de façon encore plus faible, le processus de travail et la gestion du temps (moyenne de 1,8).

5 DISCUSSION

L'étude que nous avons présentée reste à compléter mais elle contribue néanmoins à mieux cerner l'influence du niveau d'expertise dans le domaine sur la qualité de la collaboration au sein de groupes de professionnels et de groupes d'étudiants confrontés à une situation de crise simulée.

Si l'on se réfère à un modèle tel que le COFOR (Hoc, 2000, 2001), comme cela a été souligné précédemment, le fait de disposer de connaissances partagées dans le domaine devrait favoriser la méta-coopération dans la mesure où les participants bénéficient de connaissances compatibles entre elles, construisent rapidement un modèle de la tâche et de leurs partenaires, et utilisent un code de communication commun. De plus, compte tenu de leurs connaissances des situations de crise, le descriptif de la situation à traiter, tel que celui qui leur a été présenté, devrait faciliter la construction

rapide d'un référentiel commun et, ce faisant, favoriser la coopération dans la planification. Aussi, nous pouvions nous attendre à ce que les groupes de pompiers professionnels obtiennent de meilleurs scores de qualité de la collaboration que les groupes d'étudiants. Les résultats qui ont été obtenus ont cependant montré que le fait de disposer d'expertise dans le domaine de la gestion des risques n'est pas associé à une meilleure qualité de la collaboration. Ainsi, les groupes d'étudiants ont obtenu un score de qualité globale de la collaboration significativement plus élevé que celui des groupes de pompiers professionnels.

Dans un contexte hiérarchique comme celui que l'on peut trouver chez les pompiers, même si des relations respectueuses favorisent certains aspects du travail (Douesnard & Saint-Arnaud, 2011), on peut penser que c'est l'efficacité qui prime lors de prises de décision en situations dynamiques. Aussi, certaines dimensions prises en compte pour estimer la qualité de collaboration peuvent se révéler secondaires en vue d'une gestion rapide et efficace d'une situation à risques et sous contraintes temporelles. Plus précisément, les analyses portant sur les dimensions spécifiques de la qualité de la collaboration ont montré que tous les groupes, quel que soit le niveau d'expertise des participants, ont obtenu de bons scores sur deux dimensions : « les échanges d'informations en vue de la résolution du problème » et « l'argumentation et la prise de décision ». Ces dimensions jouent un rôle central dans la gestion de crise et elles sont indispensables pour permettre aux groupes de travail d'effectuer avec efficacité des activités de résolution de problèmes et de gestion de crises.

Les professionnels ont, par contre, obtenu des scores nettement plus faibles que les étudiants en ce qui concerne l'orientation coopérative (respectivement, moyenne de 1,29 pour les pompiers vs moyenne de 4,37 pour les étudiants ayant de bons scores de collaboration et de 2,96 pour les étudiants ayant de moins bons scores de collaboration), la compréhension mutuelle (moyenne de 2,16 pour les professionnels vs moyenne de 3,75 pour les étudiants ayant de bons scores de collaboration et de 2,96 pour les étudiants ayant de moins bons scores de collaboration), et la fluidité de la collaboration (moyenne de 2,6 pour les professionnels vs moyenne de 3,75 pour les étudiants ayant de bons scores de collaboration et de 2,96 pour les étudiants ayant de moins bons scores de collaboration). Les étudiants semblent ainsi engagés dans des activités réellement collaboratives, se caractérisant par un équilibre dans les tours de paroles et une orientation de l'attention en phase avec celle des collaborateurs, par des questionnements, des clarifications, des feedbacks et des synthèses spontanés destinés à assurer le maintien d'une compréhension mutuelle ainsi que par des rapports équilibrés au sein du groupe. Pour les professionnels, l'efficacité de leur activité semble plutôt être le résultat d'un compromis entre une qualité de la collaboration relativement bonne uniquement sur certaines dimensions et des prises de décisions à la fois rapides et appropriées à la situation à traiter, même si cela peut s'effectuer au détriment d'autres dimensions entrant en jeu dans la collaboration. En outre, dans la continuité des propositions d'Amalberti (1996), nous pouvons souligner ici l'importance du contexte organisationnel habituel qui est déterminant du type de coopération (probablement mixte ou davantage verticale que chez des étudiants) qui se développe dans les groupes constitués de pompiers.

L'une des dimensions de la collaboration s'est révélée associée à des résultats plus nuancés : celle relative au processus de travail et à la gestion du temps. Si les étudiants ayant obtenu de bons scores de qualité globale de la collaboration ont eu aussi un bon score sur cette dimension (moyenne de 5,25), il n'en est pas de même des étudiants avec de moins bons scores globaux (moyenne de 1,8 sur cette dimension), et les pompiers professionnels ont quant à eux obtenu un score intermédiaire (moyenne de 2,7). Cela peut être dû au caractère expérimental - et donc au scénario, en partie, artificiel - de la situation qui a été mise en place. Ainsi, selon les participants, certains d'entre eux adhèreraient plus ou moins à un scénario mettant en avant une situation sous contraintes temporelles et seraient de, ce fait, plus ou moins enclins à tenir compte de ces contraintes.

Bien qu'il s'agisse d'une situation simulée se déroulant en un laps de temps limité, des différences significatives ont été observées en ce qui concerne la qualité de la collaboration mise en œuvre par des pompiers professionnels et par des étudiants. Ce travail de recherche a ainsi permis

de s'interroger sur l'impact de l'expertise sur certaines activités mises en œuvre lors de la gestion d'une crise simulée. Afin d'approfondir les liens entre expertise et activités collaboratives, des analyses supplémentaires sont en cours pour caractériser également les processus cognitifs qui ont été mis en œuvre par les différents groupes de participants. Ces analyses complémentaires devraient contribuer à mieux comprendre l'influence de l'expertise sur la façon dont la situation de crise est perçue et traitée, et d'identifier potentiellement, chez les professionnels, des phases au cours desquelles une bonne qualité de la collaboration se révèle indispensable et d'autres où l'efficacité peut devoir primer.

6 REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des participants à cette recherche (pompiers professionnels et étudiants) ainsi que Charlotte Gaudin pour sa contribution initiale à l'élaboration d'une partie de cette étude.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Amalberti, R. (1996). *La conduite des systèmes à risque*. Paris : PUF.
- Baker, M., Détienne, F., Burkhardt, J.-M. (2013). Quality of collaboration in design: articulating multiple dimensions and viewpoints. *1st Interdisciplinary Innovation conference*, Paris : Telecom ParisTech.
- Besnard, D., & Bastien-Toniazzo (1999). Expert error in trouble-shooting: an exploratory study in electronics. *International journal of Human Computer Studies*, 50(5), 391-405.
- Burkhardt, J.-M., Détienne, F., Hebert, A.-M., Perron, (2009a) Assessing the "Quality of Collaboration" in Technology- Mediated Design Situations with Several Dimensions. *Proceedings of INTERACT 2009* (pp. 157-160).
- Burkhardt, J.-M., Détienne, F., Hebert, A.-M., Perron, L., Safin, S., & Leclercq, P. (2009b). An approach to assess the quality of collaboration in technology-mediated design situations. *Proceedings of the European conference on cognitive ergonomics - ECCE 2009* (pp. 1–9), New York: ACM.
- Cellier, J.-M., De Keyser, V., & Valot, C. (1996). *La gestion du temps dans les environnements dynamiques*. Paris : PUF.
- De Terssac, G. et Chabaud, C. (1990). Référentiel opératif commun et fiabilité. In J. Leplat & G. de Terssac (dir), *Les facteurs humains de l'habileté* (pp. 110-139). Toulouse : Octares.
- Détienne, F., Baker, M. & Burkhardt, J.-M. (2012). Quality of collaboration in design meetings: methodological reflexions. *CoDesign: International Journal of CoCreation in Design*, 8(4), 247-261.
- Douesnard, J., & Saint-Arnaud, L. (2011). Le travail des pompiers: un métier au service de l'autre. *Travailler*, 26(2), 35-53.
- Gaudin, C., Bonnardel, N., Pellegrin, L., & Chaudet, H. (2012). Les activités de gestion d'alerte épidémiologique : les transformations induites par l'utilisation d'un système de surveillance en temps réel. *Pistes : Perspectives Interdisciplinaires sur le Travail et la Santé*, 14(1), [Disponible en ligne à <http://www.pistes.uqam.ca/v14n1/articles/v14n1a6.htm>]
- Gaudin, C., Bonnardel, N., Pellegrin, L., Chaudet, H. (2014). Collective activities in a technology-mediated medical team. An analysis of epidemiological alert management. *Behaviour & Information Technology*, 33(3), 249-258.
- Gaudin, C., Philibert, B., & Bonnardel, N. (2011). Effet de la qualité de la collaboration sur la performance lors de la résolution de problèmes en équipe. Actes des Journées de Psychologie Ergonomique EPIQUE 2011, Metz, 5-7 septembre.
- Hoc, J. M. (1991). Effets de l'expertise des opérateurs et de la complexité de la situation dans la conduite d'un processus continu à long délai de réponse: le haut fourneau. *Le Travail Humain*, 54, 225-249.
- Hoc, J.-M. (1996). *Supervision et contrôle de processus - La cognition en situation de dynamique*. Grenoble : PUG.

- Hoc, J.-M. (2000). From human-machine interaction to human-machine cooperation. *Ergonomics*, 43, 833-843.
- Hoc, J.-M. (2001). Towards a cognitive approach to human-machine cooperation in dynamic situations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 54, 509-540.
- Kahneman, D., & Klein, G. (2009). Conditions for intuitive expertise: a failure to disagree. *American Psychologist*, 64(6), 515.
- Klayman, J., & Ha, Y. W. (1989). Hypothesis testing in rule discovery: Strategy, structure, and content. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(4), 596.
- Leplat, J. (1985). Les représentations fonctionnelles dans le travail. *Psychologie Française*, 30, 269-275.
- Leplat, J. (1997). Regards sur l'activité en situation de travail: Contribution à la psychologie ergonomique. Paris: P.U.F.
- Ochanine, D. (1978). Le rôle des images opératives dans la régulation des activités de travail. *Psychologie & Education*, 3, 63-79.
- Roschelle, J. & Teasley S.D. (1995) The construction of shared knowledge in collaborative problem solving. In C.E. O'Malley (Ed), *Computer-Supported Collaborative Learning* (pp. 69-197). Berlin: Springer-Verlag.
- Rogalski, J. (1994). Formation aux activités collectives. *Le Travail Humain*, 57, 425-443.
- Rogalski, J. (2004). La gestion des crises. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (p. 531-544). Paris : PUF.
- Rogalski, J., et Samurçay, R. (1993). Analysing communication in complex distributed decision making. *Ergonomics*, 36, 1329-1343.
- Safin, S., Verschuere, A., Burkhardt, J.-M. & Détienne, F. (2010). Adaptation mutuelle du processus de conception, du rôle de l'enseignant et de la qualité de la collaboration dans une situation de conception collaborative à distance. In A-S. Nyssen (Ed). *Fiabilité, Adaptation et Résilience. Congrès de la SELF'2010* (pp. 354- 362). Liège, Belgique.
- Savelsbergh, C. M. J. H., van der Heijden, B. I. J. M., & Poell, R. F. (2009). The development and empirical validation of a multidimensional measurement instrument for team learning behaviors. *Small Group Research*, 40(5), 578-607.
- Savoyant, A. (1992). Définition et voies d'analyse de l'activité collective des équipes de travail. In J. Leplat (Ed.), *L'analyse du travail en psychologie ergonomique* (pp. 207-218). Toulouse : Octarès.
- Van Daele, A., et Carpinelli, F. (1996). Anticipation de l'action et anticipation du processus : L'influence de la situation. In J.-M. Cellier, V. de Keyser, et C. Valot, (Eds). *La gestion du temps dans les environnements dynamiques* (p. 201-220). Paris : PUF.

Evaluation prospective d'un support collaboratif pour la cellule de commandement des bâtiments de surface de la Marine nationale

Fabienne PADLO-CARRE
fabienne.padlo@intradef.gouv.fr,

Magali ALBERT,
magali.albert@intradef.gouv.fr

Florian SUCH
florian.such@intradef.gouv.fr

DGA Techniques navales
Avenue de la tour royale BP 40915
83050 Toulon Cedex

RÉSUMÉ

Cette communication présente une démarche d'innovation centrée utilisateur visant à concevoir et évaluer un support collaboratif à destination de la cellule de commandement des bâtiments de surface de la Marine Nationale. L'objectif consiste à optimiser l'analyse de la situation tactique et la conduite des opérations à bord des navires militaires. Dans ce cadre un démonstrateur d'étude a été réalisé afin de préciser le besoin opérationnel par la contextualisation de l'activité des Officiers de Lutte (OL) dans un environnement de travail simulé réaliste. Ce dispositif est constitué d'un grand écran multi touch (32 points de contact), présentant une situation tactique dynamique, animée par un scénario combinant des événements opérationnels de lutte anti navires et de lutte anti sous marins, gérés par des officiers de profils de compétence distincts.

MOTS-CLÉS

support collaboratif, travail coopératif, référentiel commun, outil multi-luttes multi-utilisateurs, démonstrateur multi touch.

1 CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

1.1 Enjeux opérationnels

Dans le cadre de programmes de modernisation du Central Opérations (CO) des bâtiments de surface, le besoin d'un support multifonctions en tant qu'outil de synthèse, de réflexion et d'anticipation, plus spécifiquement dédié à la cellule de commandement (Commandant, Officiers de Lutte et suppléant) a été récemment exprimé par les Etats Majors de la Marine. Ce système collaboratif doit permettre l'affichage, la consultation et le traitement des différentes sources de données transitant par le système de combat ; il doit répondre en outre à une nécessité de partage de l'information tactique selon un principe de présentation ergonomique et conviviale, configurable et modulaire. L'enjeu majeur consiste en l'optimisation de la prise de décision collective, en favorisant la synergie des actions menées pour différents domaines de lutte au sein du CO.

Les nouvelles technologies d'exploitation offrent des solutions particulièrement pertinentes pour optimiser le processus décisionnel et la performance opérationnelle. L'exploration de nouveaux



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

usages induits par la disponibilité de technologies récentes en matière d'IHM et de présentation de l'information permet d'envisager de nouveaux concepts d'emploi basés sur une centralisation des données et un accès facile aux informations et aux moyens de commande.

Ces concepts d'exploitation sont illustrés à l'aide du démonstrateur Table Multi Fonctions (TMF) et évalués lors de campagnes d'expérimentation avec les opérationnels et futurs utilisateurs. Ce démonstrateur est constitué d'un grand écran multi touch, présentant une situation tactique dynamique, animée par un scénario opérationnel. Ce dispositif contextualise l'activité des opérateurs dans un environnement simulé réaliste et permet de préciser le besoin opérationnel.

1.2 Problématique

La problématique s'articule essentiellement autour des thèmes d'évaluation suivants :

- L'apport des fonctions de la TMF pour le travail collaboratif et la réflexion partagée,
- L'impact de l'exploitation de la TMF sur l'organisation et la charge de travail du collectif,
- L'utilité et l'utilisabilité des fonctionnalités de la TMF.
-

1.2.1 L'apport des fonctions de la TMF pour le travail collaboratif et la réflexion partagée

Les sessions d'évaluation sur démonstrateur visent à préciser de quelle manière les fonctionnalités de la table contribuent au travail collaboratif et à la réflexion du collectif en tant que support partagé pour :

- la médiation des idées,
- l'appréciation de la situation tactique en fonction des événements courants (présents et passés),
- l'interprétation de l'idée de manœuvre pour les différents domaines opérationnels concernés,
- l'anticipation de l'action pour la mise en œuvre des moyens (moyens aériens, armes ...),
- autrement dit, pour tout un ensemble de tâches mentales mobilisant des ressources cognitives importantes et se concrétisant par des décisions communes.

La TMF se définit conjointement comme un outil de synthèse pour la conduite de l'action, et un outil de réflexion et d'anticipation de l'idée de manœuvre. Cette synthèse informationnelle concourt à l'appréciation de la situation tactique selon un référentiel commun (Hoc 2001, 2002), pour les différents utilisateurs, dans un contexte décisionnel particulièrement contraignant (incertitude, fortes contraintes temporelles).

1.2.2 L'impact de l'exploitation de la TMF sur l'organisation et la charge de travail du collectif

Nous avons cherché à déterminer de quelle manière l'exploitation de la table va influencer l'organisation du travail de la cellule de commandement ; Il s'agit d'évaluer comment la disponibilité des outils et aides tactiques à la table va impacter l'organisation de travail du collectif pour la réalisation de ces fonctions. Dans ce contexte opérationnel, les officiers de chaque domaine doivent impérativement se synchroniser, c'est-à-dire se coordonner d'une part dans la planification des opérations, coopérer d'autre part dans la réalisation des actions. Autrement dit, comme le soulignent Barthe et Quéinnec (Barthe et Quéinnec, 1999) la coopération est organisée, et elle s'organise. Elle s'organise dans le sens où elle est préparée par l'ensemble des opérateurs. Dans une étude précédente, nous avons montré (Padlo 1999) comment les activités de préparation de mission sont directement impliquées dans les mécanismes de d'anticipation mis en œuvre en situation pour l'évaluation de la situation (Situation Awareness, Ensley 1995), et l'interprétation des faits tactiques « temps réel ». Cette phase correspondrait à la structuration méthodique d'un modèle mental particularisé à la mission à réaliser. Ce dernier permettrait de rendre disponibles des éléments de

connaissances pré-pensés et des séquences d'actions (et de réactions) pré-structurées, répondant à l'anticipation des événements tactiques et la prédiction du comportement des protagonistes.

Ces constats d'ordre théorique sont ici déclinés selon trois niveaux de questionnements adaptés à notre étude :

- La conduite de l'action en contexte multi-luttes,
- La charge de travail et le maintien d'un poste opérateur « table »,
- La planification et l'anticipation de l'action tactique.

La conduite de l'action en contexte multi-luttes

Pour les phases exécutives de la prise de décision, nous cherchons à évaluer la faisabilité de la conduite « multi luttes » (lutte anti navires et lutte anti sous marins) depuis ce support. Chaque Officier de Lutte (OL) étant responsable d'un domaine particulier, il s'agit de préciser les modalités de réalisation de ces activités complexes et simultanées. Les principes d'exploitation de la table sont en effet conçus de manière à ce que plusieurs utilisateurs puissent réaliser leurs tâches de manière concomitante. La question reste d'identifier plus précisément quelles sont les tâches compatibles ou mutuellement exclusives et quelles sont les fonctionnalités et outils qui en facilitent ou éventuellement en perturbent l'exécution

La charge de travail des OL et le maintien d'un poste opérateur « table »

Dans un contexte -global dans la Marine- de recherche de pistes de réduction des effectifs, ces questions relatives à l'organisation du collectif concernent également pour l'avenir, l'opportunité du maintien du poste d'«opérateur Table ». A l'heure actuelle ce dernier est chargé, sous la directive des OL, de la tenue de situation tactique depuis la « table traçante » (outil « papier/crayon » devenu techniquement obsolète). Notre objectif est d'examiner si l'implémentation d'un dispositif de type TMF, donnerait aux OL la possibilité d'accéder directement aux données de la situation tactique et d'exploiter, sans intermédiaire aucun, les fonctionnalités offertes par l'outil.

La planification et l'anticipation de l'action

Afin d'optimiser le processus d'anticipation engagé par les équipes opérationnelles, nous avons initialisé le développement d'outils tendant à répondre à ce besoin de planification des opérations (constitution de bibliothèque de zones tactiques, archivage de dossiers « missions ») et d'aide au raisonnement et la réflexion tactique (projection de la situation dans le temps, programmation de trajectoire future).

Ces outils d'aide au raisonnement et à l'anticipation relèvent d'un niveau de complexité important et s'avèrent délicats à spécifier et à développer. Dans le cadre de cette situation simulée, nous avons incité les utilisateurs à exploiter ces outils, en intégrant dans le protocole, une phase de briefing et de préparation de la mission, avant le déroulement effectif du scénario expérimental, de manière à affiner notre compréhension du besoin et à faire évoluer sur ce point les fonctionnalités correspondantes.

1.2.3 L'utilité et l'utilisabilité des fonctionnalités de la TMF

L'objectif est d'évaluer les fonctionnalités de la TMF sur la base de critères ergonomiques d'utilité et d'exploitabilité. Ces derniers sont issus :

- de l'observation

Ils portent notamment sur :

- la fréquence d'utilisation de chacune des fonctionnalités en fonction du contexte opérationnel et des domaines de lutte,

- l'adaptation de leur mise en œuvre à une grammaire gestuelle tactile (Morris et al., 2010),
- de l'analyse des questionnaires.
Ils traduisant l'appréciation des utilisateurs en ce qui concerne :
 - l'utilité et l'exploitabilité des fonctionnalités proposées,
 - les axes d'amélioration et les compléments à envisager en vue des spécifications futures.

2 DEMARCHE METHODOLOGIQUE ET EXPERIMENTALE

2.1 Démarche globale

Le processus global mis en œuvre dans le cadre de ce projet, inclut une démarche de conception centrée utilisateur (Daniellou, 2004). Elle a pour objectif d'impliquer les opérationnels tout au long du processus de conception, de la phase de compréhension du besoin à l'évaluation du nouveau concept d'exploitation à l'aide d'outils de simulation et d'illustration. Elle vise finalement à minimiser les risques dans les grands choix de conception, en amont de la contractualisation et l'industrialisation d'un produit « embarquable ». Elle se concrétise par le déroulement des grandes étapes suivantes :

- Une analyse de l'existant et recueil du besoin, réalisée auprès d'opérationnels afin de pouvoir proposer des solutions techniques répondant au juste besoin. Ce retour d'expérience a été réalisé sur la base d'une série de visites à bord de diverses frégates et d'entretiens avec des officiers de différents profils, concernés par les domaines de lutte anti navires (LAN) et lutte anti sous-marins (LASM).
- La conception et la réalisation du démonstrateur TMF : cette phase comprend la spécification préalable des IHM par les ergonomes et par suite, leur développement par les informaticiens ; cet objectif induit la mise en place d'un processus complexe de coopération « en boucle courte » qui s'est déroulé approximativement sur un semestre.
- La conduite de la campagne d'expérimentation qui s'est déroulée sur plate forme de simulation : il s'agissait d'immerger les opérationnels dans une situation opérationnelle représentative d'un contexte multi luttes (combinant des phases de LAN et de LASM) et de mettre ainsi en évidence, via le démonstrateur, la valeur ajoutée du concept TMF pour la performance opérationnelle du collectif.

Dans ce cadre, un protocole expérimental a été élaboré. Ce dernier présente les objectifs expérimentaux, les méthodes d'évaluation et le recueil des données associé, le plan de formation, etc. Les données recueillies sont de deux ordres :

- subjectives (questionnaires, entretiens semi-dirigés, débriefing collectif, etc.)
- objectives (enregistrement des actions opérateurs, grilles d'observation, analyse des activités par enregistrement vidéos).

2.2. Caractéristiques du démonstrateur Table Multi Fonctions (TMF)

Une table tactile de grande dimension (55 pouces) (Kubicki et al, 2012), multitouch /multi utilisateurs (32 points de contact), constitue le cœur du dispositif Table Multi Fonctions -désigné sous l'appellation de « démonstrateur TMF »-.

Certains des concepts d'exploitation présentés sur cette table ont été validés lors d'études précédentes (Pellen-Blin et Albert, 2014, 2014) et ont été reconduits dans le contexte tactique de la présente étude. Ces éléments concernent notamment :

- le fond cartographique -maritime et terrestre- avec ses fonctionnalités de zoom et de filtres de visualisation,
- le design des menus, organisés selon une représentation circulaire (et non selon une hiérarchie linéaire),

- la disponibilité de fenêtres « flottantes », déplaçables et redimensionnables, utilisables selon un principe de flexibilité d’affichage, et d’espace de travail partageable.

Sur la base de la généralisation de ces principes d’exploitation, sont affichées sur la table les informations spécifiques suivantes :

- une situation tactique de théâtre issue des informations simulées d’un système de combat (pistes du bâtiment porteur, navires militaires et civils de l’environnement simulé),
- des outils graphiques permettant l’élaboration de formes simples ou la récupération en bibliothèque de dispositifs -zones tactiques- complexes d’aides au raisonnement opérationnel,
- des fonctionnalités de filtrage des données (gestion de filtres de visualisation pour les pistes, les zones, les informations cartographiques ...)
- des automatismes d’enregistrement et d’historisation
- des fonctionnalités d’anticipation (illustration d’hypothèses de trajectoires), voire de planification (constitution de dossiers d’archivage de données « mission »).

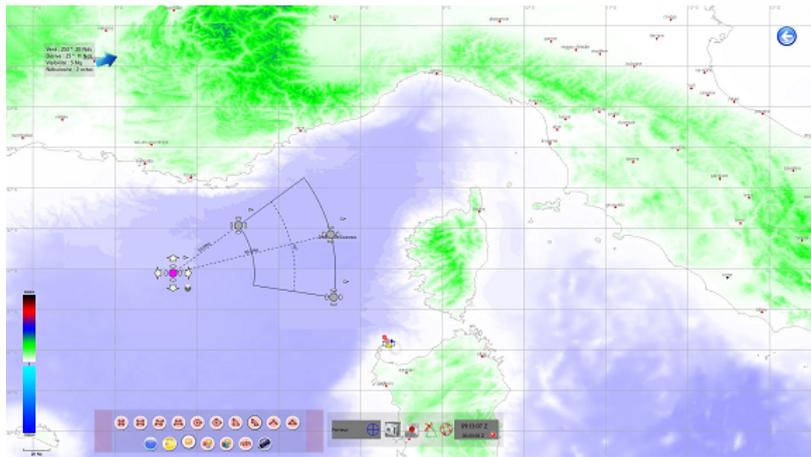


Fig.1 : Exemple de vue pour l’élaboration d’une forme graphique de type « secteur »

3 RESULTATS

Les premiers résultats d’évaluation recueillis via le démonstrateur apportent des éléments permettant d’expliciter le besoin opérationnel dans le cadre des thématiques précédemment identifiées.

1 En ce qui concerne, l’apport du support TMF pour le travail collaboratif et la réflexion partagée

La « table » permet la consultation de données tactiques de différente nature ; elle offre une visualisation dynamique de l’ensemble des menaces tout en autorisant une co-présence physique des acteurs autour du support. Force est de constater que la disponibilité d’une synthèse d’informations partagées optimise les échanges pour la mise en place d’une stratégie globale de lutte. Concrètement, cette configuration favorise les discussions entre les OL en particulier pour la mise en œuvre d’actions combinées de LAN et LASM et requérant des moyens « concurrents ». Durant le déroulement des scénarios, cette coopération a clairement pu être observée pour le suivi et l’utilisation des moyens aériens de surveillance, dont la gestion est passée d’un OL à l’autre (d’un domaine de lutte à l’autre) de manière fluide et en toute synergie (de l’Officier LASM à l’Officier LAN : « *je te laisse l’avion de patrouille* »). De fréquents échanges pour une co-construction de l’idée de manœuvre ont également été relevés. Lors de ces interactions, les informations sont désignées sur la table, la gestuelle accompagne les explications : positionnement d’une ligne matérialisant le placement futur des dispositifs tactiques, présentation de la politique d’emploi des moyens aériens en fonction des détections, justifications du traitement prioritaire de la menace.

Ainsi, en contexte multi luttes, les données d'expérimentation recueillis semblent conforter le fait que l'exploitation des données sur un support commun de type TMF, améliorerait la coordination des actions combinées des acteurs de la cellule de commandement et optimiserait l'utilisation des moyens de lutte, en permettant « *une meilleure compréhension du travail de l'autre* ». L'expression employée spontanément par les utilisateurs s'apparente à la notion déjà évoquée de référentiel commun. La tenue d'échanges d'ordre opératifs, ainsi que la coordination des actions qui en découlent, suggèrent que ce référentiel, partagé par le collectif, est réactualisé en fonction de l'évolution des événements tactiques.

2 En ce qui concerne, l'impact sur l'organisation du travail et le travail collectif

- *La conduite de l'action en contexte multi-luttes*

Les observations recueillies au cours des sessions d'évaluation montrent que la TMF a concrètement joué son rôle de support collaboratif, en favorisant le partage et les échanges d'informations, et par là même, l'optimisation des moyens d'action disponibles. Lors de la phase de transition entre LASM et LAN, la coordination se réalise de manière fluide, avec des échanges limités aux besoins de synchronisation des activités, ce qui laisse penser que les participants partagent une même compréhension des événements situationnels. Paradoxalement, les avis recueillis au cours des débriefings ne sont pourtant pas très favorables au partage d'un même support pour travailler dans deux domaines de lutte, comme en témoignent les expressions de besoin suivantes : « disposer de deux tables », ou encore l'idée « d'un écran sécable en deux situations synchronisées mais indépendantes en terme de manipulation ».

Cette contradiction trouverait une explication dans le fait que certains défauts d'utilisabilité ont été identifiés par les utilisateurs comme étant quelque peu pénalisants pour la gestion d'une situation multi-luttes. La cohabitation de domaines de luttes distincts a effectivement générer des difficultés d'exploitation, du fait notamment de la mise en œuvre exclusive d'outils particuliers (les outils de mesure par exemple) ou l'utilisation concurrente de certaines fonctionnalités. Des conflits d'utilisation se sont notamment révélés ponctuellement vis-à-vis de la gestion des échelles de travail, entre les domaines de LAN et de LASM (échelles respectives de 120 à 0.25 Nq). Ces défauts ont pu occasionner une gêne mutuelle ou imposer une séquentialité dans la réalisation de certaines actions, l'OL d'un domaine étant dans l'obligation d'attendre que le second officier - ou dans certains cas, l'Opérateur « table »- ait achevé sa tâche, avant d'entreprendre l'utilisation d'autres outils. La possibilité de consulter une situation tactique secondaire au sein d'une fenêtre « flottante », n'a pas pu répondre de manière satisfaisante aux contraintes simultanées de conduite multi-luttes, car celle-ci actuellement ne dispose pas d'autres fonctionnalités que le zoom et le déplacement cartographique (elle ne dispose pas notamment d'outils de mesure).

Comme évoqué dans la problématique, la séquentialité des tâches est imposée par la nature même des activités à mettre en œuvre dans un cadre de coopération. Dans le cas où cette séquentialité est imposée par les choix techniques, fonctionnels ou logiciels, elle dénote d'erreurs de conception qu'il s'agit de corriger pour l'avenir.

Des pistes d'améliorations ont d'ores et déjà identifiées et discutés avec les utilisateurs, afin de répondre au besoin d'une réelle « parallélisation » des tâches : indépendance et multiplication des outils de mesure, modalités d'exploitation non exclusives pour la création des zones, optimisation de la surface d'affichage des fenêtres secondaires... Moyennant l'amélioration de ces fonctionnalités particulières, la flexibilité d'affichage (multifenêtrage, déplacement rapide des fenêtres, ...) ainsi que la liberté d'agencement offerte indépendamment à chaque utilisateur sur ce type de support, restent très appréciées des utilisateurs et permet d'envisager le maintien d'une co-activité multi luttes pour les systèmes futurs.

- *La charge de travail des Officiers de Lutte(OL) et le maintien d'un poste opérateur « table »*

Alors que l'on s'attendait à ce que la charge de travail de « l'opérateur table traçante » diminue fortement, au profit de manipulations directes des officiers de lutte, il apparaît que la dissociation entre les tâches de « traçage » et les tâches de raisonnement demeure. Bien que les utilisateurs reconnaissent à l'outil TMF des qualités d'exploitation « intuitive », l'ensemble des données recueillies ne semblent ainsi pas conforter l'opportunité de la suppression d'un poste d'opérateur « table » dédié à la mise en œuvre des fonctionnalités d'élaboration de la situation à la table (création de zones tactiques en particulier).

Lors des sessions d'expérimentation nous avons en effet pu constater qu'au sein de certains collectifs d'officiers, une personne de l'équipe prenait en charge, par initiative personnelle ou par délégation, l'exploitation de la table sous les directives de l'officier de lutte. Les utilisateurs considèrent effectivement que pour conserver la capacité de « prise de recul » requise à la conduite de l'action tactique, il est nécessaire de conserver un opérateur de renfort pour les situations complexes, la charge de travail associée à la manipulation de l'outil demeurant trop élevée pour la gestion de situations chargées.

L'option d'un recours à un opérateur dédié à la TMF, ne semble pas non plus remise en cause par la perspective d'amélioration des modes d'exploitation. La majorité des officiers interrogés pensent que pour l'avenir, du fait de la disponibilité d'un plus grand nombre de fonctionnalités tactiques, le rôle actuel d'opérateur « table » est amené à évoluer au profit de celui d'un adjoint de lutte, éventuellement de profil « officier ». Ce dernier pourrait devenir un « spécialiste » tactique, chargé d'adopter une représentation tactique au plus près de l'idée de manœuvre élaborée par l'OL.

Nos données d'expérimentation ne pouvant répondre à ces interrogations, le maintien d'un opérateur dédié à cette tâche, l'évolution de son profil de compétence ou, dans la perspective d'amélioration des modes d'exploitation, la suppression effective de ce rôle opérateur, devront être confirmés ultérieurement, en usage à la mer.

- *Planification et l'anticipation de l'action tactique*

Les utilisateurs estiment que le support TMF offre des perspectives intéressantes pour apporter une aide efficace pour l'anticipation de l'action. Les discussions relatives à la planification -même à court terme- doivent néanmoins s'établir de façon décorrélée de la situation opérationnelle occurrente.

Le développement de fonctions correspondant à la projection de la situation tactique dans le temps (futur proche) ou la planification de trajectoires (par exemple pour représenter le comportement anticipé d'une piste), a été initialisé sur le démonstrateur mais ces fonctionnalités n'ont été que partiellement évaluées au cours du déroulement du scénario opérationnel.

L'enjeu des développements pour l'avenir, concernerait la mise en place d'aides à la décision de plus « haut niveau » permettant notamment d'illustrer une hypothèse de scénario et anticiper des situations futures.

3 En ce qui concerne l'utilité et l'utilisabilité du dispositif proposé

L'utilité et l'exploitabilité de chaque fonctionnalité illustrée sur le démonstrateur ont été analysées de façon détaillée, sur la base des résultats des questionnaires distribués à tous les participants à l'issue de chacune des sessions d'expérimentation (exemple Fig.2 ci-dessous des résultats concernant les outils de création de zones).

Globalement, les opérationnels notent le caractère « intuitif » et convivial des modalités d'interaction tactiles proposées. Ils s'approprient d'ailleurs parfaitement bien la technologie tactile puisque l'apprentissage de l'ensemble des fonctionnalités se met en place très rapidement (en moins de 2 heures).

Les points de vue recueillis lors des débriefings viennent compléter ces appréciations en soulignant les atouts des fonctions proposées ou, au contraire, en apportant des précisions sur des besoins qui ne seraient pas couverts.

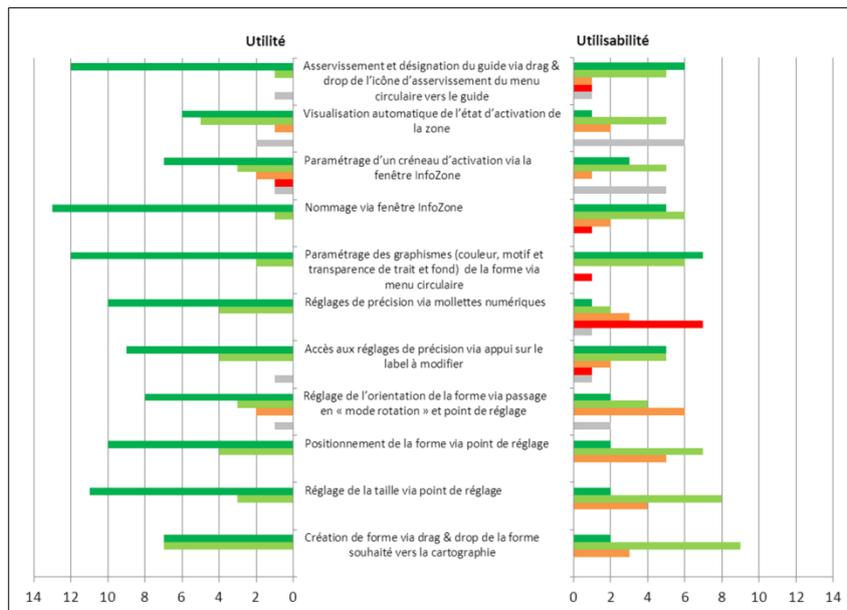


Figure 2 : Exemple de résultats issus des questionnaires :
Evaluation des fonctions et principes IHM de la création de zones

- *Utilité des fonctionnalités*

Les réponses aux questionnaires indiquent, dans leur grande majorité, que les fonctions illustrées sur le démonstrateur TMF ont été jugées utiles.

Les observations durant le scénario confirment d'ailleurs une utilisation cohérente de ces outils par rapport aux événements joués dans le scénario.

- *Utilisabilité des fonctionnalités*

En ce qui concerne l'utilisabilité globale du support tactile, les grands principes d'exploitation ont été largement plébiscités par les opérationnels : le « glissé/déposé pour la sélection des formes, la mise en œuvre aisée du zoom, la fluidité des déplacements cartographiques, la flexibilité d'affichage, le multifenêtrage.

Certaines des fonctionnalités illustrées devront être améliorées (par exemple, les modalités de saisie de données alphanumériques ...) ou simplifiées (par exemple, le processus de création de zones).

Parmi les fonctions qui ont fait défaut, nous distinguons celles pour lesquelles le besoin avait déjà été identifié lors des phases préliminaires à l'expérimentation (par exemple, l'historisation des relèvements radars), de celles qui relèvent de besoins nouveaux mis en évidence grâce à l'évaluation en plateforme (par exemple, l'historisation des zones couvertes par un senseur).

Du point de vue technique, il apparaît également primordial d'optimiser la résolution d'écran pour limiter au maximum la taille des fenêtres et éviter le masquage de la vue principale.

4 CONCLUSION

L'utilisation de simulateur d'étude s'avère une démarche essentielle pour expérimenter en phase d'étude amont, de nouveaux concepts d'exploitation auprès des opérateurs afin de dégager

avec eux les compromis utiles en matière d'automatisation, d'aides opérateurs, de moyens d'interaction. Les opérationnels et futurs utilisateurs ont exprimé leur satisfaction à intervenir durant les différentes sessions d'évaluation proposées sur le démonstrateur. Ils ont fait preuve d'une réelle implication pour participer à l'amélioration du processus de conception engagé.

Les enseignements spécifiquement acquis de cette expérimentation, permettent d'orienter nos choix de conception pour les futures tables tactiques de la Marine :

- Globalement, la perspective d'implémentation au CO d'un support de type TMF reçoit un accueil très favorable. Les données recueillies lors des observations et de débriefing des sessions d'expérimentation laissent à penser que la présentation de la situation tactique sur un support commun de type « table », induirait la construction d'une représentation de la situation qui soit partagée par tous les acteurs. En favorisant ainsi la compréhension de chacun, sur les motivations des autres collaborateurs, cet outil contribuerait à la structuration d'un référentiel commun. Dans ce sens, ce dispositif participe pleinement à l'optimisation du fonctionnement global de la chaîne décisionnelle de commandement. La possibilité de disposer de toutes les couches d'informations au même instant et sur un support de grande dimension apporte ainsi une plus-value incontestable pour le fonctionnement des CO actuels.
- L'optimisation du raisonnement tactique ne peut néanmoins être réalisée que dans les conditions où les officiers de lutte peuvent s'affranchir au maximum des contraintes basiques relatives à la mise en œuvre des fonctions d'exploitation (la « boutonite IHM » selon les termes évoqués par certains utilisateurs). C'est la raison pour laquelle, en l'état actuel des développements du démonstrateur TMF, les données recueillies au cours de l'étude ne permettent pas de valider une configuration d'exploitation de la table qui ne ferait pas appel aux compétences d'un opérateur dédié à sa mise en œuvre, pour l'élaboration et l'entretien de la situation de synthèse.
- L'analyse de l'utilité des fonctions proposées sur le démonstrateur a contribué à la définition d'un périmètre fonctionnel précis et justifié en matière de « table tactique ». Grâce à cette mise en situation, les opérateurs ont également pu exprimer des recommandations détaillées, basées sur leur retour d'expérience et permettant d'améliorer l'exploitabilité des fonctionnalités illustrées. Ces dernières seront être prises en compte pour la rédaction de spécifications ultérieures, en vue de l'industrialisation d'un produit adapté au besoin opérationnel.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Barthe, B., Quéinnec, Y. (1999). *Terminologie et perspectives d'analyse du travail collectif en ergonomie*. L'année psychologique, 99(4), 663-686.
- Hoc, J.M. (2001). *Towards a cognitive Approach to Human-Machine Cooperation in dynamic Situations*. International Journal of Human-Computer Studies, 54, 509-540.
- Hoc, J.M., Carlier X. (2002). *Role of a Common Frame of Reference in Cognitive Cooperation: Sharing Tasks between Agents in Air Traffic Control*. Cognition, Technology & Work, 4, 37-47.
- Padlo, F.(1999). *Rôle de l'anticipation dans une tâche d'évaluation de situations sous contrainte opérationnelle*. Thèse de doctorat. Aix en Provence : Université de Provence Aix-Marseille I.
- Endsley M.R 1995, *Toward a theory of situation awareness in dynamic systems*, Human factor, 37 (1), 32-64.
- Daniellou F., 2004, *L'ergonomie dans la conduite de projets de conception de systèmes de travail*. Falzon P. (Ed), Ergonomie, p. 359-373, Paris, PUF.
- Kubicki, S., Borgiel, K. Lepreux, S., Wolff, M., Kolski, C., 2012, *Réflexions autour des tables interactives : expérience utilisateur, utilisabilité, évaluation*. Le Travail Humain, volume 75, p. 229- 252.

- Pellen-Blin, M. et Durand, G. (2014). *Aide à la décision dans la lutte des navires contre la menace asymétrique*. Communication présentée au Congrès Lambda Mu 19 de Maîtrise des Risques et Sécurité de Fonctionnement
- Pellen-blin, M., Albert, M. (2014), *De la recherche de nouveaux usages à la prise de décision collective : L'exemple d'EVITAC*. Communication présentée à ERGO IA'14. ACM (2014), 88–89.

Session 2 : Interactions Hommes-Machines

Modéliser la gestion collective de ressources dans un quartier intelligent : complémentarité des approches de la psychologie ergonomique et de l'informatique autonome

Chloé Le Bail ¹, Robin Despouys ²,
Françoise Détienne ¹, Michael Baker ¹, Rémi Sharrock ²

¹ Département Sciences Économiques et Sociales, Télécom ParisTech, 46 rue Barrault 75013 Paris
chloe.le-bail@telecom-paristech.fr
françoise.detienne@telecom-paristech.fr
michael.baker@telecom-paristech.fr

² Département Informatique et Réseaux, Télécom ParisTech, 46 rue Barrault 75013 Paris
robin.despouys@telecom-paristech.fr
remi.sharrock@telecom-paristech.fr

RÉSUMÉ

Le développement des technologies ubiquitaires et des objets connectés, ainsi que l'essor du mouvement de la consommation collaborative nous amènent à reconsidérer les habitudes de consommation au sein des quartiers. Nous exposons l'articulation pluridisciplinaire d'un projet de recherche qui vise à spécifier les fonctionnalités d'un système sociotechnique favorisant une gestion durable des ressources : le Quartier Collaboratif Intelligent. Afin d'étudier une problématique générale sur l'acceptabilité d'un tel environnement, et des problématiques plus spécifiques sur les interactions humaines qui en découlent (psychologie ergonomique) et la possibilité de rendre accessible à l'utilisateur final un concept conçu initialement pour des administrateurs experts (informatique autonome) ; nous présentons une méthodologie d'étude conjointe qui vise à concevoir un jeu sérieux collaboratif pour simuler et appréhender ce type de quartier.

MOTS-CLÉS

Quartier intelligent, Informatique Autonome, Modélisation, Collaboration, Jeu sérieux

1 INTRODUCTION

Le développement des technologies ambiantes ubiquitaires et des objets connectés, ainsi que l'essor du mouvement de la consommation collaborative, dans lequel l'usage prédomine sur la propriété (Rifkin, 2014), nous amènent à reconsidérer les modes de vie et les habitudes de consommation (des énergies, des biens, des services, etc.). QUALINUMA (pour QUALité de la vie NUMérique Autonome) est un projet de recherche mené à Télécom ParisTech, en partenariat avec l'Institut de la Société Numérique (ISN), qui vise à spécifier les fonctionnalités d'un système sociotechnique favorisant une gestion durable et intelligente des ressources. Ce système est le Quartier Collaboratif Intelligent : 1) Collaboratif, car il encourage la construction collective de bonnes pratiques de consommation, et 2) Intelligent, car la gestion des ressources s'appuie sur des agents intelligents appelés gestionnaires autonomes.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

Les systèmes informatiques porteurs de cette « intelligence » sont constitués d'éléments par nature autonomes (programmés pour remplir leur mission avec un minimum d'intervention humaine), distribués (puisque un quartier est composé de logements géographiquement répartis) et asynchrones (chaque acteur a sa propre temporalité). Nous adoptons l'approche dite « autonome » car c'est une solution reconnue pour réaliser des systèmes ayant ces trois propriétés (Kephart & Chess, 2003). Un système autonome est capable de s'autogérer en s'observant et en observant son environnement, en analysant la situation, en planifiant et en exécutant des actions sur lui-même pour atteindre des objectifs prédéfinis.

Une telle vision du quartier est innovante et n'a, à notre connaissance, jamais été explorée en ergonomie. C'est pourquoi notre étude s'inscrit dans le champ de l'ergonomie prospective, qui cherche à comprendre les facteurs technologiques et sociaux menant à la création de nouveaux produits et services (Brangier & Robert, 2014). Plusieurs disciplines sont amenées à collaborer pour définir ces aspects et nous allons, à travers cet article, présenter la complémentarité des approches de la psychologie ergonomique et de l'informatique autonome pour modéliser le système.

RECHERCHES EN INFORMATIQUE AUTONOMIQUE

2.1 Définition de l'informatique autonome

L'informatique autonome est un concept introduit par IBM en 2003 dans le but de répondre au développement massif d'internet et à la complexité croissante de la gestion des ressources et des services. Son objectif est d'arriver à la conception de programmes informatiques capables de s'autogérer à la manière du système nerveux autonome humain, qui prend en charge les fonctions vitales du corps sans contrôle volontaire de l'individu. Ces agents « intelligents » sont appelés des gestionnaires autonomes. Leurs quatre caractéristiques principales pour s'autogérer sont : l'auto-configuration, l'auto-guérison, l'auto-optimisation et l'autoprotection (Kephart et Chess, 2003).

Nous présentons ci-après notre choix de modélisation informatique du quartier collaboratif intelligent incluant le fonctionnement des gestionnaires autonomes.

2.2 La modélisation par le paradigme orienté *objet*

Ecrire un programme informatique nécessite de créer un modèle mathématique du problème à résoudre. Néanmoins, l'apparition des langages de programmation « hauts niveaux » et du paradigme orienté *objet* (Cox, 1985) ont permis de développer des nouveaux modèles informatiques et de s'abstraire de la logique purement mathématique. Ce paradigme permet de décomposer les éléments d'un logiciel en un ensemble d'*objets*. Dans le cadre du quartier intelligent, les *objets* « informatiques » sont les ressources partagées (voitures, parcs, laveries, etc.), les services, les énergies et les habitants. Chaque *objet* possède un ensemble de comportements et peut interagir avec les autres *objets*. Informatiquement, il devient alors possible de modéliser leurs interactions.

L'intérêt de ce paradigme pour notre objet de recherche est double. Tout d'abord, il entraîne la génération d'interactions aléatoires entre les *objets*, favorisant un certain « réalisme » et permettant une multitude de scénarios possibles. D'autre part, il est facile de rajouter des *objets* dans le modèle. Cette particularité est intéressante dans notre étude pour procéder à des itérations entre la modélisation, le développement et les tests utilisateurs.

3 RECHERCHES EN PSYCHOLOGIE ERGONOMIQUE

Les recherches en psychologie ergonomique portent sur l'acceptabilité, par les habitants, d'un tel mode de vie, et en parallèle sur la modélisation des interactions humaines. En effet, quelles sont les règles que les habitants vont co-construire pour se partager les ressources et rendre la collaboration acceptable par tout le monde ? Et comment ces règles vont-elles se mettre en place ?

Les interactions humaines au sein du quartier peuvent se situer sur un continuum avec d'un côté, des interactions purement humaines (absence ou rejet des gestionnaires autonomiques) et de l'autre, des interactions humaines totalement médiées par les gestionnaires (chaque personne laisse son gestionnaire décider et informer les autres de ses actions). Dans tous les cas, on considère qu'il existera des interactions entre les humains dans le sens où un échange d'informations s'établira.

3.1 Le modèle de l'acceptabilité des technologies

Le concept d'acceptabilité étudie « si le système est assez bien pour satisfaire tous les besoins et exigences des utilisateurs » (Nielsen, 1993, p. 24). Il se divise en acceptabilité pratique (utilité et utilisabilité) et sociale. Cette dernière fait référence au contexte social dans lequel la technologie est utilisée. Un grand nombre de facteurs sociaux, tels que le comportement social qu'entraîne l'usage de la technologie, peuvent influencer la volonté d'utiliser une innovation (Terrade, 2009).

L'acceptabilité sociale a deux niveaux. Le premier est l'acceptabilité *à priori* et concerne les technologies encore inexistantes. Les utilisateurs vont imaginer des nouvelles situations d'usage en se projetant avec l'innovation dans leur environnement social. Le deuxième niveau intéresse plutôt l'introduction de la technologie et vise à analyser le processus d'acceptation de cette dernière. L'acceptabilité sociale *à priori* semble être la première étape pour étudier l'adoption d'un système puisqu'elle considère que les utilisateurs approuveront ou non l'innovation, une fois avoir clairement identifié ce que cette utilisation changera dans leur activité personnelle et/ou professionnelle (Bobillier-Chaumon, 2009). Comme elle se rapporte aux technologies du futur, les méthodes qui aident à se représenter l'avenir doivent être employées (construction de scénarios, simulation).

3.2 La modélisation des interactions humaines

Dans le quartier collaboratif intelligent, nous nous intéressons aux interactions humaines qui concernent la construction collective des règles de fonctionnement du groupe. Les habitants vont devoir élaborer ensemble des règles d'échanges et de partage des ressources dans un contexte dynamique (évolution du prix des énergies, achats de biens pour la communauté, etc.). Cela est lié au fonctionnement en réseau du quartier. L'usage d'une ressource par un habitant, par exemple une voiture électrique, impacte l'usage de la même ressource par un autre habitant (voiture indisponible). Et étant donné que les événements inhérents à la gestion des ressources concernent l'ensemble des usagers, à l'instar des processus de co-conception, on s'intéresse à l'intégration des points de vue et à la manière dont les « habitants-concepteurs » vont imaginer conjointement des solutions pour ces ressources (Détienne, Baker & Visser, 2009). La modélisation de cette co-construction peut se faire à travers l'analyse des processus de décisions collectives (Baker, 1999).

4 PROBLEMATIQUE LIEE A L'INTERDISCIPLINARITE

La première difficulté liée à la double approche « autonome » et « ergonomique » du Quartier Collaboratif Intelligent réside dans le fait que l'objet de recherche n'est encore qu'un concept. L'informatique autonome a besoin de modèles sur l'Homme pour orienter ses choix de conception et la psychologie ergonomique doit pouvoir s'appuyer sur du tangible tels que des prototypes pour développer des modèles sur les interactions humaines et pour tester l'acceptabilité.

L'approche « autonome » actuelle tend à minimiser les interventions humaines dans la gestion des systèmes informatiques. Elle est utile pour soulager les administrateurs experts de grands systèmes. Nous étudions son application à des systèmes qui impactent directement l'environnement des utilisateurs finaux puisqu'il s'agit de la considérer dans les infrastructures des quartiers et maisons connectés. Cependant, l'autonome actuelle limite les opportunités d'interactions Homme-Machine : « le système agit et l'utilisateur observe ». La relation déterministe disparaît (Russell, Maglio, Dordick, & Neti, 2003) et l'utilisateur peut se retrouver dans une situation d'incompréhension. Afin de rendre les gestionnaires autonomiques plus interactifs (Anderson & al., 2003), nous devons inclure une modélisation des utilisateurs dans notre modèle informatique.

Côté ergonomie, concevoir les spécifications d'un système sociotechnique est un processus complexe qui nécessite l'étude préalable de l'acceptabilité en intégrant dès le début les utilisateurs finaux. Nous devons trouver une simulation qui pourra inclure les usagers, les faire collaborer et interagir comme s'ils étaient dans le quartier intelligent. Cette simulation doit laisser place aux itérations pour permettre la modification des scénarios en fonction des retours des utilisateurs. Elle doit aussi nous aider à tester l'impact des gestionnaires autonomiques sur les pratiques humaines.

5 UN JEU SERIEUX POUR LA MODELISATION CROISEE

Notre choix de simulation s'est porté sur un jeu sérieux collaboratif pour tablettes tactiles. Un jeu sérieux est un jeu vidéo dont le but n'est pas le seul divertissement (Charsky, 2010). Le joueur s'entraîne aussi à réaliser certaines tâches (composante apprentissage). D'autre part, un jeu est dit collaboratif lorsque tous les joueurs gagnent ou perdent ensemble. Cela les pousse à échanger, débattre et à élaborer des stratégies tous ensemble pour « combattre » le jeu et gagner. Nous pensons qu'un jeu sérieux collaboratif est un bon moyen d'obtenir des données pour modéliser les interactions humaines dans un quartier intelligent fictif et pour obtenir des retours sur l'acceptabilité du système. Nous présentons ci-dessous les étapes par lesquelles nous passons pour le construire.

5.1 Etapes préliminaires à la conception du jeu

5.1.1 Un atelier de créativité pour identifier des scénarios et des stratégies de collaboration

La programmation du jeu sérieux nécessite de faire des choix sur les comportements et les valeurs que l'on attribue aux *objets* du jeu. Etant donné que les habitants du quartier (devenant des personnages dans le jeu) sont aussi considérés comme des *objets*, il faut anticiper leurs comportements au mieux si l'on souhaite refléter une certaine « réalité ». Afin de spécifier les *objets*, leurs comportements et des scénarios à implémenter dans le jeu, nous avons mené un atelier de créativité par équipe. Quatre équipes, composées chacune de quatre étudiants (école commerce, ingénieur, écologie et design) ont créé un archétype de quartier collaboratif sur la base de dix items. Nous présentons dans le tableau 1 ces dix items ainsi que certaines idées avancées par les équipes.

Tableau 1 – Exemples d'idées dans les dix items imposés lors de l'atelier de créativité par équipe

ITEMS	EQUIPE 1	EQUIPE 2	EQUIPE 3	EQUIPE 4
Objectifs du quartier	Environnement de confiance et d'entraide	Epanouissement des habitants	Inter-génération	Accès à plus de ressources au niveau individuel
Alimentation eau/ électricité	Récupération eau de pluie	Utilisation chaleur des serveurs informatiques	Centrale thermique produisant électricité	Vélos avec dynamo + sur porte, sous chaussures...
Ressources partageables	Energie collective	Gains des exportations du quartier	Energétiques : eau, électricité	Tous les objets
Ressources non partageables	Nourriture	Objets privés	Biens personnels : téléphone, casque vélo	Energie, eau
Lieux collaboratifs	« Facilities » : salle de sport, laverie	Jardin, potager, parc, bibliothèque, gymnase	Garage, salle à manger, entrepôt	Epicerie, réserves communes
Habitations	Même « standing »	Grand espace commun	Maisons individuelles	Mobilité vers le soleil
Système d'échanges	Euros mais moyen de paiement local	Système de badge pour la réussite de défis	Troc et achat groupé de biens d'équipements	Monnaie périssable, indépendante de l'euro
Règles du consensus	Possibilité d'objecter	Toujours obligation de justifier ses objections	Clôture à une date fixe des débats	Nombre limité d'oppositions
Outils numériques	Compteur comparant les conso entre voisins	Panneaux dans le quartier pour info des événements	Plateforme collaborative des services	Planning d'utilisation des biens
Evénements	Eco-sensibilisation pour la communauté	Pas de personne compétente pour certaines tâches	Réunion mensuelle pour débattre de la conso	Problèmes sociaux : vol, exclusion d'un habitant

5.1.2 La conception d'une interface utilisateur

Dans le Quartier Collaboratif Intelligent, les habitants pourront gérer les ressources à travers leurs gestionnaires autonomiques. Hors comme nous l'avons précisé dans notre problématique, ces derniers sont actuellement étudiés que pour des administrateurs experts, et non des utilisateurs finaux. Une des étapes préalables à la modélisation par le jeu, de ce quartier intelligent, est donc de créer une interface grâce à laquelle l'utilisateur pourra programmer son gestionnaire et comprendre les actions que ce dernier aura sur les ressources (individuelles et communes). L'interface en question pourra ensuite être implémentée dans le jeu qui simulera à la fois la maison du joueur et le quartier qu'il partage avec les autres joueurs. La figure 1 est un croquis de cette interface.

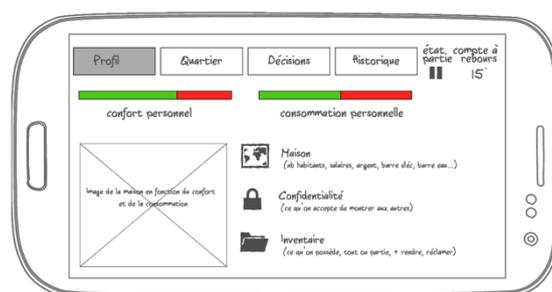


Figure 1 – Croquis de l'interface utilisateur pour le jeu sérieux collaboratif

5.2 Simulation du Quartier Collaboratif Intelligent par le jeu sérieux

Les 5-10 joueurs seront en coprésence, munis d'une tablette tactile pour visualiser les variables du jeu (consommation et confort) et les actions possibles. Chaque joueur se verra attribuer un profil de consommation (excessif, moyen, faible) et un profil de collaboration (collabore beaucoup, peu, pas du tout) à l'aide d'un questionnaire préalablement rempli. Suivant leur profil, les joueurs devront atteindre un confort personnel plus ou moins élevé et auront plus ou moins de possibilité d'actions de type « consommer », « économiser » et « aider », « desservir » quelqu'un. A chaque tour de jeu,

un événement affectera tous les joueurs et aura des conséquences sur les consommations et sur les confort individuels (effet différent suivant les profils). Les joueurs devront proposer des actions et se mettre d'accord pour valider ensemble leurs choix. Ils pourront programmer leur gestionnaire virtuel pour que ce dernier prenne les décisions à leur place. L'objectif étant qu'à la fin de la partie, la consommation globale du quartier soit en-dessous d'une valeur limite et les confort individuels au-dessus d'une valeur limite. La figure 2 présente quelques fonctionnalités du jeu : la possibilité de rendre visible sa consommation aux voisins, les objets que l'on met dans la communauté, etc.

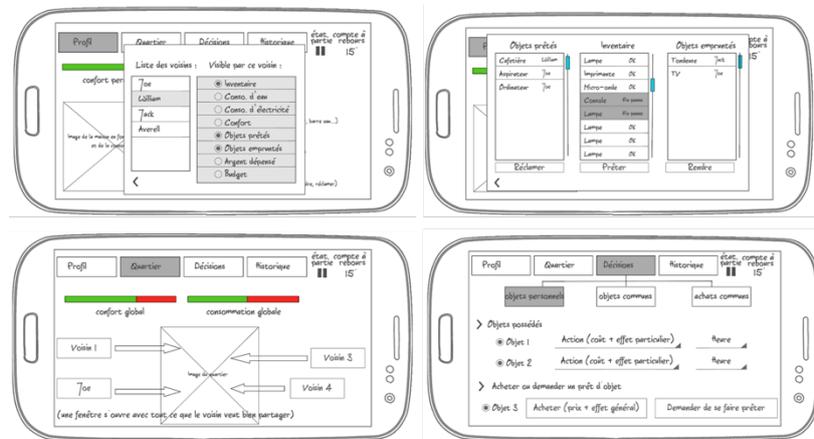


Figure 2 – Exemples de fonctionnalités du jeu sérieux collaboratif

6 LIMITES ET PERSPECTIVES

Notre étude présente certaines limites : le nombre de scénarios évaluable à l'aide du jeu seront limités, le nombre de joueurs dans une partie ne reflète pas l'échelle exacte d'un quartier et les joueurs n'adopteront pas les mêmes stratégies face aux événements que s'ils devaient les vivre réellement chez eux. Cependant, des premiers résultats sur les usages collaboratifs envisagés pourront être appréhendables, et cela grâce à notre approche pluridisciplinaire.

Outre le fait que les joueurs gagnent ou non le jeu, ce qui nous intéresse c'est la façon dont les joueurs vont se mettre d'accord, adopter des stratégies (individuelles, collectives, et à l'aide de leurs gestionnaires) et comment ils vont établir les règles de fonctionnement de leur quartier. L'avantage d'utiliser un jeu sérieux est d'engager les utilisateurs de manière ludique dans ce futur quartier. En effet, certains travaux suggèrent que l'usage de technologies liées au divertissement peut être utile à persuader les utilisateurs à avoir des comportements plus écoresponsables (Bastien, 2012).

Afin d'arriver à un modèle de Quartier Collaboratif Intelligent acceptable par les différents usagers, nous souhaitons porter nos recherches sur deux aspects principaux. Le premier est l'intégration des points de vue des habitants à travers les gestionnaires. Prenons l'exemple de deux habitants qui sont à la bibliothèque du quartier. L'un signale au gestionnaire du chauffage qu'il a froid et l'autre indique qu'il a chaud. Le gestionnaire va faire une moyenne des deux comportements demandés à l'objet « chauffage » et les deux habitants ne vont pas ressentir de différence de confort. On s'intéresse à comment prendre en compte ces demandes contradictoires : tenir compte de la dernière demande ? Annuler les deux demandes ? Etc. ; et notamment à comment informer les utilisateurs de ces interférences sur les objets. Cela revient à saisir comment les utilisateurs se représentent l'environnement dans lequel évoluent les objets, comment ils prennent conscience des actions qu'ils ont sur les objets et des actions des autres sur ces objets. Le deuxième point concerne la gestion des conflits ou plus largement les « problèmes » socio-relationnels. L'intérêt d'un jeu en coprésence est de tester ces situations de collaboration dans un quartier virtuel et d'évaluer ainsi l'acceptabilité du système sociotechnique par des observations et des retours utilisateurs.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Anderson, S., Hartswood, M., Procter, R., Rouncefield, M., Slack, R., Soutter, J., & Voss, A. (2003). Making autonomic computing systems accountable: the problem of human computer interaction. *Proceedings of the 14th International Workshop on Database and Expert Systems Applications*, 718-724.
- Baker, M.J. (1999). Argumentation and Constructive Interaction. In G. Rijlaarsdam, & E. Espéret (Series Eds.) & Pierre Coirier, & Jerry Andriessen (VEds.), *Studies in Writing: Vol. 5. Foundations of Argumentative Text Processing* (pp. 179-202). Amsterdam: University of Amsterdam Press.
- Bastien, J.M.C. (2012). Réchauffement climatique : les contributions possibles de la psychologie ergonomique et de l'interaction humain-machine à la réduction de la consommation d'énergie. *Le travail humain*, 75 (3), 329-348.
- Bobillier-Chaumon, M. & Dubois, M. (2009). L'adoption des technologies en situation professionnelle : quelles articulations possibles entre acceptabilité et acceptation ?. *Le travail humain*, 72 (4), 355-382.
- Brangier, É. & Robert J.M. (2014). L'ergonomie prospective : fondements et enjeux. *Le travail humain*, 77 (1), 1-20.
- Charsky, D. (2010). From edutainment to serious game: A change in the use of game characteristics. *Games and Culture*, 5 (2), 177-198.
- Cox, B. J. (1985). Object oriented programming. Addison Wesley.
- Détienne, F., Baker, M. & Visser, W. (2009). La co-conception du point de vue cognitif et interactif. In F. Détienne, & V. Traverso (Eds.), *Méthodologies d'analyse de situations coopératives de conception : Corpus MOSAIC* (pp. 19-37). Nancy : Presses Universitaires de Nancy.
- Kephart, J. O., & Chess, D. M. (2003). The vision of autonomic computing. *Computer*, 36 (1), 41-50.
- Nielsen, J. (1993). Usability engineering. San Diego, CA: Academic Press.
- Russell, D. M., Maglio, P. P., Dordick, R., & Neti, C. (2003). Dealing with ghosts: Managing the user experience of autonomic computing. *IBM Systems Journal*, 42 (1), 177-188.
- Rifkin, J. (2014). La nouvelle société du coût marginal zéro. L'internet des objets, l'émergence des communaux collaboratifs et l'éclipse du capitalisme. Les liens qui libèrent.
- Terrade, F., Pasquier, H., Reerinck-Boulanger, J., Guingouain, G. & Somat, A. (2009). L'acceptabilité sociale : la prise en compte des déterminants sociaux dans l'analyse de l'acceptabilité des systèmes technologiques. *Le travail humain*, 72 (4), 383-395.

Etude ergonomique de la modalité haptique comme soutien à l'activité de déplacement piéton urbain : un projet de conception de produit innovant

Lucie Brunet

LIMSI-CNRS, Bât 508, Rue John von Neumann, 91405 Orsay
lucie.brunet@u-psud.fr

Christine Mégard

CEA LIST, Nano-INNOV, Avenue de la Vauve, 91120 Palaiseau
christine.megard@cea.fr

Daniel Marie-Paule

LIMSI-CNRS, Bât 508, Rue John von Neumann, 91405 Orsay
mpd@limsi.fr

Françoise Darses

IRBA, BP 73 – 91223 Bretigny Cedex
francoise.darses@irba.fr

RÉSUMÉ

L'article traite de l'étude de l'apport de la modalité haptique comme soutien à l'activité de déplacement piéton urbain. Cette étude prend part au sein d'un projet de conception et s'inscrit dans une démarche d'ergonomie prospective. L'étude s'appuie sur trois parties empiriques mobilisant des méthodes d'observation de l'activité réelle, ainsi que des techniques de conception participatives et créatives. La première partie vise à comprendre l'activité de déplacement à partir d'un trajet scénario. Celle-ci va permettre de spécifier l'ensemble des fonctions d'aide d'un futur dispositif éligible à la modalité haptique. La seconde partie vise à concevoir l'interaction haptique pour chacune de ces fonctions de façon à ce que cela ait du sens pour l'activité. Enfin, la troisième partie vise à évaluer le dispositif haptique en environnement réel à travers une analyse d'activité. Les résultats suggèrent une potentialité intéressante à utiliser la modalité haptique pour améliorer les performances de déplacement. Ils montrent également une amélioration de la réalisation des Activités Cognitives Élémentaires (ACE) mises en œuvre lors du déplacement et relatives à une fonction haptique.

MOTS-CLÉS

activité instrumentée, ergonomie prospective, co-conception, déplacement piéton urbain, modalité haptique

1 CONTEXTE

Qu'ils soient voyageurs occasionnels ou réguliers, les piétons se déplaçant en environnement urbain et en transport en commun ont à faire face à la complexité du réseau de transport des grandes villes. Les aides au déplacement sont nombreuses et variées. Elles peuvent être fixes (par exemple, panneaux de signalisation) ou mobiles (par exemple, applications sur smartphone). Ces aides utilisent principalement la modalité sensorielle visuelle, ce qui permet de donner des informations de façon efficace (Elliott, Coovert, Prewett, Walvord, Saboe, & Johnson, 2009). Cependant, cette modalité sensorielle est déjà fortement sollicitée lors d'un déplacement urbain.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

Pour un utilisateur en mobilité, l'interaction visuelle peut être une distraction notable par rapport à l'environnement qui l'entoure et entraîner suivant le contexte une surcharge attentionnelle pouvant induire une dégradation de la mobilité. Une alternative intéressante serait d'utiliser l'haptique (sens du toucher). Cette modalité sensorielle supplémentaire permettrait de proposer aux utilisateurs des interactions plus cohérentes avec leurs capacités du moment (Wickens, 2002) en améliorant entre autres la consultation de support d'information en situation de mobilité. Par ailleurs, cette modalité peu répandue permettrait d'exploiter les sensorialités intègres, non dégradées par un handicap visuel temporaire ou permanent. La modalité haptique permet de donner de l'information même quand la personne n'est pas prête à en recevoir (par exemple, sans avoir besoin de regarder un écran). Cette modalité permet d'attirer l'attention (Spence & Ho, 2008) et de donner des informations simples comme les informations de guidage à l'aide, par exemple, de vibrations (Tsukada & Yasumrua, 2004). L'introduction de la modalité sensorielle haptique dans les dispositifs d'aide au déplacement serait également intéressante pour ses propriétés d'interaction non intrusive et discrète. L'espace urbain étant partagé par un grand nombre d'utilisateurs, en particulier dans les grandes villes, il est important que les informations individuelles données sur supports nomades ne soient pas intrusives pour les autres usagers.

2 PROBLEMATIQUE

S'inscrivant dans une démarche d'ergonomie prospective (Brangier & Robert, 2014), cette recherche vise à étudier l'apport de la modalité haptique comme soutien à l'activité de déplacement piéton urbain. L'objectif appliqué est la conception d'un dispositif haptique d'aide au déplacement innovant, efficace et accepté par les utilisateurs futurs. Ce projet de conception s'est déroulé dans le cadre du projet ANR Tictact, mené par le CEA-LIST de 2011 à 2014. L'utilisation de la modalité haptique étant posée comme un parti pris initial, l'objectif du projet était de déterminer la forme que devrait prendre l'assistance aux usagers et la technologie de l'outil d'aide.

Pour relever ce défi, nous avons structuré notre démarche autour de trois questions de recherche : (1) En quoi consiste l'activité de déplacement des piétons en environnement urbain, réalisée avec les outils d'aide existants ? (2) Comment concevoir un système d'aide dont les fonctions haptiques aient du sens pour l'activité ? (3) Quel est l'apport de la modalité haptique pour soutenir l'activité de déplacement piéton urbain ?

Pour répondre à chacune de ces questions, nous avons mis en œuvre trois parties empiriques successives.

3 ANALYSE DE L'ACTIVITE DE DEPLACEMENT PIETON URBAIN

La première partie empirique visait à comprendre les Activités Cognitives Élémentaires (ACE) mobilisées lors de la consultation des supports d'informations nécessaires à la navigation piétonne. Pour cela, nous avons analysé le comportement du piéton effectuant un trajet urbain à partir d'un scénario de déplacement incluant les transports en commun et la marche à pied. Les informations consultées par les participants lors du déplacement ont été catégorisées selon les ACE relatives à chacune d'elles, à partir des cadres théoriques du wayfinding, (Allen, 1999; Raubal, 2001 ; Heuten, Henze, Boll, Pielot, 2008). Les résultats nous ont permis de spécifier les fonctions d'aide que devrait remplir un futur dispositif d'aide au déplacement. Complétés par une revue de la littérature sur les interfaces haptiques et leur utilisation pour l'aide au déplacement (Jones & Sarter, 2008 ; Van Erp, Van Veen, Jansen, Dobbins, 2005), ces résultats nous ont conduits à déterminer les fonctions éligibles à la modalité haptique. Nous avons spécifié les fonctions du futur dispositif d'aide à travers ces différentes ACE :

Tableau 1. Récapitulatif des fonctions du dispositif futur issues de l'analyse des besoins.

Activités Cognitives Élémentaires (ACE)	Fonctions haptiques du dispositif
Prendre une décision d'orientation en extérieur	GUIDER : donne les directions d'orientation à suivre en environnement intérieur (exemple : station de métro) mais également en extérieur (exemple : rue)
Prendre une décision d'orientation en intérieur	
Vérifier – Confirmer	RASSURER : en permettant à l'utilisateur d'être rassuré à la demande tout au long de sa route
Contrôler le déroulement temporel	ALERTER : en envoyant un message à l'utilisateur au cas où il commence à s'engager sur la mauvaise route, en envoyant un message à l'utilisateur pour le prévenir de la montée et descente de son véhicule
Intégrer une information supplémentaire inattendue	
Réaliser une activité annexe au déplacement	SIGNALER : qui se décline en trois messages : « être alerté d'un point d'intérêt », « être alerté d'une information culturelle » et « être alerté de l'indisponibilité d'un équipement réseau ».

Le smartphone est un élément imposé du dispositif de déplacement à développer dans le projet de conception. Un aspect important du travail a consisté à analyser les données existantes relatives à l'impact du smartphone sur la façon de se déplacer. L'analyse d'activité a permis de comparer des groupes d'utilisateurs avec et sans smartphone. De manière surprenante, alors que l'on pense généralement que le smartphone améliore le déplacement, les résultats ont montré que l'utilisation du smartphone impacte négativement la performance de déplacement. L'utilisation du smartphone augmente le temps de trajet, le nombre d'erreurs, et le temps de déplacement à allure dégradée. Les différences entre les participants avec et sans smartphone portent essentiellement sur les activités cognitives élémentaires mises en œuvre en environnement extérieur (« prendre une décision d'orientation en extérieur » et « confirmer-vérifier sa route »). Concernant l'activité « prendre une décision d'orientation en extérieur », les sujets avec smartphone ne préparent pas leur trajet et n'ont pas de représentation mentale spatiale du trajet, ce qui n'est pas le cas de ceux qui n'ont pas de smartphone et qui ont préparé leur trajet. Ainsi, les sujets avec smartphone manquent d'informations sur le sens du trajet et vont passer plus de temps à consulter leur smartphone pour obtenir ces informations. Concernant l'activité « confirmer-vérifier », il a été observé que plus de 50% des prises d'informations sont dédiées à cette ACE. Le smartphone vient naturellement assouvir ce besoin de réassurance, mais entraîne également par ce biais une perte de performance du déplacement par la possibilité de multiplier les demandes de réassurance. La baisse de performance liée à l'utilisation du smartphone est surprenante. Elle peut représenter un handicap dans la conception du dispositif d'aide au déplacement envisagé dans ce travail. On peut cependant imaginer que l'ajout au smartphone d'un dispositif haptique puisse au moins compenser la baisse de performance due au smartphone et même entraîner une amélioration globale de l'aide au déplacement.

4 CONCEPTION DE L'INTERACTION : SIGNIFICATION HAPTIQUE DES FONCTIONS D'AIDE AU DEPLACEMENT

La seconde partie empirique visait à concevoir l'interaction haptique avec le dispositif d'aide, en deux étapes : élaborer le concept d'interface et concevoir le langage d'interaction. Une démarche de conception participative a été mise en œuvre, étayée par l'utilisation d'un prototype et de méthodes créatives.

4.1 Elaboration du concept d'interface

La première étape a permis de définir un concept permettant de répondre aux besoins de l'analyse de l'activité de déplacement mais prenant également en compte la réalisation technologique ainsi que les potentialités d'innovation. Le concept du dispositif est composé de trois

interfaces : un smartphone et deux interfaces haptiques, le bracelet vibrant et le viflex. Le smartphone est l'interface de commande du dispositif à travers une application mobile. Cette dernière va permettre d'une part à l'utilisateur de planifier ses trajets mais également de commander les deux autres interfaces grâce à une connexion Bluetooth. Le bracelet vibrant est constitué de huit vibreurs répartis de façon équidistante autour du poignet et va envoyer des motifs vibratoires à l'utilisateur pendant son déplacement correspondant aux informations relatives aux fonctions RASSURER, ALERTER et SIGNALER. Le viflex, est une plateforme mobile préhensible qui bascule dans les quatre points cardinaux. De façon analogue à un GPS, le viflex va permettre d'assurer la fonction GUIDER, en indiquant la direction à suivre avant chaque point de réorientation.

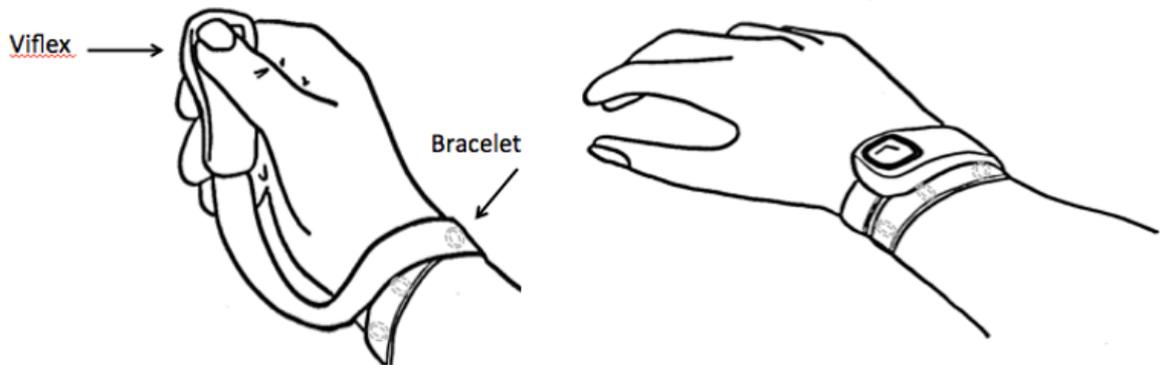


Figure 1. Vue d'artiste du concept final pour le système d'aide au déplacement Tictact, il se compose de trois interfaces : le viflex (interface haptique), le bracelet (interface haptique) et le smartphone (interface visuelle).

4.2 Conception du langage d'interaction

La seconde étape a également abouti à : (i) identifier un message informationnel approprié à chaque fonction de déplacement ; (ii) traduire ce message (par analogie) en *métaphore* ; (iii) transformer chaque métaphore en motifs vibratoires délivrés par le bracelet vibrant.

5 EVALUATION DES FONCTIONS HAPTQUES DU DISPOSITIF D'AIDE AU DEPLACEMENT PIETON URBAIN

La troisième partie empirique visait à évaluer le dispositif haptique en environnement réel. Une analyse d'activité de déplacement urbain a été menée, comparant un groupe disposant de notre prototype haptique d'aide (bracelet vibrant et viflex couplé à un smartphone) à un groupe sans prototype (smartphone uniquement). Plusieurs points ont été examinés pour savoir si ce dispositif permettait de soutenir l'activité. La performance de l'activité de déplacement avec et sans dispositif d'aide a été évaluée en terme d'efficacité et d'efficience selon des critères classiques tels que le temps de déplacement, le temps et le nombre de consultations d'un support d'information, les erreurs commises, l'allure de déplacement normale ou dégradée et l'issue de la consultation de l'information. Ces points ont été regardés de façon globale puis de manière détaillée pour chaque Activité Cognitive Élémentaire mobilisée ainsi que pour chacune des fonctions d'aide du dispositif haptique. La performance de l'activité de déplacement a également été évaluée en terme de satisfaction des participants (confort, qualité de l'aide, facilités et difficultés, etc.). Pour cela des données qualitatives ont été recueillies à travers des questionnaires et des entretiens avec les participants.

Les résultats confirment que la modalité haptique améliore les performances de déplacement en terme d'efficacité et d'efficience. La modalité haptique permet une allure de déplacement plus fluide, une diminution du temps de consultation d'un support d'information et une diminution des erreurs commises lors du déplacement. Pour les activités cognitives élémentaires identifiées comme potentiellement soutenables par la modalité haptique, les résultats montrent que la modalité permet effectivement de faciliter leur réalisation. En ce qui concerne le niveau de satisfaction, les

participants utilisant le dispositif haptique ont souligné le fait que le dispositif permettait de profiter pleinement de l'environnement et offrait la possibilité de l'observer différemment (points d'intérêts, informations culturelles) mais également d'apprécier son trajet sans avoir à se soucier de toujours se trouver dans la bonne direction.

6 DISCUSSION

Le premier enjeu de cette recherche est d'apporter de nouvelles connaissances sur l'activité de déplacement piéton urbain et sur l'utilisation de la modalité haptique pour soutenir cette activité. L'ergonome va utiliser ses connaissances en IHM, en les modélisant dans l'activité à laquelle l'interaction est destinée. La première étude a permis d'analyser l'activité de déplacement piéton urbain dans les transports en commun. L'analyse d'activité a permis de spécifier les fonctions que devaient avoir un nouveau système d'aide au déplacement utile et utilisable. Cette spécification a été obtenue à partir de l'analyse des besoins conscients exprimés par les usagers et des besoins non exprimés révélés par l'étude de l'activité. Ces besoins se sont exprimés sous forme de fonctions (guider, alerter, signaler et planifier) dont il était nécessaire de spécifier et évaluer la mise en œuvre au travers de la modalité haptique.

Le deuxième enjeu est d'ancrer la conception dans l'activité (situation écologique), et de l'inscrire dans une co-création participative, avec la contribution de l'utilisateur-cible. Après avoir spécifié les fonctions à soutenir pour l'activité de déplacement, il nous a fallu définir la forme que devait prendre l'interaction entre l'activité de déplacement et la modalité haptique. Il s'agissait de concevoir une interaction pour les fonctions identifiées comme potentiellement pertinentes à être utilisées en haptique. Les objectifs prioritaires étaient d'aboutir à une interaction ayant du sens pour l'action (utile), qui soit facile à comprendre (utilisable) et entraînant une expérience utilisateur positive, c'est-à-dire agréable à utiliser. Pour réaliser ces objectifs, le choix s'est porté vers une démarche de conception participative impliquant l'équipe de conception et un échantillon d'utilisateurs futurs.

Le troisième et dernier enjeu était de comprendre l'apport de la modalité haptique pour soutenir le déplacement piéton urbain. Cette question ne pouvait pas être étudiée sans avoir fait les démarches préalables. A travers l'analyse de la performance de l'activité de déplacement nous avons pu évaluer l'usage du dispositif haptique et ainsi explorer le potentiel d'appropriation de ce dernier (Béguin, 2007). Les résultats de ces évaluations suggèrent que l'utilisation de cette modalité sensorielle d'interaction est adaptée pour soutenir chacune des fonctions haptiques du dispositif. La performance de l'activité de déplacement est améliorée et facilitée tant d'après les données objectives que d'après les données subjectives montrant un retour très positif des utilisateurs.

7 PERSPECTIVES

Notre étude ouvre des perspectives pour l'utilisation de la modalité haptique dans diverses interfaces mobiles. Le mode vibreur de téléphone est déjà connu depuis plusieurs années pour donner des informations très simples. Le travail présenté ici montre que l'haptique peut donner des informations plus complexes et plus riches de sens. Ceci ouvre des perspectives, comme par exemple le développement de la smartwatch (montre intelligente). Cette démarche de conception de l'interaction haptique a permis également de souligner la place de l'ergonome dans le processus de conception de produit innovant. Nous avons ici l'ergonome qui se situe dans le rôle de leader de la démarche en faisant de l'analyse de l'activité la base de la conception du dispositif d'aide. Il orchestre la conception du dispositif avec les ingénieurs et rend l'utilisateur co-concepteur du dispositif à travers une démarche participative.

8 BIBLIOGRAPHIE

Allen, G. (1999). Spatial abilities, cognitive maps, and wayfinding: Bases for individual differences in spatial cognition and behaviour. Dans R. G. Golledge, *Wayfinding behavior: Cognitive mapping and other spatial processes* (pp. 46-80). Baltimore: Johns Hopkins University Press.

- Brangier, E., & Robert J.M. (2014). L'ergonomie prospective: fondements et enjeux. *Le travail humain*, 77 (1), 1-20.
- Béguin, P. (2007). Innovation et cadre sociocognitif des interactions concepteurs-opérateurs : une approche développementale. *Le travail humain*, 70 (4), 369-390.
- Elliott, L., Coover, M., Prewett, M., Walvord, A., Saboe, K., & Johnson, R. (2009). *A Review and Meta Analysis of Vibrotactile and Visual Information Displays*. Army Research Laboratory. MD: Aberdeen Proving Ground.
- Heuten, W., Henze, N., Boll, S., & Pielot, M. (2008). Tactile wayfinder: a non-visual support system for wayfinding. *Proceedings of the 5th Nordic conference on Human-computer interaction: building bridges* (pp. 172-181). Sweden: ACM.
- Jones, L., & Sarter, N. (2008). Tactile displays: Guidance for their design and application. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50 (1), 90-111.
- Raubal, M. (2001). Human wayfinding in unfamiliar buildings: a simulation with a cognizing agent. (Citeseer, Éd.) *Cognitive Processing*, 2 (3), 363-388.
- Spence, C., & Ho, C. (2008). Tactile and multisensory spatial warning signals for drivers. *IEEE Transactions on Haptics*, 1, 121-129.
- Tsukada, K., & Yasumrua, M. (2004). Activebelt: Belt-type wearable tactile display for directional navigation. *Proceedings of UbiComp2004* (pp. 384-399). Springer LNCS.
- Van Erp, J., Van Veen, H., Jansen, C., & Dobbins, T. (2005). Waypoint navigation with a vibrotactile waist belt. Dans A. T. Applied (Éd.).
- Wickens, C. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3 (2), 159-177.

Prédictibilité des systèmes et sentiment de contrôle : vers des interfaces plus agentives

Kevin Le Goff^{1,2}

kevin.le_goff@onera.fr

Arnaud Rey²

arnaud.rey@univ-amu.fr

Bruno Berberian¹

Bruno.Berberian@onera.fr

¹ ONERA Salon de Provence

Département Commande des Systèmes et Dynamique du vol
BA 701 FR-13661 Salon Cedex AIR

²Laboratoire de Psychologie Cognitive UMR 7290 Aix-Marseille Université - CNRS

Bâtiment 9 Case D,
3, place Victor Hugo, 13331 Marseille Cedex3

RÉSUMÉ

Cet article a pour objectif de proposer à la communauté de l'ergonomie un nouveau cadre théorique issu des neurosciences : l'agentivité. Ce concept correspond au sentiment que nous ressentons lorsque nous sommes en contrôle de nos actions. Nous défendons l'idée selon laquelle les principes de l'agentivité développés en laboratoire pourraient compléter les solutions existantes afin de concevoir des agents artificiels plus coopératifs. Nous illustrerons notre propos à travers la présentation de résultats mettant en évidence l'intérêt de l'application de ce concept à la problématique de la supervision de systèmes fortement automatisés.

MOTS-CLÉS

Automatisation, Prédictibilité, Agentivité, Contrôle, Acceptabilité

1 INTRODUCTION

Au cours des 50 dernières années, les mutations technologiques à l'œuvre ont profondément changé l'interaction de l'homme avec son environnement. L'influence de l'automatisation est aujourd'hui perçue dans tous les aspects de la vie quotidienne et non plus seulement dans le monde de l'industrie. Que ce soit au travail ou à domicile, nous sommes habitués à interagir avec des systèmes informatiques sophistiqués conçus pour nous assister dans nos activités. Cette automatisation a permis de rendre certains aspects de la vie plus *faciles* : en permettant aux personnes en situation de handicap d'être en mesure de se déplacer et de communiquer ; plus *rapides* : avec la généralisation de dispositifs informatisés et l'augmentation de la productivité ; et plus *sûrs* : le taux d'accidents dans l'aviation et l'industrie a baissé grâce à la mise en œuvre de ces systèmes (Norman, 1990). L'ingéniosité de ces systèmes associée aux bénéfices économiques perçus par la société masque cependant un problème fondamental : l'interposition de systèmes automatisés entre les opérateurs et les différentes tâches à effectuer a profondément modifié l'activité de l'opérateur humain et ses modalités d'interaction avec l'environnement. Ce changement, loin d'être



Les auteurs conservent les
droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

trivial, crée de nouvelles problématiques pour les personnes chargées de l'exploitation, du dépannage et de la gestion de tels systèmes.

2 AUTOMATISATION ET PERFORMANCE

L'automatisation des systèmes est classiquement considérée comme une simple substitution d'une activité humaine par la machine, raccourci nommé "*substitution myth*" (Woods & Tinapple, 1999). L'idée véhiculée par un tel raccourci est celle d'un statu quo qualitatif vis-à-vis de l'activité de l'opérateur humain. Le seul changement au regard de l'activité humaine serait d'ordre quantitatif, l'automatisation délestant l'opérateur d'une partie du travail à effectuer sans fondamentalement modifier la nature de son activité. Dans ce contexte, il ne fut pas surprenant d'observer que l'automatisation des systèmes pouvait en effet diminuer la charge de travail des opérateurs humains et augmentait leur productivité (Kaber, Onal, & Endsley, 2000).

Pourtant, de nombreux travaux semblent contredire cette affirmation et soulignent les conséquences négatives en matière de sécurité et de performance de l'approche traditionnelle de l'automatisation : diminution de la vigilance de l'opérateur (i.e., manque de sensibilité de l'opérateur à des signaux, Billings, 1991 ; Wiener, 1989), augmentation de la complaisance⁵ envers le système (Parasuraman, Molloy, & Singh, 1993 ; Singh, Molloy, & Parasuraman, 1997) et diminution de la conscience de situation ("*situation awareness*", Endsley, 1996). Ce phénomène, mieux connu sous le terme de sortie de la boucle de contrôle (« *Out Of the Loop performance problem* », Endsley & Kiris, 1995 ; Kaber & Endsley, 1997), se traduit par une série de difficultés rencontrées par l'opérateur, difficultés particulièrement visibles lors de situations d'urgence, notamment lors d'une défaillance du système automatisé nécessitant une reprise en main par l'opérateur humain. Parmi ces difficultés, on peut citer un temps de réaction plus élevé pour diagnostiquer une panne, décider si une intervention est nécessaire et pour déterminer les étapes à suivre pour rétablir la situation (Billings, 1991).

Ce problème d'efficacité lors des situations de reprise en main est un point critique dans la conception de tels systèmes. Au regard de leur caractère imparfait (la fiabilité absolue reste une chimère pour l'heure), les automatismes requièrent non seulement une supervision constante par l'opérateur humain, mais également la capacité pour cet opérateur de reprendre en main le système lors d'une situation critique. L'opérateur humain constitue alors le dernier rempart en cas d'événements imprévus. On se retrouve ainsi dans une situation pour le moins incohérente, dans laquelle les systèmes sont conçus d'une manière telle qu'ils engendrent une sortie de la boucle de contrôle de l'opérateur, diminuant ses capacités de reprise en main, tout en considérant ce même opérateur comme le garant ultime de la sécurité de ce système dans les situations les plus critiques auxquelles la technologie elle-même est incapable de répondre. En outre, l'augmentation croissante de l'autonomie de ces systèmes et de leur efficacité rendent ces situations critiques de plus en plus rares, diminuant ainsi l'occurrence de l'intervention des opérateurs humains, et renforçant par la même leur incapacité à réagir à un événement imprévu par manque d'expérience et de pratique de ces situations. Enfin, la démocratisation de ces technologies (arrivée prochaine de véhicules complètement automatisés sur nos routes) semble promettre un essor important de cette problématique dans les prochaines décennies.

3 APPROCHES CLASSIQUES DU PHENOMENE

Une approche classique de ce phénomène consiste à étudier l'impact des caractéristiques et limites de l'opérateur humain sur l'utilisation des automatismes. Au regard des difficultés rencontrées par l'opérateur, il est classiquement accepté que l'Humain est peu adapté aux tâches de monitoring (Endsley, 1996 ; Parasuraman & Riley, 1997) et différentes méthodes ont été proposées pour compenser ces difficultés. On citera par exemple la méthode d'entraînement aux aléas, qui

⁵ Le phénomène de complaisance consiste à accorder à l'assistance automatique une confiance excessive au regard de sa fiabilité. L'opérateur a alors tendance à diminuer son degré de vigilance dans la tâche.

consiste à exposer l'opérateur humain à des situations nécessitant une reprise en main lors de phases d'entraînement permettant notamment de diminuer le niveau de complaisance de l'opérateur vis-à-vis de l'automatisme (Bahner, Hüper, & Manzey, 2008; Plat & Amalberti, 2000). La solution la plus utilisée reste cependant celle du partage d'autorité (méthodes MABA-MABA⁶, "*adaptive function allocation*", voir notamment Hollnagel, 2000 ; Parasuraman, Mouloua, & Molloy, 1996). Cette méthode consiste à définir l'allocation statique (ou dynamique) des différentes fonctions à réaliser entre le ou les opérateurs et les systèmes de contrôle. Elle permet ainsi de manipuler le niveau d'automatisation des systèmes (initiée par Sheridan & Verplanck, 1978) et de partager les tâches à effectuer entre l'automatisme et l'opérateur. Cette méthodologie repose sur l'idée que le partage des tâches aura pour résultat de garder l'opérateur impliqué dans les actions du système, permettant ainsi d'améliorer les performances et la conscience de situation de cet opérateur par rapport à une simple supervision d'un système fortement automatisé (Endsley 1987 ; Endsley and Kiris, 1995). Depuis, des données empiriques sont venues confirmer cette hypothèse (Endsley, 1999 ; Kaber & Endsley, 2004 ; Kaber, Onal, & Endsley, 2000).

Si ces méthodes permettent sans conteste de limiter l'impact du phénomène de sortie de boucle, de nombreux chercheurs soulignent la nécessité de dépasser cette simple approche quantitative du problème posé par l'automatisation des systèmes (voir notamment Dekker et Woods, 2002). Dès 1990, Norman soulignait que le problème n'est pas tant la présence de l'automatisation mais plutôt son design inapproprié (voir également Hollnagel, 1999) pointant quelques années plus tard la nécessité de socialiser nos interactions avec les automatismes (Norman, 2010). Ajouter ou étendre le rôle de la machine, c'est avant tout introduire un nouvel agent dans la boucle de contrôle. Autrement dit, l'automatisation des systèmes peut être assimilée à l'ajout d'un nouveau « membre d'équipage », impliquant de nouvelles demandes en termes de coordination pour l'opérateur humain (Sarter, Woods, & Billings, 1997). De ce constat est née une seconde approche, plus récente et complémentaire à la première, qui s'est focalisée sur la coopération entre l'Homme et la Machine. La question posée par cette approche n'est plus "qui a le contrôle sur quoi et à quel point?" mais "comment pouvons-nous réaliser correctement cette tâche ensemble?". Le point crucial pour les designers est alors d'arriver à réaliser des interfaces permettant une coordination efficace entre l'opérateur et l'automatisme, pas seulement lors de situations standards et facilement prédictibles mais également lors de circonstances imprévues. Depuis, de nombreuses études se sont penchées sur la question de comment transformer l'automatisme en agent collaboratif (Christoffersen & Woods, 2002 ; Dragan, Lee, & Srinivasa, 2013 ; Hoc, 2007 ; Hoc & Carlier, 2002 ; Klein et al., 2004 ; Zimmermann et al., 2014). Nous souhaitons participer à cet effort à travers l'introduction des avancées récentes relatives aux mécanismes sous-tendant le contrôle et la compréhension de nos propres actions. En particulier, nous défendons l'idée que l'opérateur interprète les intentions et le résultat des actions produit par un système à travers son propre « outillage cognitif ». Dès lors, la compréhension de cet « outillage » pourrait permettre de proposer des principes de conception permettant de concevoir des systèmes plus coopératifs, et donc plus contrôlables.

4 CONCEVOIR DES AGENTS COLLABORATIFS : L'APPORT DE L'AGENTIVITE

Lorsque nous agissons, nous avons un sentiment clair que nous contrôlons nos propres actions et que nous pouvons ainsi agir sur l'environnement extérieur. Ce sentiment est décrit comme le "sentiment d'agentivité" ("*sense of agency*", Gallagher, 2000). Ce sentiment nous permet de discriminer naturellement les actions dont nous sommes les auteurs de celles dont nous ne le sommes pas. De nombreuses études en psychologie (Aarts, Custers, & Wegner, 2005 ; Moore,

⁶ MABA-MABA méthode - "Men are Better At – Machines Are Better At" - Méthode basée sur l'identification des « forces » et « faiblesses » supposées de chacun des agents (humain et machine) afin d'allouer à chacun les tâches qui lui conviendront le mieux.

Wegner, & Haggard, 2009), psychopathologie (Franck et al., 2001) et neurosciences (Farrer et al., 2003) se sont penchées sur les mécanismes permettant de s'attribuer ou non une pensée, des intentions ou des actions. Bien que ces mécanismes ne soient pas encore parfaitement compris, les différentes approches proposent que nous dérivions un sentiment d'agentivité grâce à des processus cognitifs comparant les conséquences prédites de nos actions avec le résultat effectif de ces mêmes actions. De manière intéressante, Élisabeth Pacherie (2012) a récemment introduit l'idée que les différents mécanismes sous-tendant le sentiment d'agentivité pour des actions individuelles sont du même ordre que ceux sous-tendant des actions effectuées en coopération. L'agentivité des actions coproduites serait donc basée sur le même principe de congruence entre les conséquences prédites et réelles des actions et notre capacité à prédire les actions de nos partenaires et leurs effets.

Nous pouvons donc imaginer que de la même manière que deux personnes travaillent ensemble, un superviseur doit être capable de prédire les actions de l'automatisme et leurs effets afin de faciliter leur coopération. Cette proposition fait écho à celle de Norman (1990) lorsqu'il explique qu'il est nécessaire d'avoir un feedback continu sur l'état du système de la même façon que deux personnes discutent entre elles lors d'une co-action. Or, les systèmes automatisés tendent à développer une cascade d'actions qui va décroître voire même éliminer cette prédictibilité, ce que Taleb appelle l'*opacité* des systèmes (Taleb, 2012). Celle-ci se traduit par une difficulté pour l'opérateur humain à percevoir les intentions du système, à comprendre son état courant et plus encore à anticiper ses états futurs. Cette opacité, déjà identifiée comme un élément central du phénomène de sortie de boucle par Norman (1990), modifie fortement notre expérience de l'agentivité. Berberian, Sarrazin, Le Blaye et Haggard (2012) ont récemment confirmé de façon empirique cette dégradation. En manipulant le niveau d'automatisation dans une tâche de supervision de pilotage d'avion, ils montrent une diminution de l'agentivité (grâce à des mesures implicite et explicite) concomitante avec une augmentation de l'automatisation. Dans ce contexte, réduire l'opacité des systèmes constitue une étape clef dans la conception d'agents artificiels plus coopératifs.

5 AGENTIVITE ET DESIGN: ILLUSTRATIONS

Notre but est d'appliquer le concept d'agentivité au domaine des interactions homme-machine et de prendre en compte le rôle des informations fournies par les systèmes automatisés dans la compréhension et le contrôle du système par l'opérateur. Comme indiqué précédemment, l'opacité du système est certainement une des causes majeures du problème de sortie de boucle. Ce constat établi (et largement partagé), la difficulté réside dans l'élaboration de principes d'échanges permettant de diminuer cette opacité : quelles sont les informations nécessaires à l'opérateur, sous quelle forme, à quel moment ? Nous faisons l'hypothèse que l'application du cadre théorique de l'agentivité permettra d'atteindre plus facilement cet objectif.

La capacité de prédiction apparaît comme un élément central dans l'élaboration du sentiment de contrôle, qu'il s'agisse d'action individuelle ou d'action conjointe (Verfaillie & Daems, 2002 ; Vesper, van der Wel, Knoblich, & Sebanz, 2011). Cette capacité de prédiction repose elle-même sur un concept central, celui de l'intentionnalité. De récentes études en neurosciences (Chambon et al., 2014 ; Wenke, Fleming, & Haggard, 2010) montrent notamment que l'agentivité dépend de la facilité avec laquelle la réponse motrice est sélectionnée au niveau cérébral. Une fluidité au niveau de la sélection de la réponse traduit la congruence entre les intentions de l'opérateur et l'action qu'il effectue, ce qui a pour effet d'augmenter le sentiment de contrôle. En ce sens, rendre accessible les intentions du système nous apparaît essentiel en vue d'optimiser le contrôle exercé par l'opérateur humain sur les systèmes technologiques. Pour ce faire, nous proposons de nous appuyer sur la théorie de l'*"apparent mental causation"* de Daniel Wegner (voir Wegner et Weatherly, 1999) qui fournit des pistes pour déterminer la nature, la forme et le timing d'un feedback approprié. Particulièrement, Wegner et Weatherly proposent trois principes permettant de "faire naître un sentiment d'agentivité". Le principe de *priorité*, de *consistance* et d'*exclusivité* traduisent le fait que lorsque nous avons une pensée (ou intention) qui émerge avant une action, que cette pensée est

consistante avec notre action et que l'action n'a pas d'autres causes alternatives possibles, alors nous ressentons le sentiment d'être l'auteur de cette action. Afin de simuler la priorité de ces pensées (ou intention), l'effet d'amorçage a souvent été utilisé. En particulier, de nombreux travaux ont montré que l'utilisation d'amorce congruente avec l'action observée entraîne une augmentation du sentiment de contrôle (voir notamment Aarts, Custers & Wegner, 2005 ; Sato, 2009).

Nous proposons d'utiliser cet effet d'amorçage dans le cadre de la supervision. Nous faisons l'hypothèse que dans un tel cadre, l'utilisation d'amorces permettrait de rendre les opérateurs "plus agents" et ainsi d'être moins affectés par ce phénomène de sortie de boucle de contrôle. Ainsi, ils seront plus rapides et plus confiants lors de reprise en main de systèmes automatisés en cas de panne. Nous avons donc réalisé deux expérimentations au cours de laquelle les participants devaient réaliser une tâche de supervision de pilotage d'avion (Le Goff, Haggard, Rey, & Berberian, submitted). Des messages "amorces" indiquant à l'opérateur quelle action allait réaliser le système (cap à gauche ou à droite) sont utilisés. Au regard des principes proposés par Wegner, les principes de priorité et de consistance sont respectés. De plus, de telles amorces devaient accroître la prédictibilité du système à superviser et ainsi augmenter le sentiment de contrôle de l'opérateur. Nous nous attendions donc à observer une augmentation du sentiment d'agentivité à travers des mesures subjectives et objectives traduisant une reconstitution de la boucle de contrôle et son efficacité à travers une meilleure reprise en main si nécessaire. Dans une première expérience, nous montrons que l'utilisation de ces amorces permet au sujet de se sentir subjectivement (reports verbaux) plus en contrôle du système à superviser. Dans la seconde expérience, nous avons testé si les sujets étaient objectivement plus performants lors de phase de reprise en main. Les résultats montrent effectivement que les sujets sont plus rapides et plus efficaces pour détecter une erreur du système. Des données oculométriques démontrent en outre une plus grande disponibilité des ressources cognitives pour réaliser une tâche en parallèle en présence de ces amorces. Ces premiers résultats montrent ainsi très clairement l'apport des principes de l'agentivité pour la conception d'interfaces plus prédictives et l'impact de cette prédictibilité sur la performance de reprise en main du système en cas d'erreur.

Le bénéfice de cet amorçage peut être rapproché des résultats déjà obtenus dans l'étude des interactions homme système pour des tâches de contrôle direct (Berberian & al. 2013 ; Koo, & al., 2014 ; Navarro & al., 2007 ; 2010). Les travaux de Navarro et al. (2007, 2010) ont notamment montré comment le "*motor priming*" pouvait améliorer significativement la conduite des participants. De manière intéressante, ces travaux ont également montré une dissociation entre l'augmentation de la performance et la diminution de l'acceptabilité. Ce résultat rejoint ceux obtenus par Damen et al. (2014), qui ont montré que les amorces subliminales augmentaient effectivement le niveau d'agentivité mais pas les amorces supraliminales qui peuvent être perçues comme intrusives. Le "*motor priming*" serait donc plus efficace au niveau implicite car il permettrait une sélection plus rapide de l'action à effectuer (Chambon et al., 2014 ; Wenke et al., 2010) mais serait moins acceptable au niveau explicite car il peut être considéré comme trop intrusif par le conducteur. Ainsi, l'agentivité pourrait donner un cadre explicatif aux résultats obtenus par Navarro et al.

5 CONCLUSION

Nous avons vu qu'en dépit de tous les avantages de l'automatisation, les difficultés rencontrées par l'opérateur humain à superviser et reprendre en main de tels systèmes demeurent un problème majeur pour notre société. Il est clairement établi que certaines de ces difficultés résultent d'une diminution de la prédictibilité des interfaces automatisées due à un accroissement de leur complexité. La création d'interfaces plus facilement contrôlables n'est pas si aisée et reste encore aujourd'hui un challenge dans le monde de l'interaction homme-système. Nous proposons un cadre théorique, celui de l'agentivité, permettant de répondre à cette problématique. L'utilisation des principes, outils et mesures issus de ce cadre théorique nous semble bénéfique à différents égards (1) pour évaluer l'influence de l'automatisation des systèmes sur le sentiment de contrôle de l'opérateur, (2) pour établir des recommandations concrètes sur la façon de concevoir des interfaces

maintenant l'opérateur dans la boucle de contrôle. Ainsi bien que de nombreuses solutions ont déjà été proposées pour améliorer le contrôle des interfaces, comme l'aide à l'anticipation ou encore une anthropomorphisation des systèmes, l'utilisation du cadre théorique de l'agentivité permettra d'évaluer leur efficacité, de les optimiser et de fournir un cadre explicatif de résultats déjà présents dans la littérature sur les interactions homme-système. Enfin, une meilleure compréhension de l'évolution de l'agentivité dans le cas des interactions avec des automatismes pourra certainement nous aider à raffiner nos modèles du sentiment d'agentivité et plus généralement nos modèles du contrôle.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Aarts, H., Custers, R., & Wegner, D. M. (2005). On the inference of personal authorship: Enhancing experienced agency by priming effect information. *Consciousness and cognition*, 14(3), 439-458.
- Bahner, J. E., Hüper, A. D., & Manzey, D. (2008). Misuse of automated decision aids: Complacency, automation bias and the impact of training experience. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(9), 688-699.
- Berberian, B., Sarrazin, J. C., Le Blaye, P., & Haggard, P. (2012). Automation technology and sense of control: a window on human agency. *PloS one*, 7(3).
- Berberian, B., Le Blaye, P., Schulte, C., Kinani, N., & Sim, P. R. (2013). Data transmission latency and sense of control. In *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics. Understanding Human Cognition* (pp. 3-12). Springer Berlin Heidelberg.
- Billings, C. E. (1991). Human-centered aircraft automation: A concept and guidelines. (NASA Tech. Memo. 103885). Moffet Field, CA: NASA-Ames Research Center.
- Chambon, V., Wenke, D., Fleming, S. M., Prinz, W., & Haggard, P. (2013). An online neural substrate for sense of agency. *Cerebral Cortex*, 23(5), 1031-1037.
- Christoffersen, K., & Woods, D. D. (2002). How to make automated systems team players. *Advances in human performance and cognitive engineering research*, 2, 1-12.
- Damen, T. G., van Baaren, R. B., & Dijksterhuis, A. (2014). You should read this! Perceiving and acting upon action primes influences one's sense of agency. *Journal of Experimental Social Psychology*, 50, 21-26.
- Dekker, S. W., & Woods, D. D. (2002). MABA-MABA or abracadabra? Progress on human-automation co-ordination. *Cognition, Technology & Work*, 4(4), 240-244.
- Dragan, A. D., Lee, K. C., & Srinivasa, S. S. (2013). Legibility and predictability of robot motion. In *Human-Robot Interaction (HRI), 2013 8th ACM/IEEE International Conference on* (pp. 301-308). IEEE.
- Endsley, M. R. (1987). The application of human factors to the development of expert systems for advanced cockpits. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 31(12), 1388-1392.
- Endsley, M. R. (1996). Automation and situation awareness. In Parasuraman, R., Mouloua, M. (Eds.) *Automation and Human Performance: Theory and Applications* (pp. 163-181). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum,
- Endsley, M. R. (1999). Level of automation effects on performance, situation awareness and workload in a dynamic control task. *Ergonomics*, 42(3), 462-492.
- Endsley, M. R., & Kiris, E. O. (1995). The out-of-the-loop performance problem and level of control in automation. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(2), 381-394.
- Farrer, C., Franck, N., Georgieff, N., Frith, C. D., Decety, J., & Jeannerod, M. (2003). Modulating the experience of agency: a positron emission tomography study. *Neuroimage*, 18(2), 324-333.
- Franck, N., Farrer, C., Georgieff, N., Marie-Cardine, M., Daléry, J., d'Amato, T., & Jeannerod, M. (2001). Defective recognition of one's own actions in patients with schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 158(3), 454-459.

- Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. *Trends in cognitive sciences*, 4(1), 14-21.
- Hoc, J. M. (2007). Human and automation: a matter of cooperation. In HUMAN 07, 277-285.
- Hoc, J. M., & Carlier, X. (2002). Role of a common frame of reference in cognitive cooperation: sharing tasks between agents in air traffic control. *Cognition, Technology & Work*, 4(1), 37-47.
- Hollnagel, E. (1999). From function allocation to function congruence. In S. W. A. Dekker & E. Hollnagel (Eds.), *Coping with computers in the cockpit*, pp. 29- 53.
- Hollnagel, E. (2000). Principles for Modeling function allocation, *International Journal of Human-Computer Studies*, 52, 253-265.
- Kaber, D. B., & Endsley, M. R. (1997). Out-of-the-loop performance problems and the use of intermediate levels of automation for improved control system functioning and safety. *Process Safety Progress*, 16(3), 126-131.
- Kaber, D. B., Onal, E., & Endsley, M. R. (2000). Design of automation for telerobots and the effect on performance, operator situation awareness, and subjective workload. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 10(4), 409-430.
- Kaber, D. B., & Endsley, M. R. (2004). The effects of level of automation and adaptive automation on human performance, situation awareness and workload in a dynamic control task. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5(2), 113-153.
- Klein, G., Woods, D. D., Bradshaw, J. M., Hoffman, R. R., & Feltovich, P. J. (2004). Ten challenges for making automation a "team player" in joint human-agent activity. *IEEE Intelligent Systems*, 19(6), 91-95.
- Koo, J., Kwac, J., Ju, W., Steinert, M., Leifer, L., & Nass, C. (2014). Why did my car just do that? Explaining semi-autonomous driving actions to improve driver understanding, trust, and performance. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJDDeM)*
- Le Goff, K., Haggard P., Rey, A., & Berberian B. (submitted). Automation technology and system predictability in supervisory task: Mediated agency : submitted to *Plos ONE*
- Moore, J. W., Wegner, D. M., & Haggard, P. (2009). Modulating the sense of agency with external cues. *Consciousness and cognition*, 18(4), 1056-1064.
- Navarro, J., Mars, F., & Hoc, J. M. (2007). Lateral control assistance for car drivers: a comparison of motor priming and warning systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 49(5), 950-960.
- Navarro, J., Mars, F., Forzy, J. F., El-Jaafari, M., & Hoc, J. M. (2010). Objective and subjective evaluation of motor priming and warning systems applied to lateral control assistance. *Accident Analysis & Prevention*, 42(3), 904-912.
- Norman, D. A. (1990). The 'problem' with automation: inappropriate feedback and interaction, not 'over-automation'. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 327(1241), 585-593.
- Norman, D. A. (2010). *Living with complexity*. Mit Press.
- Pacherie, E. (2012). The phenomenology of joint action: Self-agency vs. joint-agency. In Seemann, A. (Ed.), *Joint attention: New developments* (pp 343-389). MIT Press.
- Parasuraman, R., Molloy, R., & Singh, I. L. (1993). Performance consequences of automation-induced 'complacency'. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(1), 1-23.
- Parasuraman, R., Mouloua, M., & Molloy, R. (1996). Effects of adaptive task allocation on monitoring of automated systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 38(4), 665-679.
- Parasuraman, R., & Riley, V. (1997). Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 39(2), 230-253.
- Plat, M., & Amalberti, R. (2000). Experimental crew training to deal with automation surprises. In Sarter, N., Amalberti, R. (Eds), *Cognitive engineering in the aviation domain* (pp 287-308). Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates.

- Sarter, N. B., Woods, D. D., & Billings, C. E. (1997). Automation surprises. In Salvendy, G. (Ed), *Handbook of human factors and ergonomics second edition* (pp 1926-1943). Wiley.
- Sato, A. (2009). Both motor prediction and conceptual congruency between preview and action-effect contribute to explicit judgment of agency. *Cognition*, 110(1), 74-83.
- Singh, I. L., Molloy, R., & Parasuraman, R. (1997). Automation-induced monitoring inefficiency: role of display location. *International Journal of Human-Computer Studies*, 46(1), 17-30.
- Sheridan, T. B., & Verplank, W. L. (1978). Human and computer control of undersea teleoperators. MIT Cambridge Man-Machine System Lab.
- Taleb, N. N. (2012). *Antifragile: things that gain from disorder*. Random House Incorporated.
- Verfaillie, K., & Daems, A. (2002). Representing and anticipating human actions in vision. *Visual Cognition*, 9(1-2), 217-232.
- Vesper, C., van der Wel, R. P., Knoblich, G., & Sebanz, N. (2011). Making oneself predictable: Reduced temporal variability facilitates joint action coordination. *Experimental Brain Research*, 211(3-4), 517-530.
- Wegner, D. M., & Wheatley, T. (1999). Apparent mental causation: Sources of the experience of will. *American Psychologist*, 54(7), 480.
- Wenke, D., Fleming, S. M., & Haggard, P. (2010). Subliminal priming of actions influences sense of control over effects of action. *Cognition*, 115(1), 26-38.
- Wiener, E.L. (1989). Cockpit Automation. In Wiener, E.L., Nagel, D.C. (Eds.), *Human Factors in Aviation* (pp. 433– 459). San Diego, CA: Academic Press.
- Woods, D.D., Tinapple, D. (1999). *W3: Watching Human Factors Watch People at Work*. Presidential Address, 43rd Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society, Houston, September 28.
- Zimmermann, M., Bauer, S., Lutteken, N., Rothkirch, I. M., & Bengler, K. J. (2014, May). Acting together by mutual control: Evaluation of a multimodal interaction concept for cooperative driving. In *Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 2014 International Conference on (pp. 227-235). IEEE.

Session 3 : Activités collectives et collaboratives (2)

Etude des patterns de communications et de prise d'informations en situation de coopération multi professionnelle unilatérale pour la mise en évidence des mécanismes de synchronisation opératoire des activités

Françoise Anceaux¹, Julie Bouchel¹, Robert Bonvini², Fabienne Terrané³, Sylvia Pelayo⁴, Marc Diby³

1. UVHC, LAMIH-UMR CNRS 8201/Percotec, Mont Houy - 59313 Valenciennes Cedex
Francoise.Anceaux@univ-valenciennes.fr

2. Clinique des Grangettes et Hôpitaux Universitaires de Genève, Suisse

3. Haute Ecole de Santé HEDs, HES-SO Genève, Plateau de Champel, Genève, Suisse

4. CIC IT-EVALAB - EA2694, 59000 Lille

RÉSUMÉ

Le travail présenté ici porte sur l'étude de la coopération intégrative, verticale et horizontale, unilatérale entre professionnels de santé lors d'intervention en cardiologie interventionnelle. L'étude, dont l'objectif principal est d'analyser la manière dont les opérateurs soutenant l'activité du médecin gèrent les interférences pour lui faciliter son activité, porte sur 10 interventions qui ont été filmées et enregistrées. Les résultats montrent que l'existence d'un espace de représentation partagé semble diminuer les communications fonctionnelles et permettre aux opérateurs de se coordonner avec le médecin de manière anticipée. Différents patterns de prise d'informations ont également été identifiés, permettant d'assurer à la fois la coordination des activités et la supervision de l'évolution de la situation.

MOTS-CLÉS

Coopération unilatérale ; synchronisation ; anticipation

1 INTRODUCTION

Le travail présenté ici fait partie d'une étude plus large qui s'intéresse à la coopération multi-professionnelle entre les opérateurs (médecins, infirmier et radio technicien) intervenant lors de la réalisation de coronarographies, diagnostic et interventionnelle. Il répond à un besoin en formation des intervenants à ce que l'on a coutume d'appeler dans le domaine médical « compétences non-techniques » (Flin, Patey, Gavin, & Maran, 2010) ou, plus généralement, les « savoirs coopérer » (Hoc & Pacaux-Lemoine, 1998 ; Millot & Pacaux-Lemoine, 2014). Pour travailler avec une collaboration efficace, les chercheurs s'accordent à reconnaître qu'il est indispensable que les acteurs développent un « référentiel commun » (Hoc, 2001) ou un « common ground » (Clark, 1996). L'un des objectifs de ce travail, non traité ici, est la mise en évidence des « métaconnaissances » des différents intervenants (modèles de la tâche, langages opératoires, modèles des partenaires, etc., Hoc, 2001) de manière à aider les équipes à les développer et ce, tout en permettant que les opérateurs puissent, sur cette base, utiliser leurs compétences non techniques, ce qui représente aujourd'hui un défi pour les institutions et les professionnels quant à leur contribution à la culture de sécurité du patient. Parallèlement à cette question, il est apparu que la configuration actuelle à 4 intervenants pourrait être remise en cause pour des raisons économiques. De ce fait, l'objectif de cette présentation est de comparer le fonctionnement des équipes à 4 intervenants (classiques en Suisse) à celles à 3 intervenants. D'un point de vue fondamental, notre objectif est d'étudier les mécanismes



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

de synchronisation opératoire (Darses & Falzon, 1996) et les activités de gestion d'interférences (Hoc, 2001 ; Hélie & Loiselet, 2000) sur lesquels repose cette coopération.

2 CONTEXTE DE L'ETUDE

La cardiologie interventionnelle ou cathétérisme cardiaque est réalisée par des équipes multidisciplinaires de professionnels occupant auprès du patient des rôles différents et complémentaires et possédant des connaissances et points de vue différents sur l'activité. La situation étudiée présente des caractéristiques spécifiques. Les fonctions de chacun sont assez clairement définies dans les prescriptions : le cardiologue réalise la coronarographie, un assistant (interne ou cardio-technicien) l'assiste à la table et un cardio-technicien et un infirmier soutiennent son activité en gérant, pour le premier les ressources et informations nécessaires à la partie imagerie et, pour le second, les interventions auprès du patient et l'apport de matériel.

Le travail en équipe (teamwork) est un facteur reconnu de la sécurité des soins (Manser, 2009 ; Baker, Salas, Barach, Battles, & King, 2007) qui est influencée par la qualité des communications et la coordination au sein des équipes (Kolbe, Burtscher, & Manser, 2013). Dans le domaine médical, la plupart des travaux se sont centrés sur l'étude de coopérations duelles horizontales (médecins ou infirmiers entre eux, Grosjean & Lacoste, 1999 ; Thuilliez, Anceaux, & Hoc, 2005) ou verticales (médecins et infirmiers, Pelayo, Anceaux, Rogalski, & Beuscart-Zéphir, 2013 ; Pelayo, Loiselet, Beuscart-Zéphir, Rogalski, & Anceaux, 2010) ou encore sur le rôle de la coopération dans la fiabilisation des soins (Cook & Woods, 1994 ; Patterson, Woods, Cook & Render, 2007 ; Patel & Arocha, 2001). Or, la situation de cathétérisme est particulière parce qu'il s'agit d'une coopération augmentative, unidirectionnelle et verticale distribuée (Schmidt, 1994, 2002 ; Rogalski, 1994) qui implique que soit élaborée une « intelligibilité mutuelle » de la situation au sein de l'équipe, généralement construite par des phases « d'évaluation mutuelle critique » permettant aux acteurs de confronter leurs représentations et connaissances dans le but de faciliter l'application de l'ensemble des actions possibles et de choisir la plus adaptée (Samurçay & Delsart, 1994). Cette situation entre particulièrement bien dans le cadre de Schmidt (1994) pour lequel les humains s'engagent dans des activités coopératives dès lors qu'ils sont mutuellement dépendants dans leur travail. Cette dépendance dépasse largement le cadre du partage des ressources et implique l'articulation et la coordination des activités respectives des opérateurs d'un point de vue logique et/ou organisationnel (Rogalski, 1994).

Ce concept de coordination a été étudié par Falzon (1994) qui considère qu'elle implique une double synchronisation des activités coopératives : une synchronisation opératoire temporelle qui facilite la coordination et une synchronisation cognitive qui établit un contexte de connaissance mutuelle (Karsenty & Falzon, 1993). On retrouve également cette notion dans le modèle de la coopération cognitive de Hoc (2001) envisageant que la coopération repose sur la gestion d'interférences réalisée par les opérateurs pour faciliter le travail des autres. Dans ce cadre (figure 1), les interférences soutiennent l'idée que « *les effets des actions d'un agent sont pertinentes pour les buts d'un autre agent : c'est à dire soit qu'elles favorisent la réalisation ou le maintien de certains des buts des autres (interférence positive), soit qu'elles menacent certains buts (interférence négative)* » (Castelfranchi, 1998, p.162). Ces interférences peuvent être gérées à différents niveaux. Au niveau de la « méta-coopération », différentes formes de connaissances sont développées et utilisées pour gérer les deux autres niveaux. Elles forment une source interne pour le second niveau, le niveau du « plan », qui sous tend les activités de compréhension de la situation en créant des représentations schématiques organisées schématiquement et qui guident les activités du troisième niveau. Ce dernier, le niveau de « l'action » permet la réalisation des activités coopératives reliées d'une part à l'identification des buts des partenaires ainsi qu'à la gestion des interférences, permettant la réalisation des activités de chacun.

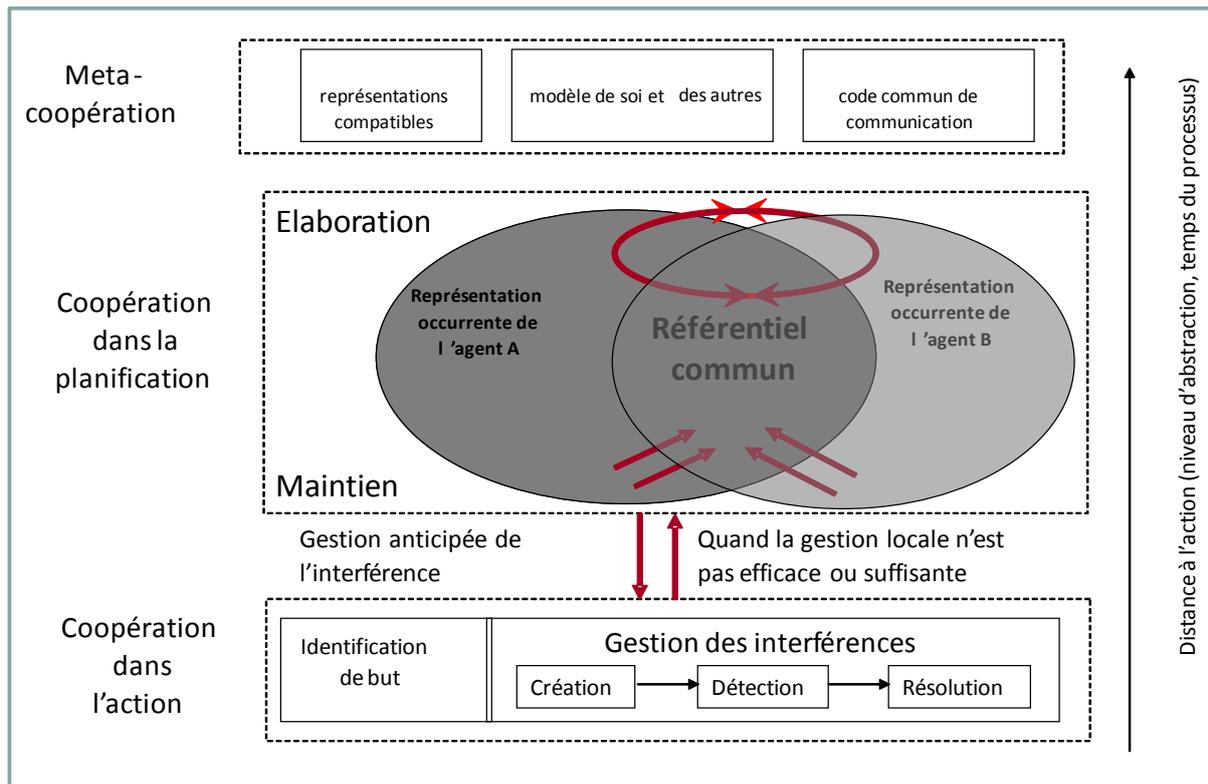


Figure 1- Architecture de la coopération d'après (Hoc, 2001) et Loiselet (Hélie & Loiselet, 2000)

Cette situation présente également la particularité de proposer aux intervenants un « espace de représentation commun externalisé » puisque le champ opératoire est ici visible par le biais des différents moniteurs qui permettent que les diverses informations sur la tâche en cours puissent ainsi être partagées par les intervenants et ce, sans nécessairement avoir besoin de communiquer. Cette espace partagé devrait en outre permettre aux opérateurs soutenant l'activité du médecin, c'est à dire l'infirmier et le cardio technicien, de gérer les interférences de manière anticipée et de synchroniser leurs activités de manière efficace.

3 METHODES

Une approche ergonomique classique a été mise en place pour la réalisation de cette étude. Les deux premières phases ne seront pas développées ici (Anceaux et al., 2013). L'observation faisant l'objet de cette communication s'est focalisée sur les phases identifiées comme centrales du point de vue des activités coopératives, les phases de diagnostic et d'intervention.

Dix coronarographies ont été observées après obtention du consentement écrit des différents patients. Les opérations observées, dites de « routines », n'ont présenté aucune complication majeure qui aurait nécessité l'intervention d'un cardiologue extérieur ou d'une équipe de réanimation. Un médecin cardiologue (le même pour l'ensemble des observations pour des raisons de contrôle de son impact sur le fonctionnement de l'équipe), un médecin interne, 3 infirmiers et 5 techniciens ont été observés. Sur les 10 interventions, 8 ont été réalisées avec la configuration habituelle à 4 intervenants et 2 seulement avec une configuration à 3 intervenants. Nous aurions souhaité mieux équilibrer cette condition, mais la répartition aléatoire sur une semaine bloquée d'observation ne l'a pas permis.

Chacune des interventions a été filmée avec deux enregistrements audio (un pour la salle et un pour le poste « technicien » qui se situe derrière une vitre plombée. 3 observateurs ont réalisé en

parallèle une observation « on line » (1) des activités de l'infirmier, (2) de celles du technicien et (3) du déroulement de la coronarographie.

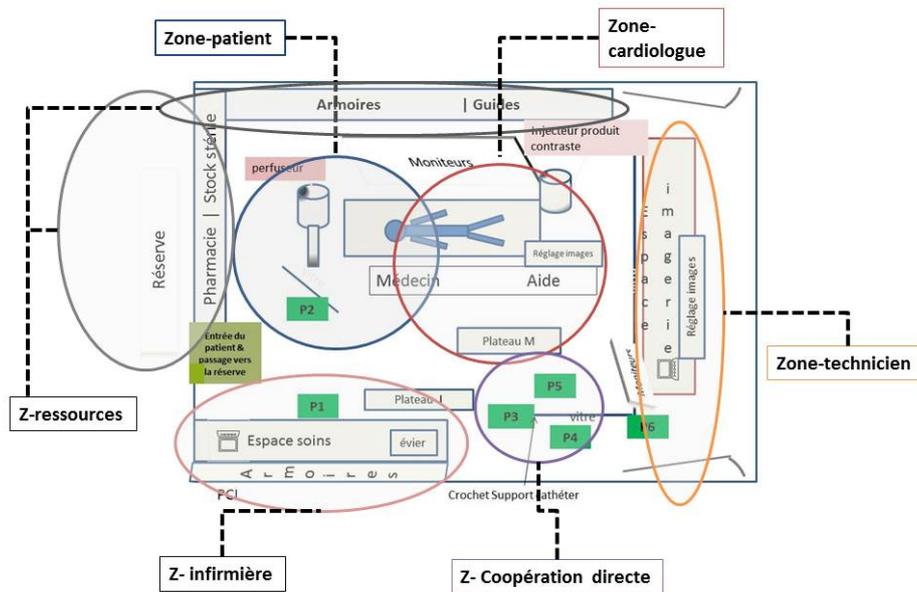


Figure 2- Plan des zones d'activité. Les points verts indiquent les positions utilisées par l'infirmier.

L'organisation spatiale de la salle est présentée dans la figure 1 qui montre le positionnement des caméras et des observateurs, ainsi que les différentes « zones » d'activité des opérateurs. Une grille d'analyse comportementale a été élaborée, permettant de réaliser une analyse quantitative des actions des opérateurs, centrée sur celles de l'infirmier et du technicien.

4 RESULTATS

Les données consistant la plupart du temps du temps en des occurrences de comportements, les comparaisons ont été réalisées à l'aide de chi carré de Pearson.

La durée moyenne des interventions observées est de 27 minutes (min 14 minutes, max 57 minutes), si seul un diagnostic est réalisé et de 79 minutes (min 61 minutes, max 123 minutes), si un traitement angioplastie est réalisé suite au diagnostic.

De manière globale, on observe dans le tableau 1, que les activités de prises d'information sont les plus représentées. On trouve ensuite les déplacements essentiellement réalisés par les infirmiers (86% des déplacements). Les communications sont également bien représentées et ce, pour moitié par le médecin. Ces résultats montrent également une représentation distribuée des activités selon les opérateurs.

Tableau 1 - Répartition des classes d'activité pour les 3 partenaires

		Infirmier		Médecin		Technicien		total classes d'activités
			% classe		% classe		% classe	
Communication	N	352	28,18	582	46,60	315	25,22	1249
	%	9,84		32,75		21,17		
Prise d'informations	N	841	50,85	41	2,48	772	46,67	1654
	%	23,52		2,31		51,88		
Déplacements	N	1309	86,57	48	3,17	155	10,25	1512
	%	36,61		2,70		10,42		
Coopération	N	206	64,98	59	18,61	52	16,40	317
	%	5,76		3,32		3,49		
Gestion Patient	N	114	82,61	21	15,22	3	2,17	138
	%	3,19		1,18		0,20		
Gestion Dispositifs Médicaux	N	319	88,37	9	2,49	33	9,14	361
	%	8,92		0,51		2,22		
Gestion Environnement Travail	N	182	78,79	5	2,16	44	19,05	231
	%	5,09		0,28		2,96		
Gestion Dossier	N	253	68,94	0	0,00	114	31,06	367
	%	7,07		0,00		7,66		
Gestion Opératoire (Med)	N	0	0,00	1012	100,00	0	0,00	1012
	%	0,00		56,95		0,00		
total activités/opérateur		3576		1777		1488		6841

Le tableau 2 montre quant à lui que le nombre d'intervenants dans l'équipe a une influence sur la répartition des activités de l'infirmier ($\chi^2=48.54$, $p<.0001$). Le nombre de communications augmente, ainsi que les activités de gestion de dossier, ce qui est normal puisque le technicien, qui s'en occupe dans les configurations à 4 ne peut pas le faire. A l'inverse, la quantité de déplacements et de prises d'informations diminue.

Tableau 2- Répartition des classes d'activités de l'infirmier selon le nombre de partenaires

	Gestion Patient	Déplacements	Coopération	Communications	Gestion Dispositifs Médicaux	Prise d'informations	Gestion Environnement Travail	Gestion Dossier	Totaux Ligne
équipe à 3 intervenants	17	158	39	73	41	85	27	61	501
	3,39	31,54	7,78	14,57	8,18	16,97	5,39	12,18	
équipe à 4 intervenants	99	1151	172	305	295	771	170	201	3164
	3,13	36,38	5,44	9,64	9,32	24,37	5,37	6,35	
Ts Grpes	114	1309	206	352	319	841	182	253	3576

4.1 Coopération unilatérale et communications verbales

1249 communications ont été observées, soit 18% des comportements codés. Si le médecin est le plus important émetteur de communications verbales (47%), les deux autres opérateurs en émettent à parts quasiment égales.

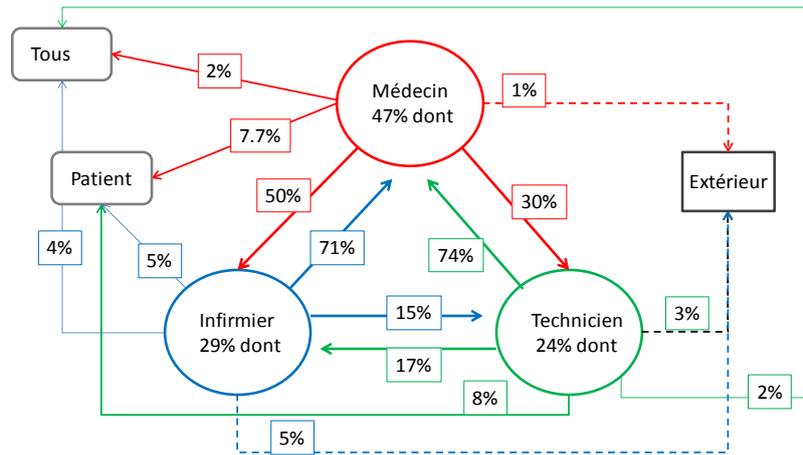


Figure 3- Ensemble des communications émises durant l'observation vidéo.

Comme on peut s'y attendre, on observe dans la Figure 3 que les communications sont essentiellement réalisées entre les partenaires, mais de manière différente. 80 % des communications du médecin vont vers l'infirmier (50%) et le technicien (30%). Les communications avec le premier sont dans plus de 60% des cas des demandes, alors qu'elles ne représentent que 20% des communications du médecin avec le technicien, avec lequel 40% des communications sont des réponses. L'infirmier, pour sa part, communique surtout avec le médecin (71% de ses communications) ; plus d'un tiers de ces communications sont des réponses et 20% des annonces. Enfin, de même que l'infirmier, le technicien communique essentiellement avec le médecin (74%), ces communications étant réparties entre les différentes visées. Les communications entre l'infirmier et le technicien sont dans 50% des cas des discussions.

Il est intéressant de noter que globalement, les partenaires se posent peu de questions les uns aux autres (12 % de l'infirmier et 17% du technicien vers le médecin, le médecin n'en posant que très peu – 8% vers l'infirmier et 11% vers le technicien). Pour ces deux derniers partenaires ; près d'un tiers des questions posées sont orientées vers le patient.

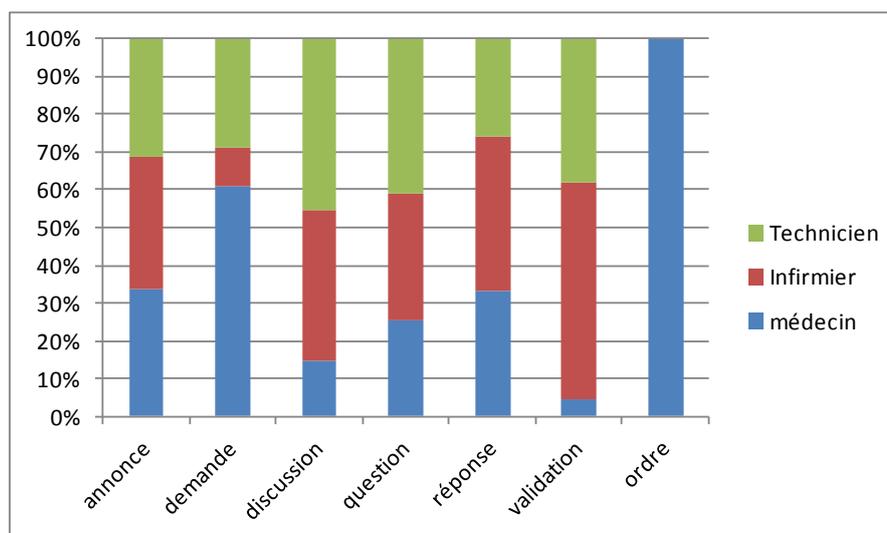


Figure 4 - Répartition des visées de communication selon les rôles professionnels.

Cette répartition différente ($\chi^2=49.06$, $p<.0001$) des visées des communications des partenaires est bien mise en évidence dans la Figure 4. Le médecin émet un nombre important de demandes ainsi que quelques ordres, alors que l'infirmier émet à part quasi égale des réponses, des annonces et des discussions et que le technicien est celui dont les communications se répartissent entre les

différentes visées. On note que les 3 intervenants font des annonces de manière à peu près équivalente.

Dans le tableau 2, apparaît une augmentation des communications de l’infirmier dans la configuration à 3 partenaires. Cette augmentation est due à une très forte surexpression des communications de l’infirmier avec le médecin (87% à 3 vs. 57% à 4), associée à une diminution des communications avec le technicien (4% vs. 26%) qui ne joue pas le même rôle dans les deux situations. La répartition des différentes visées dans les communications de l’infirmier au médecin ne change pas. Par contre, les discussions entretenues avec le technicien disparaissent quasi totalement.

4.2 Coopération unilatérale, synchronisation et prises d’informations

Avant de s’intéresser aux prises d’informations des acteurs, nous présentons quelques données sur les positions et déplacements des acteurs dans la mesure où ils sont liés avec les prises d’informations, en particulier celles de l’infirmier.

4.2.1 Les positions et déplacements

Les positions de l’infirmier et du technicien dans la salle de cathétérisme permettent de distinguer l’usage de l’espace par les acteurs et son partage (Figure 5). L’infirmier est positionné 36% du temps dans sa zone propre et le technicien 29% du temps. En dehors de ces positionnements, l’infirmier est le plus souvent dans les zones de coopération directe et dans la zone patient (cf. Figure 2) alors que le technicien est dans la zone médecin et dans la zone infirmier. Le médecin se déplace rarement et, quand il le fait, c’est dans la zone infirmier pour soutenir son activité et expliquer la situation.

Pour ce qui concerne plus spécifiquement l’infirmier, on constate dans le tableau 2 que ses déplacements sont un peu moins nombreux dans la configuration à 3 intervenants (31%) que dans celle à 4 (36%). La répartition de ses positions est également différente ($\chi^2=66.98$, $p<.00001$) ; en effet, l’infirmier est un peu plus souvent dans sa zone (resp. 40% vs 37%), dans la zone médecin (7.5% vs. 3%) et dans la zone de coopération directe (30% vs. 23%). A l’inverse, il est nettement moins souvent dans la zone patient (11% vs. 24%).

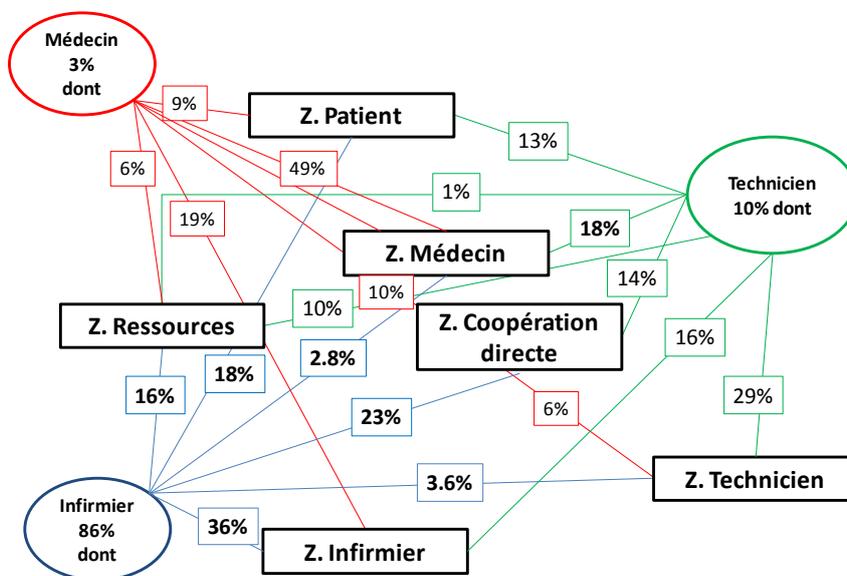


Figure 5 - Répartition des déplacements des différents acteurs médecin, infirmier et technicien vers les zones de destination.

4.2.2 Les prises d'informations

La prise d'informations est une activité centrale de l'infirmier et du technicien (resp. 51% et 47%, cf. tableau 1). Pour ces deux opérateurs, des patterns spécifiques de prises d'informations ont pu être mis en évidence et ce, en tenant compte des croisements des comportements de prise d'informations avec les sources d'informations, avec les positions et/ou des déplacements au cours desquels ils sont émis, ainsi que leur caractère ponctuel ou maintenu.

L'activité du technicien étant centrée sur la gestion des images à destination du médecin, on observe, dans la Figure 6, une importante activité de « surveillance » des images, orientée vers l'ensemble de ses postes informatiques. Les activités de « consultation » portent essentiellement sur les dossiers, papiers et informatiques et répondent souvent à des demandes du médecin ou de l'infirmier. Enfin, on observe que le technicien jette régulièrement des coups d'œil au médecin.

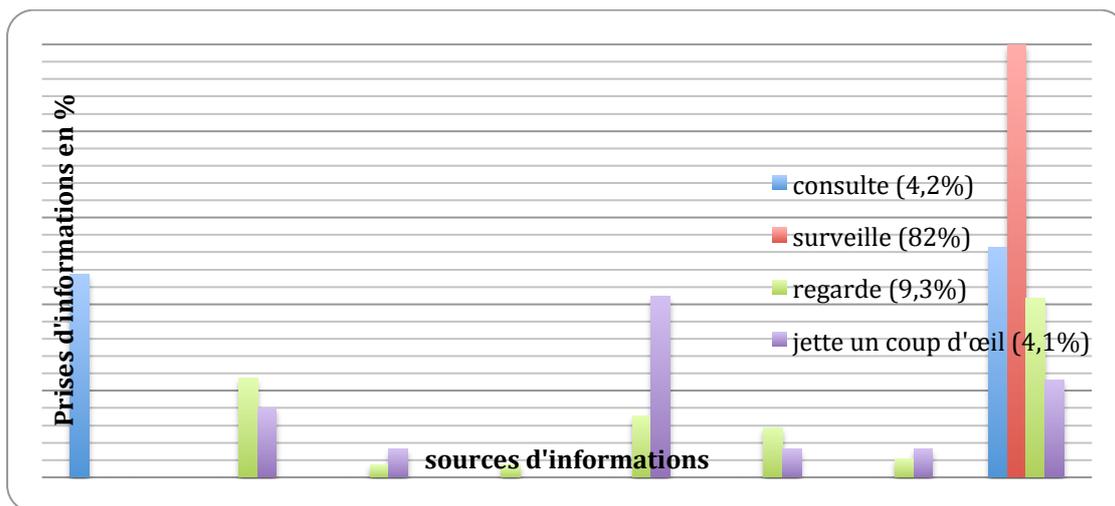


Figure 6 - Répartition des sources d'information du technicien pour les patterns « surveillance », « consulter », « jeter un coup d'œil » et « regarder ». (NB : PCT : postes informatiques de contrôle du technicien)

Chez l'infirmier, 3 comportements de prise d'informations ont été identifiés, dont les répartitions sont mises en évidence dans la Figure 7. Les consultations (8% des prises d'informations) portent pour la quasi-totalité sur les dossiers patients. Les deux autres comportements forment la majorité des prises d'informations avec 51% de « regarde » et 41% de « jette un coup d'œil ». Ces deux comportements ont été distingués par le fait que les « jette un coup d'œil » sont généralement « isolés » dans l'enchaînement et se déroulent pour une bonne partie en parallèle de déplacements (37%). A l'inverse les « regarde » forment en général des séquences.

Ils semblent donc former deux patterns de prise d'informations ayant chacun une fonction spécifique, ce qui est confirmé par les sources d'informations sur lesquels ils se portent (Figure 7) : les « jette un coup d'œil » se répartissent sur les différentes sources d'informations identifiées, alors que les « regarde » sont, pour plus de 70% orientés vers les moniteurs.

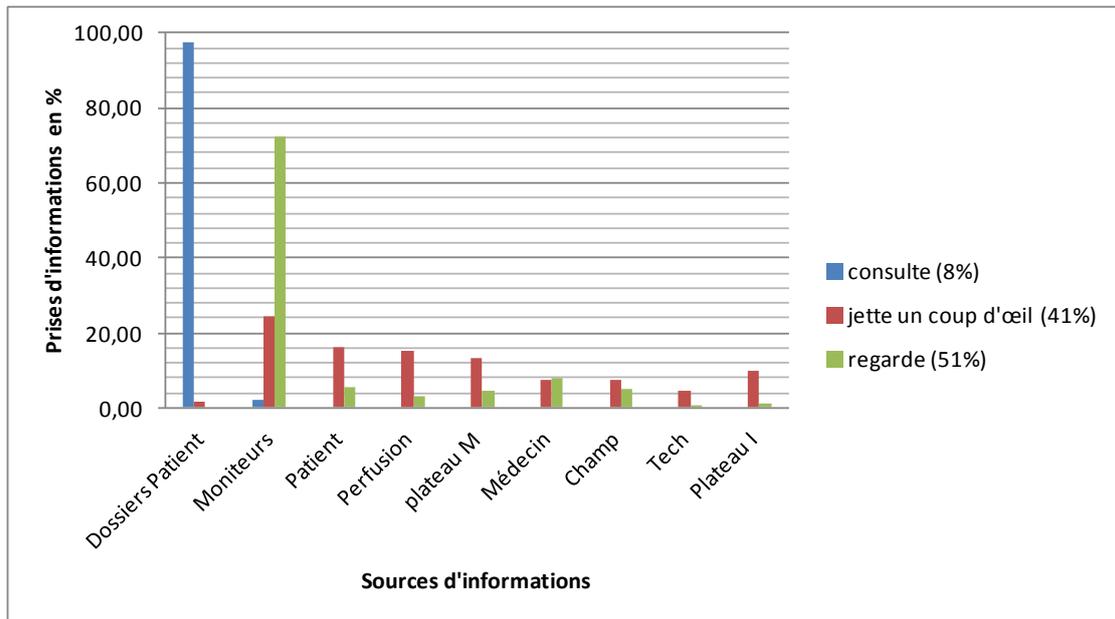


Figure 7- Répartition des sources d'information de l'infirmier pour les patterns « consulter », « jeter un coup d'œil » et « regarder ».

Si l'on compare maintenant les activités de prise d'informations des infirmiers en fonction des configurations à 3 ou 4 opérateurs, on note quelques différences intéressantes. De manière globale, les prises d'informations diminuent en situation à 3 intervenants (cf. tableau 2, 17% vs. 25%).

Tableau 3 : Répartitions des sources d'informations lors des activités de prise d'informations en fonction du nombre d'intervenants

		Dossiers Patient	Moniteurs	Patient	Perfusion	plateau M	Médecin	Champ	Technicien	Plateau I
équipe à 3 intervenants	consulte	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	jette un coup d'oeil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	80,00	0,00	0,00	20,00
	regarde	0,00	68,63	7,84	1,96	9,80	7,84	1,96	0,00	1,96
équipe à 4 intervenants	consulte	94,12	5,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	jette un coup d'oeil	2,61	20,87	16,52	22,61	15,65	8,70	6,96	0,87	5,22
	regarde	0,00	75,89	5,36	1,34	3,57	7,14	5,80	0,45	0,45

Comme le montrent les résultats présentés dans le tableau 3, les répartitions des sources d'informations pour les activités de consultation et les regards ne sont pas modifiées (resp. $\chi^2=6.06$ et $\chi^2=7.19$) et portent toujours pour les premières essentiellement sur les dossiers et pour les secondes sur les moniteurs. Par contre, la distribution des sources d'informations des « jette un coup d'œil » est fortement modifiée ($\chi^2=152.51$, $p<.00001$) puisqu'alors qu'avec 4 intervenants, les coups d'œil sont répartis sur l'ensemble des sources d'informations, avec 3 intervenants, ils sont focalisés sur le médecin et leur plateau.

4.3 Discussion des résultats

Les résultats présentés ci avant confirment la très forte distribution des activités entre les différents partenaires. L'activité principale du médecin étant d'intervenir directement sur les

coronaires avec les cathéters, ses activités sont marquées par une importante composante motrice, non étudiée ici, et de nombreuses communications avec les autres intervenants.

Les communications représentent environ 1/6 des comportements des différents opérateurs. Cette relativement « petite » proportion peut en partie être expliquée par le fait que, contrairement à beaucoup de situations de coopération, il existe ici une « représentation commune externalisée », formée par l'ensemble des moniteurs qui renseignent à la fois sur l'évolution de l'intervention et sur l'évolution de l'état du patient. Nous avons noté que c'est le médecin qui communique le plus avec ses partenaires et ce, pour émettre des demandes à l'infirmier et des réponses au technicien, ce qui montre bien, d'une part le caractère unilatéral de la coopération et, d'autre part, la distribution des activités de chaque membre de l'équipe. Il est intéressant de noter qu'il émet très peu « d'ordres », ce qui semble être un indicateur du fonctionnement « fluide » de la coopération. Les 3 acteurs émettent quasiment à parts égales des annonces dont le but est généralement de maintenir le référentiel commun des partenaires, sur des actions non visibles sur les moniteurs.

Les données relatives aux activités de prise d'informations semblent montrer, pour le technicien et l'infirmier, l'existence de patterns différents. Le technicien a une activité centrée sur la mise au point des images pour le médecin. De ce fait, il focalise ses prises d'informations sur ses moniteurs, prises d'informations qui lui permettent de suivre la progression du cathéter et ainsi d'anticiper sur les besoins du médecin. Cette anticipation est mise en évidence à la fois par les verbalisations « *mon boulot, c'est de donner les bonnes images, au bon moment sans que le médecin n'ait à les demander* » et également, par le fait que le médecin émet peu de demandes au technicien par rapport à l'infirmier. Ses coups d'œil au médecin lui servent à « *vérifier que tout va bien* ».

Les infirmiers, quant à eux, mettent en œuvre 2 patterns distincts de prise d'informations. Lorsqu'ils « jettent un coup d'œil », ils prennent des informations sur les diverses sources leur permettant de contrôler et superviser la prise en charge du patient et ce, tout en se déplaçant et en réalisant d'autres actions en parallèle. Dans les entretiens post observations, cette activité est expliquée par la nécessité de « *vérifier que tout est OK* » et, en particulier, le patient. Lorsqu'ils « regardent », ce sont essentiellement les moniteurs, montrant les actions du médecin, qui sont regardés. Ce pattern montre que l'infirmier « attend » le bon moment pour synchroniser ses activités avec celles du médecin (« *je regarde le moniteur pour voir où il est, puis ses mains et je me mets derrière lui avec le stent* »).

Les comparaisons entre les configurations à 3 et 4 intervenants montrent que les communications de l'infirmier avec le médecin augmentent de manière importante dans la configuration à 3 intervenants et ce, sans changement significatif du pattern de communications. En même temps, il apparaît que l'infirmier se déplace moins et se positionne de manière prioritaire près du médecin, dans sa zone ou dans la zone de coopération et ce, en allant moins souvent voir le patient, ce qui montre bien une modification de ses activités, avec une supervision moindre du patient. Cette diminution des activités de supervision est également mise en évidence par la modification des activités de prise d'informations, avec une diminution significative des activités de « jette un coup d'œil » (7.8% vs 31% des activités de prise d'informations), ainsi qu'une modification des sources d'information sur lesquelles portent ces activités de prise d'informations. En effet, dans la configuration à 3 intervenants, il semble que cette diminution globale soit due à une disparition des prises d'informations de supervision (coups d'œil sur les moniteurs, le patient et les dispositifs médicaux) pour se focaliser sur le seul médecin. A ce propos, les infirmiers (de même que les technicien et le médecin) nous ont précisé qu'ils « *fonctionnent en réactif* », « *n'arrivent pas à anticiper* » et « *s'occupent moins du patient* ».

5 CONCLUSION

En conclusion, il apparaît que ces premiers résultats mettent en évidence des caractéristiques spécifiques de cette coopération unilatérale, en particulier la complémentarité des activités des différents intervenants ainsi que la distribution des informations servant au contrôle des activités.

Nous avons également pu montrer que le nombre d'intervenants impactait de manière importante la répartition fonctionnelle des activités des infirmiers. En situation « nominale », c'est à dire avec 4 intervenants, les infirmiers, sur la base de leurs connaissances et métaconnaissances, en particulier les modèles des partenaires et de la tâche (Hoc, 2001), réalisent une grande partie de leurs activités de manière anticipée et ce, de la manière pointée par Xiao (1997), en préparant les dispositifs médicaux et en modifiant l'environnement. De ce fait, la gestion des interférences (Hoc, 2001) ou la synchronisation opératoire (Falzon, 1994) est très souvent réalisée sans même de communications fonctionnelles, ce qui est renforcé ici par l'existence de l'espace partagé de représentation du déroulement de l'intervention. A l'inverse, la situation à 3 intervenant les met dans une position difficile qu'ils qualifient généralement de « *risquée en terme de sécurité pour le patient* ». Il apparaît ainsi une centration sur les activités « opératoires » avec un maintien des synchronisations opératoires permettant la coordination des activités de l'infirmier avec celles du médecin, mais une quasi disparition des activités de supervision qui lui permettent à la fois de vérifier le bon déroulement de l'intervention et d'anticiper sur les besoins du patient, par le biais de l'identification des buts du médecin (Hoc, 2001). Les analyses ultérieures, centrées sur les patterns comportementaux, devraient nous permettre d'analyser plus finement ces comportements d'anticipation, ainsi que les activités de gestion d'interférences des partenaires.

6 REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les responsables du service de Cardiologie Interventionnelle de l'Hôpital Universitaire de Genève qui nous ont permis de réaliser cette étude dans leur service. Nous remercions également les opérateurs de ce service qui se sont prêtés à nos observations et ont accepté notre présence durant des semaines. Enfin, le premier auteur remercie la direction scientifique de la Haute Ecole de Santé de Genève (Laurence Seferdjéli et Clara James) qui, en lui permettant d'être professeure invitée durant 6 mois, a soutenu la réalisation de ce projet.

7 REFERENCES

- Anceaux, F., Bouchel, J., Pelayo, S., Bernonville, S., Bonvini, R., Seferdjeli, L. Terrané, F., Diby, M.. (2013). *L'analyse de la tâche effective, un support de l'intervention et de la recherche ergonomiques*. In C. van de Leemput, C. Chauvin, & C. Hellemans (Eds.), *Activités humaines, Technologies et Bien-être: Actes du 7^e colloque de psychologie ergonomique, EPIQUE 2013* (pp. 27-32). Paris: Arpege Science Publishin
- Baker, D. P., Salas, E., Barach, P., Battles, J., & King, H. (2007). The relation between teamwork and patient safety. In P.Carayon (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics in Health Care and Patient Safety* (pp. 259-273). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Castelfranchi, C. (1998). Modelling social action for AI agents. *Artificial Intelligence*, 103, 157-182.
- Castelfranchi, C. (2001). The theory of social functions: challenges for computational social science and multi-agent learning. *Journal of Cognitive Systems Research*, 2, 5-38.
- Clark, H. H. (1996). *Using language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cook, R. I. & Woods, D. D. (1994). Operating at the sharp end: The complexity of human error. In M.S.Bogner (Ed.), *Human Error in Medicine* (pp. 255-310). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Darses, F. & Falzon, P. (1996). La conception collective: une approche de l'ergonomie cognitive. In G.de Terssac & E. Friedberg (Eds.), *Coopération et conception* (pp. 123-135). Toulouse, F: Octarès.
- Falzon, P. (1994). Dialogues fonctionnels et activité collective. *Le Travail Humain*, 57, 299-312.
- Flin, R., Patey, R., Glavin, R., & Maran, N. (2010). Anaesthetists' non-technical skills. *Br.J Anaesth.*, 105, 38-44.
- Grosjean, M. & Lacoste, M. (1999). *Communication et intelligence collective: le travail à l'hôpital*. Paris: P.U.F., Le Travail Humain.

- Hélie, P. & Loiselet, A. (2000). Human-human cooperation in airborne combat system: Designing CSCW assistances. 6th S.E. Ergonomics Society Conference and 4th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction. [Paper presented at]. Singapore, Nov.
- Hoc, J. M. (2001). Towards a cognitive approach to human-machine cooperation in dynamic situations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 54, 509-540.
- Karsenty, L. & Falzon, P. (1993). L'analyse des dialogues orientés tâche: introduction à des modèles de la communication. In F. Six & X. Vaxevanoglou (Eds.), *Les aspects collectifs du travail* (pp. 107-118). Toulouse, F.: Octarès.
- Kolbe, M., Burtscher, M. J., & Manser, T. (2013). Co-ACT--a framework for observing coordination behaviour in acute care teams. *BMJ Qual.Saf*, 22, 596-605.
- Manser, T. (2009). Teamwork and patient safety in dynamic domains of healthcare: a review of the literature. *Acta Anaesthesiol.Scand.*, 53, 143-151.
- Millot, P. & Pacaux-Lemoine, M. P. (2014). Coopération homme-machine et Situation Awareness. In P. Millot (Ed.), *Ergonomie des systèmes homme-machine: conception et coopération* (pp. 349-378). Paris: Hermès.
- Patel, V. L. & Arocha, J. F. (2001). The nature of constraints on collaborative decision making in health care settings. In E. Salas & G. A. Klein (Eds.), *Linking expertise and naturalistic decision making* (pp. 383-405). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Patterson, E. S., Woods, D. D., Cook, R. I., & Render, M. L. (2007). Collaborative cross-checking to enhance resilience. *Cognition, Technology and Work*, 9, 155-162.
- Pelayo, S., Anceaux, F., Rogalski, J., & Beuscart-Zéphir, M. C. (2013). Impact of CPOE implementation vs. organizational determinants on doctors-nurses communications and cooperation: revisiting the evidence. *International Journal of Medical Informatics*, 80, e321-e330.
- Pelayo, S., Loiselet, A., Beuscart-Zéphir, M. C., Rogalski, J., & Anceaux, F. (2010). Proposition méthodologique pour l'analyse de la coopération dans une planification distribuée des actions. *Le Travail Humain*, 73, 361-383.
- Rogalski, J. (1994). Formation aux activités collectives. *Le Travail Humain*, 57, 425-443.
- Samurçay, R. & Delsart, F. (1994). Collective activities in dynamic environment management: functioning and efficiency. *Le Travail Humain*, 57, 277-296.
- Schmidt, K. (1994). Cooperative work and its articulation: requirements for computer support. *Le Travail Humain*, 57, 345-366.
- Schmidt, K. (2002). Remarks on the complexity of cooperative work. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 16, 443-485.
- Thuilliez, H., Anceaux, F., & Hoc, J. M. (2005). Rôle de l'opérateur et du statut fonctionnel des informations lors de la prise d'informations dans le processus d'anesthésie. *Le Travail Humain*, 68, 225-252.
- Xiao, Y., Milgram, P., & Doyle, D. J. (1992). Off-loading, prevention, and preparation : planning behaviours in complex systems management. In *Proceedings of the 25th Annual Conference of Human Factors Association of Canada* (pp. 193-200). Mississauga, Ontario: Human Factors Association of Canada.

Eléments de construction d'un référentiel commun : Configurations d'acteurs et d'actions lors de la gestion collective d'une alerte épidémiologique

Liliane Pellegrin¹²

CESPA Service de Santé des Armées & SESSTIM UMR 912, Aix-Marseille Université
GSBD Marseille Aubagne, 111 avenue de la Corse BP 40026, 13568 Marseille cedex 02
liliane.pellegrin_chaudet@univ-amu.fr

Hervé Chaudet²

SESSTIM-UMR 912, Aix-Marseille Université
Faculté de Médecine 27, bd Jean Moulin, 13385 Marseille cedex 05
herve.chaudet@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

Cette communication présente des travaux effectués dans le cadre d'études de la gestion d'une alerte épidémiologique précoce par une équipe de médecins experts. Nous nous sommes intéressés à certains aspects des activités collectives au sein de cette petite équipe d'experts à savoir la construction possible d'actions coordonnées entre les acteurs au cours de la résolution. Notre questionnement portait sur les actions jointes comme une des composantes « observables » des activités de construction et de maintien d'un référentiel commun au sein d'un collectif de travail. Afin de pouvoir y répondre, un premier jeu d'observations recueillies lors de la résolution d'une alerte a été analysé de façon descriptive. Il semblerait que les actions jointes participent bien à la mise en œuvre d'activités qui seraient des supports à la construction d'un référentiel commun mais aussi à la coordination de des actions des opérateurs, individus ou groupes.

MOTS-CLÉS

Situation médicale complexe, actions jointes, référentiel commun, COFOR, prises de décisions expertes, activités collectives

1 INTRODUCTION

Dans le contexte professionnel de la surveillance épidémiologique, que ce soit en milieu civil ou militaire, une des activités importante consiste à évaluer la réalité d'un événement épidémiologique, celui-ci étant suspecté d'être d'ampleur suffisante pour être considéré comme une menace potentielle. Ce type d'événement est généralement décrit par les experts comme « alarme épidémiologique » dont les composantes doivent être analysées, évaluées afin d'en déterminer la réalité afin de pouvoir ensuite confirmer ou non le risque pour la population surveillée et prendre les mesures nécessaires de sauvegarde. Cette étape d'analyse de la situation permettant la transition d'une alarme en « alerte » épidémiologique est fondamentale car non seulement, elle confirme l'état dégradé ou non de la situation (l'émergence d'une épidémie) mais aussi elle doit en identifier les caractéristiques, les éléments-clefs permettant de construire un ensemble de réponses appropriées. Ces deux activités, s'assurer qu'il s'agit bien d'une épidémie et construire les contre-mesures, sont ainsi concomitantes et reposent fondamentalement sur une troisième, majeure, qui est la recherche d'éléments pertinents pour la construction d'une représentation cohérente de la situation en cours et de son évolution probable. Vu la complexité de la situation et ses multiples



Les auteurs conservent les
droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

contraintes (temporelles, spatiales, organisationnelles et médicales), une équipe est constituée pour accomplir cette tâche pendant la durée nécessaire à sa résolution. La composition de cette équipe comprend des experts en santé publique et épidémiologie comme noyau central et acteurs principaux de la situation et eux-mêmes feront appel à d'autres acteurs de l'organisation (experts médicaux, décideurs..) concernée si cela s'avère utile. Cette équipe est donc temporaire et partiellement distribuée puisque les intervenants extérieurs sollicités sont géographiquement délocalisés sur l'ensemble d'un territoire. Bien que l'on retrouve ces éléments communs dans la gestion d'une alerte épidémiologique, chaque structure de surveillance a sa propre organisation interne et fait appel à des éléments organisationnels spécifiques. Ainsi l'INVS –Institut National De Veille Sanitaire- n'est pas strictement identique au CESP –Centre d'Epidémiologie et de Santé Publique des Armées- ou d'autres organisations comme les réseaux sentinelles INSERM, dont la grippe ou les réseaux d'épidémiosurveillance en santé animale (PNESA) par exemple. Il en est de même au niveau européen et international, que ce soit dans un contexte civil ou militaire.

Dans le contexte de la gestion « adéquate » de la situation épidémiologique, les opérateurs vont non seulement construire une représentation individuelle de cette situation mais aussi participer à la construction d'une représentation partagée permettant une analyse optimale des éléments informationnels, de leur pertinence, pour évaluer la plausibilité du phénomène épidémique. Celle-ci doit être considérée comme acceptable par l'ensemble des acteurs pour que, d'une part la décision de confirmation de l'épidémie soit prise, et que d'autre part les dispositions sanitaires adéquates soient construites en cohérence avec les éléments de la situation. Les médecins experts qui composent l'équipe ont ainsi en charge la gestion collective de cette situation, que l'on peut décrire comme complexe, fondée sur des éléments informationnels incertains, évolutive et non directement accessible. On est donc dans un contexte connu en psychologie ergonomique, d'activités de compréhension et de prise de décisions en situation complexe. Ces professionnels vont mettre en œuvre des activités individuelles et collectives pour accomplir les tâches nécessaires permettant d'atteindre les buts, les objectifs requis.

A ce collectif de travail correspond des buts partagés, des actions individuelles et collectives, des processus de régulations interindividuelles et un référentiel commun. Cette notion est issue de la psychologie ergonomique (Leplat, 1991, De Terssac & Chabaud, 1990), du courant NDM (Cannon-Bowers et al. 1993, Cooke et al. 2000) mais aussi de la sémantique cognitive et conversationnelle par le « common ground » ou socle commun (Clark & Brennan, 1991). Selon Hoc (2001), les concepts de référentiel commun et socle commun sont proches et l'on trouve l'équivalent dans d'autres disciplines comme « le savoir mutuel » en linguistique ou encore « les connaissances jointes » en Intelligence Artificielle. Le référentiel commun serait une forme de synchronisation cognitive ayant pour objectif d'établir un contexte de connaissance mutuelle, complémentaire d'une synchronisation opératoire qui elle, assurerait la planification des actions et leur répartition entre les différents acteurs lors d'activités collectives (Darses & Falzon, 1996). Barthes & Quiennec (1999) notent que la construction d'un référentiel commun s'élabore essentiellement par des actions jointes de communication entre les acteurs en regroupant connaissances, croyances, hypothèses mutuelles, essentielles pour une communication réussie entre des personnes. Ils considèrent que ce référentiel commun se construit par l'instanciation d'actions collectives des opérateurs : « les actions jointes ». Pour instancier une action jointe, les actions individuelles des participants doivent être coordonnées pour produire un effet attendu (Clark, 1996). Ce qui implique coordonner le *contenu* – c'est à dire ce que les participants ont l'intention de faire- et coordonner le *processus* –comment ils vont effectivement coordonner leurs actions individuelles pour produire l'effet joint désiré. Les actions jointes se fondent ainsi sur des croyances, intentions communes et un plan commun (Klein et al. 2005). Le plan commun détermine les actions de chacun, conditionne les échanges entre opérateurs et structure de façon sous-jacente la délégation des tâches entre les acteurs (Hulstijn & Maudet, 2006). Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à certains aspects des activités collectives au sein d'une petite équipe d'experts à savoir la construction possible d'actions coordonnées entre les acteurs (qui fait quoi avec qui) en observant la composition de « sous-groupes » non permanents

constitués au cours de la résolution d'une tâche complexe. Nous faisons l'hypothèse que les actions jointes sont une des composantes « observables » des activités de construction et de maintien d'un référentiel commun au sein d'un collectif de travail.

Une activité collective se décrit comme une activité impliquant des opérations exécutées par plusieurs agents, qui se décline sous trois formes différentes : la coordination, la coopération et la communication entre les opérateurs/acteurs. Les actions jointes s'insèrent dans l'activité de coordination : elles s'instancient lorsqu'un but à atteindre en commun est identifié par des acteurs, qu'un plan est mis en œuvre pour l'atteindre ainsi que la répartition des actions participatives entre les acteurs, conséquence de l'allocation des tâches. Les actions jointes s'insèrent donc dans l'activité de coordination car elles ont besoin d'un plan et d'une allocation des sous-tâches entre les opérateurs.

Considérant que nous avons les éléments suivants à notre disposition lors d'observations, les acteurs impliqués dans l'action (individus ou groupes) et leurs actions, trois patterns d'actions possibles peuvent être décrits :

- des actions individuelles (qui fait quoi),
- des actions orientées (qui se met en relation avec qui pour faire quoi),
- des actions « collectives, de groupe » (qui est avec qui pour faire quoi)

En particulier, l'orientation des actions jointes observées (les patterns d'actions orientées et collectives) serait l'expression d'un engagement des opérateurs dans un ensemble d'actions communes avec en fond, l'accomplissement d'un but partagé et la construction du référentiel commun comme le propose le modèle de la coopération cognitive entre agents, puis du COFOR (Hoc, 1998, 2001a, 2001b, 2003). Les activités de coopération décrites dans ce modèle ont pour fonctions d'une part, la mise à jour du référentiel commun et d'autre part, la réalisation collective des tâches et pour propriétés la gestion d'interférences entre les agents et la facilitation par les acteurs impliqués de l'activité collective. La coordination en est un cas particulier, elle fait partie intégrante de la coopération servant à la fois la gestion des interférences et la facilitation dans cette approche. Nous pouvons ainsi considérer que les actions jointes participent de la coopération. En référence au COFOR qui décrit différents niveaux de coopération (action, planification, métacoopération), les actions « jointes » concerneraient plutôt les niveaux d'actions et de planification. Interférences et facilitations pourraient être observées par le biais de certaines actions jointes orientées (observer ce que rédige son partenaire et le commenter, contredire son diagnostic, écouter un point de situation, confirmer l'association entre un tableau symptomatique et une pathologie suspectée..) ou collectives (discuter de l'accès aux ressources locales, évaluer les symptômes des cas déclarés, décider d'envoyer un message d'alerte aux autorités et déterminer qui s'en charge..). Toutes actions contribuent à la construction et à la mise à jour du référentiel commun puisqu'elles concernent des réalisations d'action, des évaluations de l'activité, les plans, les buts envisagés et la répartition des tâches (Carlier et Hoc, 1999).

2 MATERIEL ET METHODE

2.1 Contexte

Nous présenterons ici certains résultats obtenus lors d'observations effectuées pendant un exercice de gestion d'alerte épidémiologique entre le DHSC⁷, situé à Munich et des déploiements internationaux de l'OTAN au Kosovo. Les participants étaient des médecins spécialisés réunis à Munich dont le chef du département, et des personnels de santé (médecins et infirmiers de différentes) localisés dans leurs camps militaires respectifs. Dans ce contexte, notre étude s'est déroulée sur le site du DHSC auprès des experts. Ceux-ci devaient procéder à la gestion d'une alerte

⁷ DHSC : Deployment Health Surveillance Capabilities

épidémiologique déclenchée sur place, et transmise par le biais d'un système de surveillance syndromique pour l'alerte précoce (Chaudet & al., 2006). La consigne donnée était d'identifier l'alerte, ses composantes épidémiologiques et de proposer des contre-mesures adaptées à la situation. Pour ce faire, les participants avaient accès à tous moyens disponibles dans le centre. Lors de cet exercice, il a été demandé aux professionnels de Santé (médecins, infirmiers) présents sur les sites médicaux du Kosovo d'utiliser le système pour effectuer des déclarations des cas prédéfinis à l'avance dans des conditions temporelles réelles, lors des horaires de leurs consultations et en respectant le scénario proposé. Ils pouvaient ensuite être contactés par les médecins experts dans les conditions habituelles de leurs activités.

La durée totale du déroulement de la situation a été de 5h17 dont 2h32 le matin, puis 2h45 l'après midi. Les événements marquants ont été, le matin l'identification des éléments pertinents de l'alarme déclenchée sur ASTER ainsi que la confirmation de cette alarme en alerte épidémiologique puis l'après-midi, l'envoi des messages d'alerte et de rétro-information ainsi que la construction des actions et de contre-mesures à proposer au niveau local, plus la gestion d'une erreur de déclaration sur un site médical.

2.2 EORCA comme méthode d'observation et d'analyse de l'activité des opérateurs

La méthode EORCA (Event Oriented Representation for Collaborative Activities) a été utilisée pour recueillir et analyser ces données issues de la gestion de cette situation. Il s'agit d'une méthode d'observation systématisée et de formalisation des activités d'un collectif d'opérateurs, plus spécifiquement des professionnels de santé, lors de la prise en charge de situations médicales (Pellegrin & al. 2007, Pellegrin et al. 2010). Elle est issue de travaux conduits depuis 2001 en collaboration entre des chercheurs d'informatique et de traitement de l'information médicale et de psychologie ergonomique et cognitive d'Aix-Marseille Université. EORCA donne la possibilité de décrire, au cours du temps, l'enchaînement d'actions, individuelles et collectives, pour exécuter différentes tâches nécessaires à l'accomplissement des buts propres à la gestion de situations complexes, telles qu'une situation médicale. L'application de la méthode EORCA se fait en trois étapes qui permettent de représenter les activités des membres d'une équipe sur la base d'un ensemble d'observations de terrain et d'aboutir à une représentation formalisée de ces observations ainsi qu'à leur analyse. Ces trois étapes sont les suivantes :

- Etape 1 : Observations d'événements (les actions des opérateurs dans l'espace de gestion de la situation)
- Etape 2 : Codage de ces événements issus des observations collectées, analyses descriptives
- Etape 3 : Représentation graphique des événements observés (déroulé de la situation)

Elle repose sur un formalisme événementiel dans lequel chaque observation (i.e. "un événement") est décrite par une action réalisée par ses acteurs, les conditions de sa réalisation et ses effets sur la situation (Kowalski & Sergot, 1986 ; Chaudet, 2006). Trois classes principales d'actions sont utilisées :

- *Les actions langagières (AL)* entre les acteurs qui correspondent à toute transmission d'information, qu'elles aient lieu oralement, par écrit, par téléphone ou par d'autres moyens.
- *Les actions informatives (AI)*, i.e. des actions de recherche et de gestion d'information, non supportées par une transmission d'information entre opérateurs mais ayant lieu auprès de systèmes d'information, d'aide à la décision ou de documentation.
- *Les actions non informatives (ANI)* qui concernent toutes les actions effectuées ne correspondant ni à des transmissions d'informations, ni à des actions d'acquisition d'informations.

Un événement peut aussi contenir une action dite « mixte », généralement une action langagière accompagnée dans le même temps d'une action informative (une demande d'un acteur à un autre alors qu'il observe un tableau de cas sur un système ou qu'il consulte un document papier). Les acteurs sont pré-identifiés avant l'observation ainsi que leur fonction dans l'organisation : 16

acteurs différents dont 7 au DHSC (les 5 experts et deux intervenants, le maître du jeu et un technicien) et 9 au Kosovo (médecins et infirmiers des unités médicales). Chacun d'entre eux est aussi décrit dans la feuille d'analyse EORCA comme initiateur/émetteur ou destinataire/récepteur d'une action. Pour un événement, nous pouvons ainsi obtenir les informations suivantes : sa classe principale d'action (AL, AI, ANI) et une sous-classe, un type de configuration entre les émetteurs et les récepteurs. Ce sont ces éléments que nous allons utiliser lors de l'analyse de nos observations.

3 RESULTAT

Nous ne présenterons ici que les données recueillies lors de la matinée, les premières dont l'analyse a été finalisée, les données de l'après-midi n'ayant pas encore été complètement analysées. Lors des observations effectuées le matin avec EORCA, les actions informatives, langagières et mixtes représentent la majorité des actions observées (343 événements soit 82%), les actions non informatives les 18% restant.

Tableau 1 : Répartition des événements dans les classes d'actions EORCA.

<i>Actions EORCA</i>	<i>Nb évts</i>
Actions Informatives (AI)	81
Actions Langagières (AL)	73
Actions mixtes (AI/AL)	189
Actions Non Informatives (ANI)	75
<i>total</i>	<i>418</i>

Pour certains événements, les observations ont été catégorisées en actions « mixtes », actions langagières et actions informatives (une demande d'un acteur à un autre alors qu'il observe un tableau sur le système ou qu'il consulte un document papier). Sur 418 événements recueillis, nous ne considérerons ici que les 343 actions informatives, langagières et mixtes, soit 82% des observations.

Tableau 2 : Répartition des configurations d'actions dans les classes EORCA (* pourcentage de classe d'actions par configuration (ex : 73% des AL sont des actions jointes orientées)

<i>Configurations</i>	<i>actions informatives</i>	<i>actions langagières</i>	<i>actions mixtes</i>	<i>Total</i>
actions individuelles	44 (54,3%)	0	0	44 (12,8%)
actions jointes « collectives »	20 (24,7%)	51 (27%)	38 (52,1%)	109 (31,8%)
actions jointes « orientées »	17 (21%)	138 (73%)	35 (47,9%)	190 (55,4%)
Total	81	189	73	343

Les actions individuelles sont minoritaires et ne concernent que les actions d'acquisitions d'information, généralement par l'utilisation des outils numériques mis à leur disposition. Les actions jointes, strictement collectives ou orientées sont majoritaires (cumul 87%), illustrant les aspects collectifs de l'activité de gestion d'alerte épidémiologique. Les configurations d'événements, pour lesquelles un ensemble d'acteurs est impliqué dans une action commune, sont les plus fréquentes dans cette situation, que cette action soit partagée par tous (actions jointes « collectives ») ou principalement, initiée par un ou plusieurs participants (actions jointes « orientées »).

3.1 Analyse des activités langagières associées aux actions jointes orientées et collectives

Dans ce type de situation, la communication verbale directe ou à distance a un impact majeur pour la construction d'un référentiel commun, par la diffusion d'informations, de connaissances, jugements, croyances. Il nous a paru intéressant de décrire les actions langagières recueillies lors de cette étude en utilisant EORCA, qui propose quelques sous-catégories différentes : discussions entre partenaires, transmissions d'information, demandes d'informations/questions, réponses, demandes d'actions, décisions d'actions. Nous les avons utilisées pour décrire la répartition des actions collectives et les actions orientées. Nous avons considéré l'ensemble des 262 actions

langagières, cumulant les actions langagières simples avec celles issues des actions mixtes. Le graphique suivant illustre la répartition de ces actions selon ces 6 catégories.

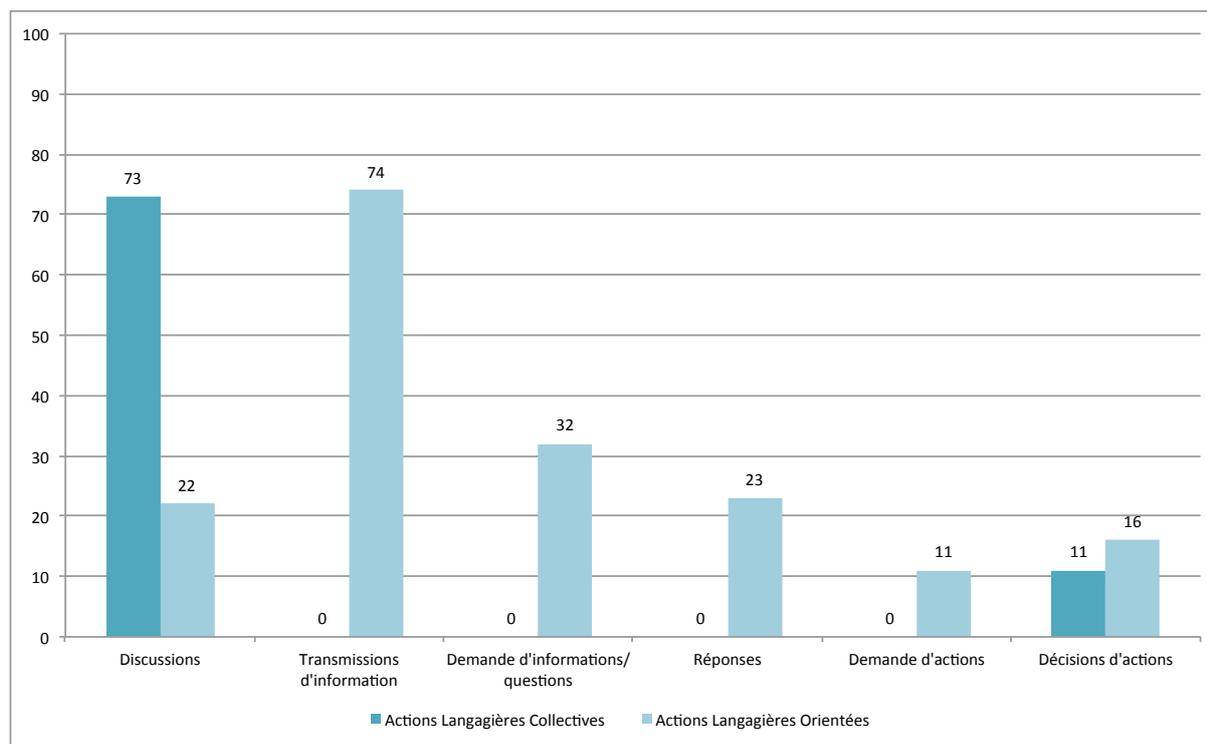


Figure 1: Répartition des actions collectives ou orientées dans les sous-classes d'actions langagières

En ce qui concerne les actions jointes collectives, moins nombreuses, elles se composent essentiellement de discussions et, ce qui est intéressant, de décisions d'actions (*Les 3 constatent l'apparition du nouveau cas. Ils le commentent ensemble*). Pour les actions jointes orientées, le panel est plus large et comprend essentiellement des transmissions d'information entre partenaires (*B commente aux autres: il trouve que déclarer sur le terrain une épidémie est prématuré*), des demandes d'informations ou d'actions et les réponses afférentes mais aussi quelques discussions et aussi des décisions d'actions. Une part de l'activité associée à l'élaboration du référentiel se ferait ainsi dans le cadre d'actions orientées entre les acteurs par un ensemble d'actions de gestion des tâches et des informations voire de connaissances par le jeu des transmissions, des questions/réponses, des demandes d'actions, potentiellement assimilables à l'initialisation de délégation de tâches.

Tableau 3 : Répartition des actions jointes collectives et orientées dans les sous-classes d'actions langagières.

Actions Langagières (AL)	Actions Collectives	Actions Orientées	Total sous catégories
Discussions	73	22	95 (36,3%)
Transmissions d'information	0	74	74 (28,2%)
Demande d'informations/questions	0	32	32 (12,2%)
Réponses	0	23	23 (8,8%)
Demande d'actions	0	11	11 (4,2%)
Décisions d'actions	11	16	27 (10,3%)
<i>Total configuration d'actions</i>	<i>84 (32,1%)</i>	<i>178 (67,9%)</i>	<i>262</i>

De ces premières données, on pourrait aussi noter plus spécifiquement que les décisions d'actions concernent aussi bien une situation ou le groupe les prend de façon collective et l'explique verbalement (« *Ils se mettent d'accord pour envoyer un rapport aux médecins polonais*») ou une situation dans laquelle un ou plusieurs opérateurs font part de cette décision à un ou plusieurs autres acteurs (« *U intervient auprès de K et R : il décide de leur déléguer l'avertissement à la KFOR*»). Ces différentes actions jointes, permettraient une mise à jour de la représentation commune de la situation, par la transmission orale d'informations, le partage d'éléments importants de la situation en cours, la planification des actions à entreprendre.

3.2 Analyse des activités informatives associées aux actions individuelles, orientées et collectives

Qu'en est-il pour les actions informatives ? Nous avons procédé de la même manière en regroupant les actions informatives simples (AI) et les mixtes (AI/AL). Le tableau suivant indique la répartition des 154 événements observés selon 4 différents types d'actions informatives possibles (acquisition d'information, suivi de la situation, traitement d'information et vérification) et selon les trois types de configurations d'actions (individuelles, jointes orientées ou collectives).

Tableau 4 : Répartition des actions jointes collectives et orientées dans les sous-classes d'actions informatives.

Actions Informatives (AI)	Actions Individuelles	Actions Collectives	Actions Orientées	Total sous catégories
Acquisition d'informations	13	23	23	59 (38,3%)
Suivi de la situation	5	3	7	15 (9,7%)
Traitement d'information	26	31	21	78 (50,6%)
Vérification d'information	0	1	1	2 (1,3%)
Total configuration d'actions	44 (28,6 %)	58 (37,7%)	52 (33,8%)	154

Traitement des informations disponibles (50,6 % des AI) et acquisition de données ou d'information (38,3%) sont les plus fréquemment observées dans ces observations. Le suivi de la situation au cours de son déroulement (9,7%) et la vérification des informations et des données obtenues (1,3%) sont faiblement représentés dans les données actuelles obtenues. Au sein de ces catégories d'observables, les différentes compositions d'acteurs sont présentes et la représentation graphique illustre visuellement ces répartitions :

- *le traitement d'informations* au cours de la gestion de la situation s'effectue dans les trois configurations possibles, mais prioritairement par le biais des actions collectives (« *J, B & M testent tous les 3 les symptômes de fièvres sur GIDDEON* »), puis individuelles (*G va au tableau et y inscrit des infos, ce dont ils ont besoin: documents, téléphone, guidelines*) et enfin orientées (*J montre à B des signes, en particulier des signes neurologiques en consultant les données sur ASTER*)
- *l'acquisition d'informations* en provenance de sources extérieures ou des systèmes à disposition s'effectue dans des configurations à plusieurs opérateurs, à part équivalentes entre actions jointes orientées et collectives soit respectivement 39% des événements catégorisés dans cette sous-classe (*il se joint aux deux autres pour consulter les documents en question*);
- *le suivi de la situation*, généralement par la supervision du système d'alerte précoce (*B consulte les écrans d'alerte pour voir s'il y a des modifications*) est effectué principalement par quelques actions plutôt orientées ou individuelles.
- *La vérification des informations* n'a été observée que deux fois, pour une action collective et une action orientée.

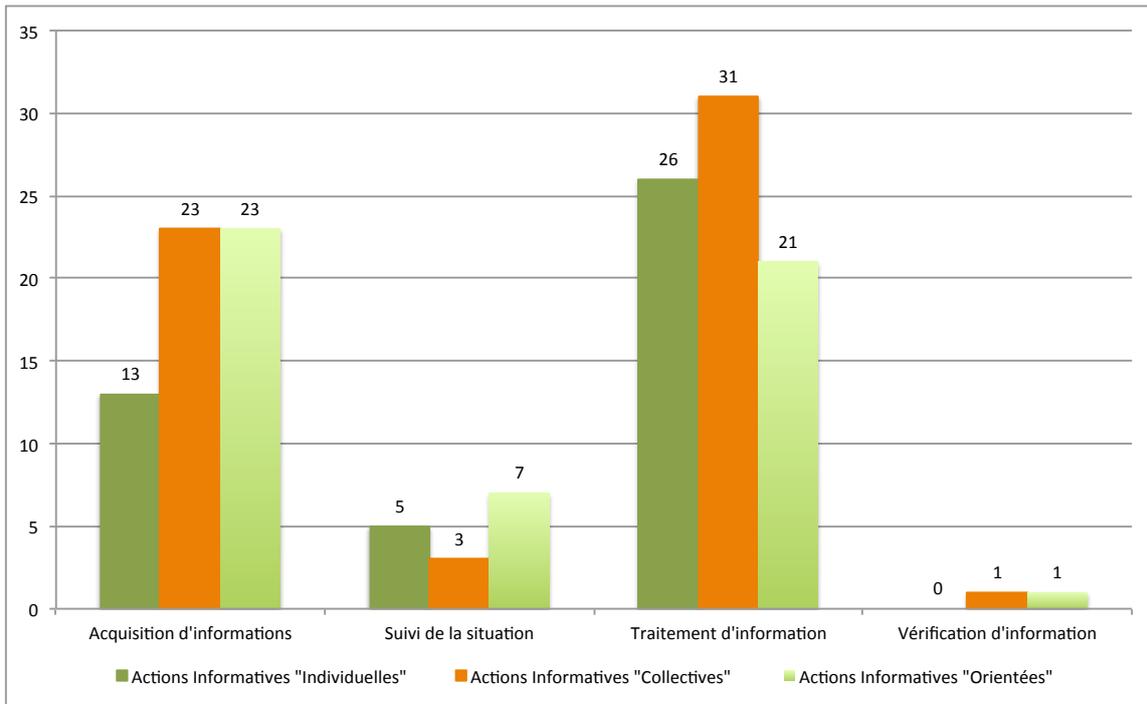


Figure 2: Répartition des actions individuelles, collectives ou orientées dans les sous-classes d'actions informatives

Ces données indiquent ainsi que les événements catégorisés dans les actions informatives, à savoir des activités de gestion des informations nécessaires à la compréhension de la situation épidémiologique et aux prises de décisions afférentes, sont majoritairement portées par la mise en œuvre d'actions communes des opérateurs. Elles sont présentes aussi bien lors de la recherche et de l'acquisition de ces informations, leur traitement ou encore dans la supervision des paramètres de cette situation. Les actions jointes, autant collectives qu'orientées, participeraient à la construction des contenus représentationnels du référentiel commun dans un processus global de coopération entre opérateurs. Les activités individuelles, isolées ont aussi leur place dans le déroulé temporel de la situation, par le biais de délégation de tâches puis de mise en commun des résultats acquis à leur issue. Des analyses non encore effectuées, pourront identifier les moments de leur insertion dans ces séquences d'actions complexes intercalant actions individuelles et actions jointes lors de l'exécution d'une tâche spécifique comme par exemple, la validation des données issues des tableaux symptomatiques déclarés par les médecins de terrain.

3.3. Configurations des collectifs d'acteurs

Pour chaque événement, on peut préciser des configurations possibles entre ces acteurs, émetteurs ou récepteurs. Ces émetteurs ou récepteurs peuvent être isolés (des individus) ou correspondre à des regroupements d'individus (à partir de deux personnes). En conséquence, plusieurs configurations sont possibles :

- Les « actions jointes orientées » entre acteurs, pour lesquelles l'événement retranscrit une action initiée par un ou plusieurs acteurs ayant un effet sur un ou plusieurs autres :
 - Individu -> Individu** : B demande à G de lui apporter un document
 - Individu -> Groupe** : acteur G vers le groupe d'acteurs [BMJH] G commente à B, M, J et H les alertes sur le synoptique ASTER
 - Groupe -> Individu** : acteurs J et M vers acteur H J et M propose une solution à H
 - Groupe -> Groupe** : les acteurs G et B vers les acteurs H et M : G et B interrompent H et M dans leur activité pour leur montrer un résultat.

- Des « *actions non orientées* » pour lesquelles l'événement retranscrit une action initiée par un seul acteur ou un groupe d'acteurs sans effet sur d'autres acteurs :

Actions individuelles : G rédige un message d'alerte

Actions collectives : GBJH relisent le rapport ensemble

Quelles configurations des collectifs constitués dans cette situation ? En première analyse, les actions orientées sont les plus intéressantes à commenter puisqu'elles concernent un ensemble de configurations possibles entre les individus, des individus et des groupes. Ces actions orientées sont essentiellement des actions initiées par un opérateur (176 actions sur 190), et s'adressent autant à un acteur unique qu'à un collectif donné de taille variable (87 actions impactent un individu et 89 actions un collectif). Ces premières données décrivent ainsi une situation dans laquelle les acteurs construisent des actions coordonnées plutôt interindividuelles en faisant appel aux ressources d'acteurs disponibles à un moment donné.

Tableau 5 : Détail des configurations des groupes d'acteurs

Configurations	Détail	Nb actions	%
Actions jointes orientées			
Individu -> Individu	config (1->1) : Binômes	87	45,8%
Individu -> Groupe	config (1->2)	42	22,1%
	config (1->3)	30	15,8%
	config (1->4)	8	4,2%
	config (1->tous)	9	4,7%
Groupe->Individu	config (2->1)	8	4,2%
	config (3->1)	2	1,1%
Groupe->Groupe	config (2->2)	4	2,1%
	Total	190	
Actions jointes collectives			
	Binômes	62	56,9%
	3 personnes	32	29,4%
	4 personnes	15	13,8%

Les petites unités composées de 2, 3 personnes semblent les plus fréquentes, que ce soit pour les actions orientées et collectives. Nombre d'actions sont majoritairement effectuées en binômes (46 % des actions jointes orientées et 56% pour les actions collectives), puis par groupes de trois ou quatre personnes. On peut considérer que, vu la petite taille de l'équipe localement présente, les collectifs constitués de 4 individus ou plus correspondent au 2/3 des opérateurs présents. D'ailleurs, une des configurations d'actions orientées, dans 5% des cas, est celle dans laquelle un émetteur s'adresse à l'ensemble des partenaires présents. Ces données descriptives illustreraient la construction d'activités coordonnées par de petits groupes constitués ad hoc, de composition changeante au fil du temps et des contraintes.

4 CONCLUSION

En première interprétation et si l'on utilise le COFOR comme notre modèle référent de la coopération dans la gestion d'une situation dynamique et complexe, on pourrait considérer que :

- *les actions jointes orientées initiées par des individus* illustrent la construction d'activités coopératives dans l'action. Si l'on se réfère aux notions de délégation et d'interférence comme mode de coopération, les actions orientées correspondraient à la mise en œuvre de ces activités en tant que support à des demandes d'actions à un ou des opérateurs servant des buts et des plans initialement autres que les siens propres. Les actions jointes orientées étant principalement des actions langagières (conf. tableau 1), elles supporteraient ainsi la communication d'informations, support à la compréhension mutuelle de la situation donc à la construction des éléments du référentiel commun.

- *Les actions jointes orientées initiées par des groupes et les actions collectives* seraient plutôt les supports à des activités coopératives correspondant au niveau de planification du COFOR. Elles seraient associées à la construction et au maintien du référentiel commun en participant à l'évaluation de la situation, de ses évolutions et des moyens de contrôle possibles, de la construction des plans et buts à atteindre, ainsi qu'à la répartition des tâches.
- *Les actions individuelles* interviennent elles-aussi dans certaines activités spécifiques, recherche et traitement d'informations et pourraient être le résultat de délégation de tâches explicites, soit de choix individuels pris au regard des besoins requis par l'évolution de la situation.

Pour répondre à notre questionnement initial, il semblerait donc que les actions jointes participent bien à la mise en œuvre d'activités coopératives voire collaboratives entre les opérateurs au fil de la gestion de la situation d'alerte. Elles seraient des supports à la construction des représentations communes de la situation en cours et de ses évolutions potentielles mais aussi à la coordination de des actions des opérateurs, en tant qu'individus mais aussi en tant que groupes. Par ailleurs, l'analyse des compositions de ces actions jointes, met en évidence la variabilité de format de ces groupes d'acteurs, à la fois par leur taille et par leur format. Cette variabilité pourrait s'expliquer par les contraintes dynamiques de la situation. Sachant que les actions jointes permettent ainsi à la construction du référentiel commun, les représentations partagées qui constituent ce référentiel se modifient au fil du temps pour s'ajuster aux contraintes de la situation. Ces modifications entraînent des réajustements dans la planification des actions des individus et des groupes, restructurant les activités des opérateurs, la délégation des tâches et la composition des collectifs. Les analyses ultérieures des données complètes nous permettront de mieux comprendre ces mécanismes d'adaptation à la situation.

5 REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tout particulièrement Benjamin Queryaux, Gaetan Texier, Jean-Baptiste Meynard qui ont activement participé à l'organisation et au recueil des données lors de cette étude, Hans-Ulrich Holtern d'avoir accepté de nous accueillir lors de cet exercice. Nos remerciements vont aussi à Nathalie Bonnardel pour notre chaleureuse collaboration depuis des années sur EORCA et à Xavier Deparis pour son soutien au sein du CESP.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Barthe B., Quéinnec Y. (1999). Terminologie et perspectives d'analyse du travail collectif en ergonomie. *L'année psychologique*, 99(4), 663-686.
- Carlier, X., Hoc, J.M. (1999). Role of a common frame of reference in cognitive cooperation: sharing tasks in air-traffic control. In J.M. Hoc, P. Millot, E., Hollnagel, & P.C. Cacciabue (Eds.), *Proceedings of CSAPC'99* (pp.67-72). Valenciennes, France: Presses Universitaires de Valenciennes
- Chaudet H, Pellegrin, L, Meynard JB, Texier G, Tournebize O, Queyriaux B, Boutin JP (2006) Web Services Based Syndromic Surveillance for Early Warning within French Forces. *Stud Health Technol Inform* 124:666-671
- Clark, H.H. (1996). *Using language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Clark, H.H. & Brennan, S.E. (1991). *Grounding in communication*. In L.B. Resnick, J.M. Levine & S.D. Teasley (Eds), *Perspectives on socially shared cognition*. Washington: D.C.: American Psychology Association.
- Cohen, P.R., Levesque, H.J. (1991). Teamwork. *Noûs* 25 (4):487-512. Accessible par le lien suivant : <http://csel.eng.ohio-state.edu/courses/ise773/distributed/teamwork-cohen-levesque-91.pdf>
- Cooke, N.J., Salas, E., Cannon-Bowers, J. A., & Stout, R. (2000). Measuring team knowledge. *Human Factors*, 42, 151-173.

- Darses F., Falzon, P. (1996). La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive, in G. de Terssac, E. Friedberg (Eds.), *Coopération et Conception* (pp. 123-135). Toulouse: Octarès Editions.
- Fiore, S.M., Salas, E., Cuevas, H.M., & Bowers, C.A. (2003). Distributed coordination space: toward a theory of distributed team process and performance. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 4, 340-364.
- Hoc, J.M. (2001). Towards a cognitive approach to human-machine cooperation in dynamic situations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 54, 509-540.
- Hoc, J.M., Carlier X. (2002). Role of a Common Frame of Reference in Cognitive Cooperation: Sharing Tasks between Agents in Air Traffic Control. *Cognition, Technology & Work*, 4, 37-47.
- Hulstijn J., Maudet N. (2006) Uptake and joint action. *Cognitive System Research*, 7, 2-3 (June 2006), 175-191.
- Klein, G., Feltovich, P.J., Bradshaw, J.M., & Woods, D.D. (2005). Common ground and coordination in joint activity. In W.B. Rouse & K.R. Boff (Eds.), *Organizational Simulation* (pp.139-184). New York: John Wiley & Sons Inc.
- Leplat, J. (1991). Activités collectives et nouvelles technologies. *Revue Internationale de Psychologie sociale*, 4, 335-356.
- Pellegrin, L., Bonnardel, N., Antonini, F., Albanese, J., Martin, C., & Chaudet, H. (2007). Event oriented representation for collaborative activities (EORCA). A method for describing medical activities in severely-injured patient management. *Methods of Information in Medicine*, 46(5), 506-515.
- Pellegrin, L., Gaudin C., Bonnardel N., Chaudet H. (2010). Apports d'une représentation événementielle des activités médicales collaboratives : l'exemple de la surveillance épidémiologique pour l'alerte précoce, *N° spécial : Décision et risques en Santé, Le Travail Humain*, Vol 73(4), 385-406.
- Terssac (de) G., Chabaud, C. (1990). Référentiel opératif commun et fiabilité. In J. Leplat, & G. de Terssac (Eds.), *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes* (pp. 110-139). Toulouse: Octarès Editions.

Le débriefing en sports collectifs de haut niveau : entre division du travail et organisation des procédures

Anne-Claire Macquet

Laboratoire Sport, Expertise, Performance, EA 7370, INSEP, 11 avenue du Tremblay 75012 Paris,
anne-claire.macquet@insep.fr

Claude Ferrand

Université François Rabelais, Tours,
claudio.ferrand@univ-tours.fr

Neville Stanton

Université de Southampton
N.Stanton@soton.ac.uk

RÉSUMÉ

Cette étude vise à mieux comprendre le processus de débriefing au cours des compétitions majeures en sport de haut niveau. Neuf entretiens ont été réalisés avec des entraîneurs principaux d'équipes nationales. Leurs verbalisations ont été utilisées pour identifier les procédures réalisées par les membres du staff et de l'équipe lors des débriefings. Les résultats ont montré que le débriefing consistait en deux étapes : la préparation et la présentation. La préparation renvoyait à quatre procédures successives. La présentation comprenait huit procédures en relation avec un leadership transactionnel ou transformationnel. Les entraîneurs divisaient le travail entre les membres du groupe. Ils apparaissaient être des leaders à la fois transformationnels et transactionnels. Cette étude rend compte de l'organisation du travail. Elle permet ainsi de développer des connaissances sur le fonctionnement des équipes, le coaching et la division du travail.

MOTS-CLÉS

Team-work, task-work, expertise, leadership transformationnel

1 INTRODUCTION

Le besoin de réaliser des débriefings après les compétitions importantes est largement reconnu au sein de la communauté sportive (Hogg, 1998; Mc Ardle, Martin, & Lennon, 2010). Les entraîneurs considèrent qu'un débriefing efficace permet de favoriser l'apprentissage, la motivation, la confiance en soi et la récupération mentale (Gould, Guinan, Greenleaf, Medbery, & Peterson, 1999; Hogg, 1998, 2002; Milne, Shaw, & Steinweg, 1999). Bien que le débriefing soit largement utilisé par les entraîneurs, peu de recherches scientifiques s'y sont intéressées en psychologie du sport (Hogg, 2002; McArdle et al., 2010) et en psychologie ergonomique (e.g., Salmon, Stanton, Gibson, Jenkins, & Walker, 2010).

Le débriefing prend en compte différentes composantes : (a) une réflexion de l'athlète sur lui-même pour rendre compte de ce qui s'est bien ou moins bien passé pendant la compétition, (b) une vision partagée entre l'entraîneur et l'athlète, (c) l'identification des besoins de changement liés à la technique, les stratégies, la préparation physique et mentale, (d) la planification des buts et la régulation des planifications en cours (Hogg, 2002).

Des études ont utilisé le processus de débriefing pour analyser les décisions prises par les athlètes de haut niveau au cours des compétitions, en vue d'améliorer leur prises de décisions dans les compétitions futures (e.g., Macquet, 2009 ; Omodei, Weiring, & McLennan, 1997). Dans ces



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

études, les vidéos des performances des athlètes lors de compétitions importantes étaient présentées aux athlètes. Ces derniers étaient amenés à décrire et commenter, d'une part, leurs focalisations, leurs perceptions et leurs jugements lors de leurs prises de décision en cours d'action, et d'autre part, l'évaluation de l'efficacité de leurs décisions. Leurs commentaires permettaient de mettre en évidence leurs focalisations et leurs perceptions (Omodei et al., 1997), leurs décisions (Macquet, 2009; Macquet & Fleurance, 2007; Macquet & Kragba, 2015). Ces études ont permis d'accéder aux pensées des athlètes au cours des compétitions et de comprendre ce qui s'est bien ou moins bien passé au cours de la compétition ainsi que les causes possibles. Elles ne se sont cependant centrées ni sur la façon dont un entraîneur débriefe les athlètes, ni sur les rôles respectifs de chacun.

Des chercheurs issus de l'ergonomie cognitive se sont également intéressés au débriefing. Flanagan (1954) a développé la technique de l'incident critique avec les pilotes militaires, afin de favoriser leur récupération psychologique et émotionnelle, améliorer leur apprentissage et développer leurs habiletés. Mitchells (1983) a développé le débriefing du stress lié à un incident critique afin de débriefer de petits groupes de pompiers, de professions paramédicales et de policiers. Le débriefing apparaît comme une discussion pas à pas sur les domaines affectifs et cognitifs de l'expérience humaine. Ces études insistent sur le rôle du débriefing dans la récupération psychologique et émotionnelle.

Des études en sport ont montré que les entraîneurs se comportent comme des leaders lorsqu'ils organisent leur équipe (e.g., Fletcher & Arnold, 2011). Le leadership consiste en un ensemble de comportements; chaque leader a un style particulier. Les styles peuvent être dictatorial, autocratique, participatif ou laissez-faire (Lewin et al., 1939), directif, lié au soutien, participatif ou dirigé vers la réussite (Housse, 1996), et transactionnel ou transformationnel (e.g., Bass, 1999; Bass, Avolio, Jung, & Berson, 2003). Pour Bass (1999) et Bass et al. (2003), les leaders transformationnels motivent les membres de leur groupe à aller au-delà de leurs intérêts personnels pour atteindre les objectifs du groupe ; ils insistent sur les valeurs du groupe et l'importance de la confiance interpersonnelle ; ils sont attentifs aux croyances propres de chaque membre. Le leadership transformationnel contient quatre dimensions : (a) l'influence vers un idéal (le leader est un mentor), (b) les attentes élevées à l'égard du groupe, (c) la stimulation intellectuelle (incitation à la créativité, au défi), et (d) la considération individuelle (le leader répond aux besoins propres de chacun). Le leader transactionnel renforce les comportements attendus ; il se focalise sur les contraintes temporelles et l'efficacité et il cherche à contrôler le comportement des membres de son groupe et à éviter la prise de risque. Cette théorie du leadership est tout à fait adaptée pour étudier les styles de leadership des entraîneurs nationaux lorsqu'ils débriefent leurs athlètes.

Les recherches sur le leadership soulignent que le leader organise le travail de chaque membre du groupe. Elles se sont focalisées sur : (a) les styles de leadership (e.g., Fletcher & Arnold, 2011), (b) les effets du leadership transformationnel sur la motivation intrinsèque des membres du groupe (Charbonneau et al., 2001), et (c) sur le bien-être (Stenling & Tafvelin, 2014).

A notre connaissance, aucune étude ne s'est focalisée sur le débriefing en sports collectifs au cours des compétitions majeures, telles les championnats d'Europe, du monde et les Jeux Olympiques. Ces compétitions présentent des enjeux très importants, une pression temporelle, une incertitude et des attentes de succès élevées. En outre, les entraîneurs travaillent au sein d'un staff comprenant différents membres dont les rôles et les tâches sont différents. Le staff réalise deux types de travail : un travail technico-tactique et un travail médical et paramédical. Notre étude vise à expliquer les procédures réalisées pour débriefer les joueurs dans les compétitions majeures, ainsi que les modes d'organisation du travail au sein du staff.

2 MILIEU D'IMPLANTATION ET METHODE

Neuf entraîneurs principaux d'équipes nationales séniors féminines et masculines de sports collectifs (sept hommes et deux femmes) ont participé à l'étude. Les participants entraînaient en

volley-ball, basket-ball, hand-ball, hockey sur glace et sur gazon. Ils étaient âgés entre 34 et 60 ans (M=46,5 ans ; ET=8 ans) et avaient tous au minimum deux années d'expérience avec les équipes nationales, sauf deux participants.

Des entretiens semi-dirigés ont été conduits pour comprendre comment les entraîneurs débriefent leurs joueurs pendant les compétitions majeures. Ces compétitions durent deux semaines. Elles présentent un match par jour ou un match tous les deux jours. Neuf entretiens ont été menés individuellement. Les entraîneurs étaient amenés à expliquer comment, quand et avec qui ils préparaient et présentaient leurs débriefings aux joueurs. Les entretiens ont été enregistrés dans leur totalité, puis retranscrits. Ils ont duré entre 1h30 et 2h39 (M=1h58 ; ET=25 minutes).

Le traitement des données a été réalisé en référence à la théorie ancrée (Corbin & Strauss, 1990). La théorie ancrée vise à construire des résultats à partir des faits et non d'hypothèses préalables. Elle permet d'identifier les procédures utilisées par les entraîneurs et les modes d'organisation du travail. Les entretiens ont été totalement retranscrits. Les verbatim ont été divisées en unités de sens en relation avec les procédures réalisées par chacun, la façon dont ces procédures étaient réalisées, les personnes les réalisant, et le moment de leur réalisation. Ces unités de sens ont été nommées et caractérisées en relation avec leurs traits communs. Leurs propriétés ont ensuite été comparées et classées en catégories de premier ordre. Chaque catégorie a été nommée et ses caractéristiques ont été définies. Au cours du traitement, deux autres niveaux d'interprétation ont émergé de la comparaison entre les propriétés de ces catégories. Deux chercheurs ont analysé séparément les données de verbalisation. Les résultats liés aux catégories de différents niveaux ont été comparés jusqu'à ce qu'un niveau de saturation soit atteint. Ce niveau est atteint lorsqu'aucune nouvelle catégorie n'émerge des retranscriptions. A l'issue de chaque étape, les deux chercheurs ont comparé leurs résultats et discuté tout désaccord initial, afin d'atteindre un consensus. 441 unités de sens ont été identifiées et classées en 14 catégories de premier niveau, correspondant aux procédures mises à jour.

3 RESULTATS

Les résultats sont présentés en deux parties. La première porte sur la préparation du débriefing et la seconde sur la présentation du débriefing aux joueurs.

3.1 Préparation du débriefing

Les résultats ont montré qu'avant de débriefer les joueurs, les entraîneurs préparent ce qu'ils vont dire et montrer aux joueurs. La partie principale de la phase de préparation du débriefing consiste à analyser l'efficacité des actions des joueurs, de leurs comportements et attitudes au cours du match, à partir de la vidéo du match et des observations réalisées en direct. Cette phase consiste également à mettre en évidence les actions, comportements et attitudes que les entraîneurs voudraient voir adopter dans l'avenir par les joueurs.

Les résultats ont montré que les débriefings étaient préparés par l'ensemble du staff, incluant l'entraîneur principal, son assistant, le vidéo-coach, le médecin et le kinésithérapeute. L'entraîneur principal gère l'organisation du staff, en allouant des rôles et des tâches spécifiques à chacun. Les résultats ont montré trois procédures : (a) la préparation de la vidéo du match, (b) l'évaluation de l'efficacité du jeu de sa propre équipe, et (c) la préparation du support vidéo en vue de la présentation du débriefing aux joueurs (voir Figure 1).

La première procédure concerne la préparation de la vidéo du match. Les résultats ont mis en évidence qu'après avoir récupéré la vidéo du match et à l'aide d'un logiciel, le vidéo-coach séquençait l'ensemble du match en relation avec les phases de jeu (e.g., toutes les contre-attaques).

La deuxième procédure concerne l'évaluation de l'efficacité du jeu de sa propre équipe. Les résultats ont montré que les entraîneurs principaux et leur assistant observaient séparément la vidéo du match en continu ou en séquencé (par secteurs de jeu spécifiques). Leur analyse concernait : (a) la

pertinence du plan de jeu et l'efficacité de sa mise en œuvre, (b) les causes possibles des réussites et des échecs dans les différents secteurs de jeu, et (c) les possibilités de progrès dans les différents secteurs de jeu. Avant de jouer un match, les entraîneurs principaux et leur assistant élaborent le plan de jeu. Ce plan indique les forces et faiblesses de l'équipe adverse et les tactiques à mettre en œuvre pour gagner. Les résultats soulignent qu'au cours de la préparation du débriefing, les entraîneurs principaux et leur assistant évaluaient la pertinence du plan de jeu en relation avec le plan de jeu utilisé par l'équipe adverse. Les entraîneurs évaluaient également l'efficacité dans la mise en œuvre du plan de jeu par sa propre équipe, ainsi que les éventuelles difficultés rencontrées. Ils partageaient ensuite leur analyse avec le staff et les joueurs cadres. Enfin, ils identifiaient les secteurs de jeu dans lesquels les joueurs devaient s'améliorer au cours du match suivant.

La troisième procédure consiste en la préparation du support vidéo en vue de la présentation du débriefing aux joueurs. Les résultats ont mis en évidence que les entraîneurs principaux commandaient aux vidéo-coaches des séquences de jeu dans lesquelles les joueurs avaient bien ou moins bien joué afin de les montrer aux joueurs, pour limiter des actions non souhaitées et renforcer les actions attendues.

3.2 Présentation du débriefing aux joueurs

Les résultats ont indiqué que la présentation des débriefings consistait en huit procédures principales en relation avec deux styles de leadership : un leadership transactionnel et un leadership transformationnel (e.g., Bass, 1999). Dans la lignée de la théorie ancrée, ces deux types de leadership ont émergé des données, au cours de leur traitement. Les procédures liées au leadership transformationnel concernaient : (a) amener les joueurs à analyser les causes possibles des réussites, échecs et difficultés rencontrées, (b) renforcer la confiance des joueurs, (c) faire vivre aux joueurs au cours de l'entraînement ce qui a été dit au débriefing, (d) prendre en compte les capacités attentionnelles et cognitives des joueurs, et (e) gérer la frustration des remplaçants, et (f) se focaliser sur la récupération et le match suivant. Les procédures liées au leadership transactionnel consistaient à : (a) reconnaître et récompenser le travail des joueurs, et (b) transmettre aux joueurs l'évaluation du jeu de sa propre équipe (voir Figure 1).

Les résultats ont montré, qu'en relation avec un leadership transformationnel, les entraîneurs principaux amenaient les joueurs à analyser les causes possibles de leurs réussites, de leurs échecs et des difficultés rencontrées. Les entraîneurs renforçaient la confiance des joueurs lorsqu'ils avaient rencontré des difficultés. Ils géraient la frustration des remplaçants. Ils prenaient en compte les capacités attentionnelles et cognitives des joueurs. Au cours des compétitions majeures, les joueurs accumulent de la fatigue. De plus, tous les joueurs ont des capacités attentionnelles et cognitives différentes. Les résultats ont souligné que certains entraîneurs essayaient de faire vivre aux joueurs à l'entraînement, ce qui avait été dit pendant le débriefing. Enfin, les entraîneurs amenaient leurs joueurs "à tourner la page sur le match et à se focaliser sur la récupération et le match suivant.

Les résultats ont mis en évidence que les entraîneurs principaux utilisaient également un style de leadership transactionnel. Les entraîneurs commençaient leurs débriefings en reconnaissant collectivement et individuellement les réussites et les échecs des joueurs. Ils transmettaient aux joueurs leur propre évaluation du jeu de leur équipe et insistaient sur ce qu'ils attendaient des joueurs lors du match suivant.

Les résultats ont indiqué que les entraîneurs étaient à la fois des leaders transactionnels et transformationnels. Ils ont mis en évidence des micro-styles révélant des différences dans les styles de leadership de chaque entraîneur. La proportion des procédures organisées par chaque entraîneur, en relation avec chaque type de leadership a indiqué que cinq des neuf entraîneurs étaient transformationnels pour moitié des procédures réalisées, deux l'étaient pour un tiers, un l'était pour un quart ou un pour un douzième des procédures réalisées.

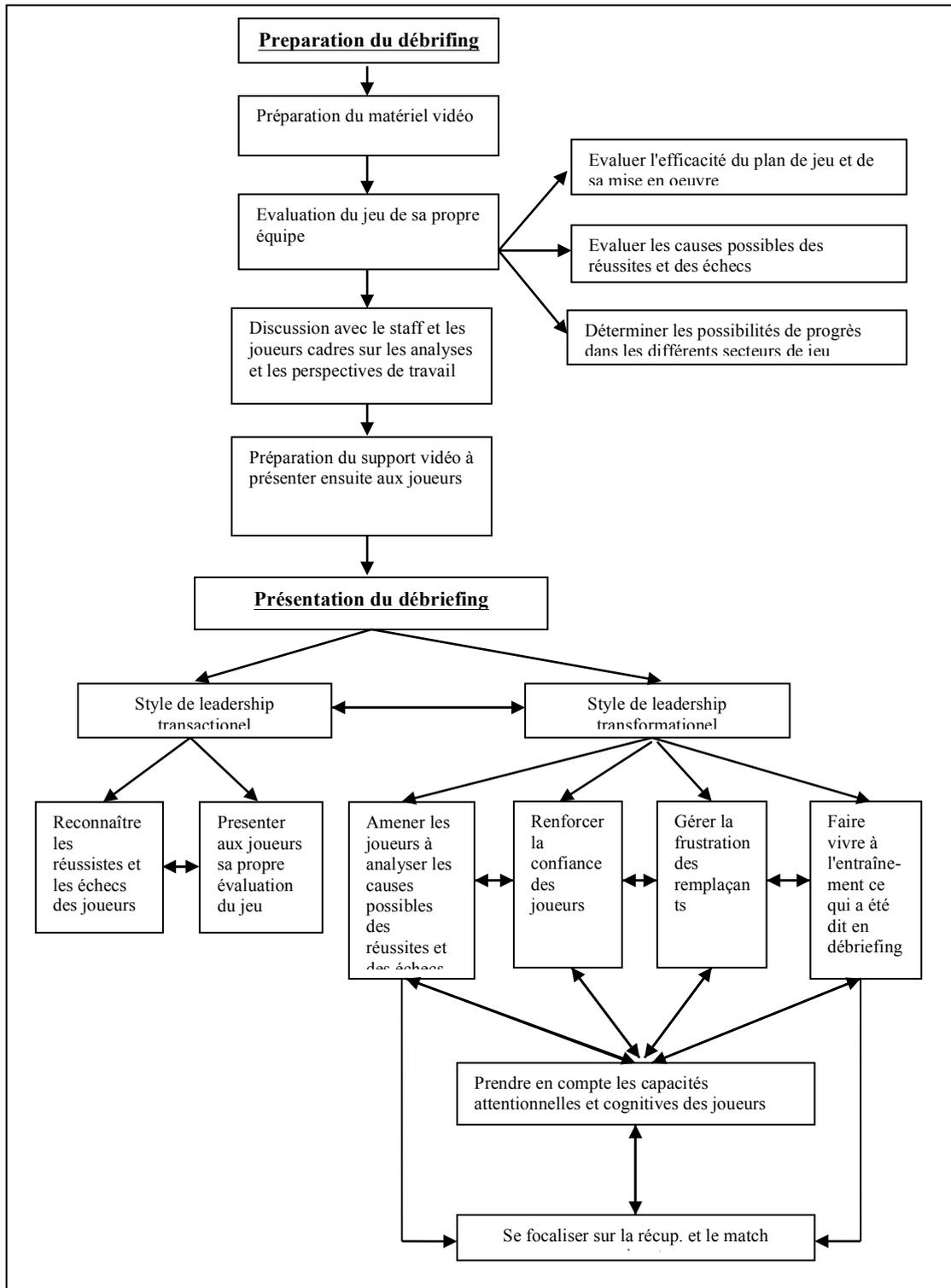


Figure 1. Modélisation des procédures utilisées par les entraîneurs lors du débriefing

4 DISCUSSION

Les résultats sont discutés en deux temps. Le premier concerne l'évaluation du travail tactique des joueurs au cours du jeu. Le second permet de mettre en évidence le travail psychologique réalisé auprès des joueurs en vue de les amener à s'investir dans le match suivant.

4.1 L'évaluation du travail tactique des joueurs au cours du jeu

Les résultats ont montré que la procédure principale du staff concernant la préparation du débriefing consistait à évaluer le jeu de leur propre équipe au cours du match précédent en vue de comprendre les réussites, les échecs et les difficultés rencontrés, pour envisager ensuite les zones de jeu dans lesquelles le jeu individuel et collectif pourrait être amélioré. Ceci suggère que le débriefing est un processus orienté vers le passé et l'avenir. Il apparaît comme un processus réflexif et constructif, qui est ancré dans le développement et l'apprentissage des athlètes, ce qui est consistant avec les résultats de Hogg's (1998, 2002) et Mc Ardle's et al's. (2010). L'évaluation du jeu passait par des échanges entre les membres du staff et des joueurs cadre afin de partager les points de vue. Les résultats suggèrent que le débriefing est un processus de collaboration qui implique les joueurs cadres, le staff technique et le staff médical. A notre connaissance, aucune étude n'avait montré une telle collaboration entre le staff et les joueurs cadres. Les résultats suggèrent également que les différents membres de l'équipe avaient une interprétation différente du jeu, en relation avec leur rôle. Ces résultats sont consistants avec ceux de Macquet (2013) et Macquet et Stanton (2014) sur la cognition distribuée entre l'entraîneur et l'athlète de haut niveau et ceux de Stanton et al. (2006), et de Stanton, Salmon, Walker et Jenkins (2010) sur la cognition distribuée dans les collectifs militaires.

Enfin, les résultats ont souligné que le travail était organisé au sein de l'équipe en fonction des rôles de chacun. Le vidéo-coach séquençait le match en vue de son évaluation par l'entraîneur et son assistant, puis à la demande de l'entraîneur, réalisait un montage vidéo à présenter aux joueurs. Tout le staff échangeait avec l'entraîneur afin d'évaluer le match et la forme des joueurs. A notre connaissance, aucune étude n'a montré cette division du travail au cours du débriefing.

4.2 Le travail psychologique réalisé pour permettre aux joueurs de s'engager dans le match suivant

Les résultats ont montré que les entraîneurs utilisaient deux styles de leadership : un style transformationnel et un style transactionnel. Chaque style était associé à des procédures particulières. Lorsque les entraîneurs utilisaient un leadership transformationnel, ils amenaient les joueurs à analyser les causes possibles des réussites, des échecs et des difficultés rencontrées. Cette stimulation intellectuelle est consistante avec celle décrite par Bass (1999). Dans le leadership transformationnel, le leader amène les membres de son équipe à s'engager au-delà de leurs intérêts personnels. Pour ce faire, il utilise son charisme, de l'inspiration, une stimulation intellectuelle et de la considération personnelle.

Les résultats ont révélé que les entraîneurs cherchaient à renforcer la confiance des joueurs. Ces résultats sont consistants avec le modèle de leadership transformationnel (Bass, 1999). Selon ce modèle, on s'attend à ce que les leaders transformationnels suscitent la confiance des membres de l'équipe et la confiance en eux.

Les entraîneurs géraient la frustration des remplaçants. Ils passaient du temps à développer une vision partagée de l'équipe, dans laquelle chaque joueur s'impliquait au-delà de ses intérêts personnels immédiats et contribuait ainsi au succès de l'équipe, en relation avec leur rôles dans l'équipe. Ils poussaient les joueurs à faire d'avantage d'efforts, à être déterminés et persévérants face aux difficultés rencontrées, ce qui est consistant avec le modèle de leadership transformationnel (Bass, 1999; Fletcher & Arnold, 2011).

Les résultats ont souligné que les entraîneurs prenaient en compte les capacités attentionnelles et cognitives des joueurs dans un contexte présentant de nombreuses perturbations et suscitant beaucoup de fatigue. Ces résultats sont consistants avec le concept de rationalité limitée expliqué par Simon (1996) et la notion de considération individuelle décrite par Bass (1999), dans le cadre du leadership transformationnel.

Les résultats ont mis en évidence que les entraîneurs tentaient de faire vivre aux joueurs à l'entraînement, ce qui avait été dit pendant le débriefing. L'entraînement permettait alors de

compléter le débriefing oral. Il permettait également aux entraîneurs d'articuler ce qui avait été dit à ce qui était attendu, et de renforcer ainsi l'esprit de corps et l'autonomisation de l'équipe. Ceci est consistant avec le modèle de leadership transformationnel (Bass, 1999).

A la fin de la présentation du débriefing, les entraîneurs focalisaient les joueurs sur leur récupération physique et mentale et sur le match suivant. Ce changement de focalisation suggère un leadership transformationnel.

Les résultats ont mis en évidence qu'à travers un leadership transactionnel, les entraîneurs transmettaient leur évaluation du jeu aux joueurs. Cette transmission est consistante avec les caractéristique du modèle transactionnel. Les leaders transactionnels fournissent aux membres de leur équipe des moyens pragmatiques pour atteindre leurs buts. Ils leur donnent des solutions, plutôt qu'ils ne les amènent à trouver les solutions par eux-mêmes. Néanmoins, ils sont ouverts aux propositions de solutions de leurs membres.

Les résultats ont indiqué que les entraîneurs reconnaissaient le travail des joueurs et en récompensaient certains, en relation avec le style de leadership transactionnel. Tous ces résultats suggèrent que les entraîneurs principaux étaient à la fois des leaders transformationnels et transactionnels. Selon Bass (1999), les meilleurs leaders sont à la fois transformationnels et transactionnels.

Cette étude présente des limites. Tout d'abord, elle ne compare pas les entraîneurs entre différents matches et équipes et les entraîneurs issus de ou entraînant dans différentes nations. Par ailleurs, l'étude s'est focalisée sur le débriefing à partir d'entretiens réalisés seulement avec les entraîneurs principaux. On pourrait penser que les résultats de la présente étude ne sont pas représentatifs du débriefing tel qu'il est réalisé par l'ensemble du staff. Dans l'avenir, il serait intéressant d'étudier le débriefing du point de vue des autres membres du staff et des athlètes.

Pour conclure, cette étude a mis en évidence que les entraîneurs réalisaient à la fois un travail tactique et un travail psychologique. Elle a également révélé que les entraîneurs organisaient le travail au sein de leur staff et de leur équipe. La poursuite d'études sur le débriefing permettra d'améliorer notre connaissance sur le fonctionnement des équipes et le leadership en sport de haut niveau.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Bass, B. M. (1999). Two decades of research and development in transformational leadership. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 8(1), 9-32.
- Bass, B. M., Avolio, B. J., Jung, D. I., & Berson, Y. (2003). Predicting unit performance by assessing transformational and transactional leadership.
- Charbonneau, D., Barling, J., & Kelloway, E. K. (2001). Transformational leadership and sport performance: The mediating role of intrinsic motivation. *Journal of Applied Social Psychology*, 31, 7, 1524-1534.
- Corbin, J., & Strauss, A. (1990). *Basics of qualitative research: Grounded theory. Procedures and techniques*. Newbury Park, CA: Sage.
- Flanagan, J. C. (1954). The critical incident technique. *Psychological Bulletin*, 51, 327-358.
- Fletcher, D., & Arnold, R. (2011). A qualitative study of performance leadership and management in elite sport. *Journal of Applied Sport Psychology*, 23, 223-242.
- Gould, D., Guinan, D., Greenleaf, C., Medbery, R., & Peterson, K. (1999). Factors affecting Olympic performance: Perceptions of athletes and coaches from more and less successful teams. *The Sport Psychologist*, 13, 371-395.
- House, R. J. (1996). Path-goal theory of leadership: Lessons, legacy, and a reformulated theory. *Leadership Quarterly*, 7(3), 323-352.
- Hogg, J. M. (2002). Debriefing: A means to increasing recovery and subsequent performance. In Kelleman (Ed.), *Enhancing recovery: Preventing underperformance in athletes* (pp. 181-198). Champaign, IL: Human Kinetics.

- Hogg, J. M. (1998). The post performance debriefing process: Getting your capable track and field athletes to the next level of performance. *IAAF quarterly*, 3, 49-57.
- Lewin, K., Lippitt, R., & White, R. K. (1939). Patterns of aggressive behaviour in experimentally created social climates. *Journal of Social Psychology*, 10(2), 271-301.
- Macquet, A. - C. (2013). Getting them on the same page: A method to study the consistency of coaches' and athletes' situation understanding during training sessions and competitions. *The Sport Psychologist*, 27, 292-295.
- Macquet, A. -C. (2009) Recognition within the decision-making process: A case study of expert volleyball players. *Journal of Applied Sport Psychology*, 21, 64-79. DOI:
- Macquet, A. - C., & Stanton, N. A. (2014). Do the coach and athlete have the same picture of the situation? Distributed Situation Awareness in an elite sport context. *Applied Ergonomics*, 45, 724-733.
- Macquet A. -C., & Fleurance, P. (2007) Naturalistic decision-making in expert badminton players. *Ergonomics*, 50, 1433-1450.
- Macquet, A. -C., & Kragba, K. (2015). What makes basketball players continue with the planned play or change it? A case study of the relationships between sense-making and decision-making. *Cognition, Technology and Work* (available on line).
- McArdle, S., Martin, D., & Lennon, A. (2010). Exploring debriefing in sports: A qualitative perspective. *Journal of Applied Sport Psychology*, 22, 320-332.
- Milne, C., Shaw, M., Steinweg, J. (1999). Medical issues relating to the Sydney Olympic Games. *Sports Medecine*, 28(4), 287-298.
- Mitchells, J. (1983). When disaster strikes: The critical incident stress debriefing process. *Journal of Emergency and Medical Services*, 8, 36-39.
- Omodei, M.M., McLennan, J., & Withford, P. (1998). Using a head-mounted video camera and two stage replay to enhance orienteering performance. *International Journal of Sport Psychology*, 29, 115-131.
- Salmon, P. M., Stanton, N. A., Gibson, A. C., Jenkins, D. P., & Walker, G. H. (2010). *Human factors methods and sports science: A practical guide*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.
- Simon, H. A. (1996). *The sciences of artificial*. Cambridge, Ma: MIT Press.
- Stanton, N. A., Salmon, P. M., Walker, G. H., & Jenkins, D. P. (2010). Is situation awareness all in the mind? *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11, 29-40.
- Stanton, N. A., Stewart, R., Harris, D., Houghton, R. J., Baber, C., McMaster, R., Salmon, P., Hoyle, G., Walker, G., Young, M. S., Linsell, M., Dymott, R., & Green, D. (2006). Distributed situation awareness in dynamic systems: Theoretical development and application of an ergonomics methodology. *Ergonomics*, 49, 1288-1311.
- Stenling, A., & Tafvelin, S. (2014). Transformational leadership and well-being in sports: The mediating role of need satisfaction. *Journal of Applied Sport Psychology*, 26 182-196.

Couplage de données d'observation et de mesure comme objet d'échange autour de la prévention du risque chimique

JUDON Nathalie

HELLA Florence

INRS, Département Homme au Travail, 1 rue du Morvan, 54519 Vandœuvre cedex
nathalie.judon@inrs.fr, florence.hella@inrs.fr

GARRIGOU Alain

Institut de santé publique, d'épidémiologie et de développement (Isped), 146 Rue Léo Saignat, 33076
Bordeaux cedex
alain.garrigou@iut.u-bordeaux1.fr

RÉSUMÉ

L'étude porte sur l'exposition par voie cutanée d'opérateurs de pose d'enrobés, aux substances présentes dans le bitume. Une démarche itérative a été développée autour du couplage d'observations de l'activité de ces travailleurs sur chantier avec des mesures physiques et physiologiques, pour construire un outil d'analyse de l'activité de travail permettant d'associer les opérateurs aux autres acteurs de la situation. L'objectif est d'engager un processus de construction collective de la santé et la sécurité des travailleurs de la route et de participer à la transformation des pratiques de prévention du risque chimique.

MOTS-CLÉS

Analyse de l'activité, confrontations individuelles et collectives, ergotoxicologie, prévention en santé et sécurité au travail.

1 CONTEXTE ET OBJECTIF

Le contexte de cette recherche est celui des chantiers de revêtements routiers où les travailleurs qui mettent en œuvre les enrobés sont exposés par inhalation et par voie cutanée aux substances présentes dans le bitume. Les connaissances sur les effets pour la santé de l'exposition au bitume comportent de nombreuses zones d'incertitude (CIRC, 2013) et il n'existe pas à l'heure actuelle de méthode partagée d'évaluation de l'exposition cutanée qui permettrait de caractériser le risque. Malgré ce contexte d'incertitude, la démarche de prévention des risques liés à l'utilisation des bitumes reste classique dans le cadre de la prévention du risque chimique. Elle est portée par des acteurs qui considèrent les travailleurs comme la cible prioritaire pour arriver à une prévention efficace, mais les voient rarement comme des acteurs à part entière du système de prévention. Ces mesures de prévention éprouvées visent à ramener le niveau d'exposition effectif des opérateurs en dessous des valeurs limites normatives et réglementaires et ont vraisemblablement permis de prévenir un certain nombre de maladies professionnelles liées à des risques chimiques. Ce modèle postule que l'interposition de barrières (normatives, réglementaires, matérielles) permet de faire face aux dangers, mais il ne propose pas de rechercher, ni d'agir sur les déterminants techniques, organisationnels et humains des sources de danger (Mohammed-Brahim et Garrigou, 2009). Dans ce travail, nous souhaitons montrer qu'il est possible de participer à la transformation des pratiques actuelles de prévention du risque chimique en engageant un processus de construction collective de



Les auteurs conservent les
droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

la santé et la sécurité des travailleurs de la route, qui permet de les associer aux autres acteurs de la situation (encadrement, préventeurs d'entreprise) dans la recherche de solutions.

2 METHODOLOGIE

Cet article s'inscrit dans un travail de thèse qui s'appuie sur une approche ergotoxicologique (Garrigou et Peissel-Cottenaz, 2008 ; Mohammed-Brahim et Garrigou, 2009). Il vise à amener l'ensemble des acteurs de la situation de travail à construire collectivement de nouvelles solutions de prévention à partir d'un travail sur leurs pratiques et savoir-faire mis en œuvre dans l'activité. Pour atteindre cet objectif, nous avons adopté une approche en plusieurs étapes qui permet d'élaborer progressivement la démarche :

Pour accéder à l'activité en situation de travail, nous avons étudié deux chantiers de revêtement routier employant chacun dix salariés à des postes différents. Le choix a été fait de filmer en vidéo l'activité de trois d'entre eux occupant des postes à pied pendant une journée entière, sur chaque chantier. Leur fréquence cardiaque et leur température de surface corporelle ont été simultanément enregistrées. Des prélèvements surfaciques sur la peau et les outils de travail ont été également réalisés. Les données vidéo et les grandeurs physiologiques recueillies ont été couplées et synchronisées grâce au système d'acquisition CAPTIV[®] (Hella, Schouller, Clément, 2003). Ces analyses ont permis d'identifier différentes phases d'activité, différents postes et zones de travail les plus exposants.

Les données acquises lors de cette première phase, ont été utilisées pour réaliser des auto-confrontations individuelles avec chacun des six opérateurs, en prenant comme support certaines des activités observées, couplées à des données de mesure. L'intérêt du couplage réside dans la possibilité de visualiser un « pic » de mesure associé à une activité, une tâche, une posture particulière. Ce couplage permet également à l'opérateur d'approcher le risque chimique différemment : voir des pics de concentration tout en visualisant son activité facilite une prise de conscience de l'exposition (Thibault, Merlin et Garrigou, 2013). Les opérateurs ont alors été amenés à réfléchir individuellement aux conditions de réalisation de leur propre travail (Clot, Faïta, Fernandez et Scheller, 2000). Ces confrontations ont été filmées. Les verbalisations ont été retranscrites et analysées selon une méthode d'analyse de contenu classique (Bardin, 1989). Sept thèmes récurrents ont été identifiés dans les discours et ont guidé l'analyse, parmi lesquels : le port des EPI, l'odeur de l'enrobé, la chaleur du produit, le nettoyage des outils, la notion de travail « bien fait », etc. Nous avons pu ainsi accéder à certaines perceptions sur les risques liés à l'activité et, parfois, mettre en évidence un décalage entre les pratiques et le discours. Les perceptions des risques des membres de l'encadrement et des préventeurs ont été également recueillies au travers d'entretiens individuels, en portant une attention particulière aux actions qu'ils mènent et aux pistes d'amélioration qu'ils envisagent pour la prévention de ces risques.

Afin de créer les conditions d'émergence d'une parole collective, l'étape suivante a d'abord consisté à confronter collectivement les opérateurs à un montage vidéo construit autour de différentes séquences issues de l'analyse d'activité. La succession de ces séquences a été choisie afin d'amener progressivement le groupe d'opérateurs à décrire précisément leurs activités et à évoquer naturellement les risques perçus. En référence à l'entretien d'explicitation de Vermersch (1994), la séquence d'introduction permet aux opérateurs de se remettre le chantier en mémoire et d'évoquer la situation telle qu'elle était au moment de l'intervention. La séquence 1 illustre par exemple le travail collectif et met en avant la cohésion au sein de l'équipe de travail. Une autre insiste sur la représentation d'un travail satisfaisant, « une belle route ». Puis, certaines séquences vidéo couplées aux données de mesure associées ont été présentées. Ces formes d'entretiens collectifs s'inspirent de la clinique de l'activité (Clot, 2008) en ce sens qu'ils proposent « *un cadre pour que le travail puisse devenir ou redevenir un objet de pensée pour les intéressés* ». Enfin, certaines verbalisations issues des confrontations simples, analysées et classées par thèmes lors de l'étape précédente, ont été présentées à l'ensemble du groupe. Il s'agissait de faire dialoguer les opérateurs à partir de

convergences ou divergences relevées dans l'analyse de contenu sur des thèmes comme : les pratiques de travail, les difficultés liées à des déterminants organisationnels et le rapport au risque chimique via le vécu professionnel. Cet exercice de « remise en situation » s'est révélé efficace pour mettre en débat les pratiques de travail et les représentations des risques au sein du collectif.

La dernière étape est en cours d'élaboration. Elle consistera à choisir collectivement des extraits représentatifs de l'activité à partir de séquences vidéo et de verbalisations. L'objectif sera de sélectionner ce qui doit être montré de la réalité quotidienne aux autres acteurs (encadrement, préventeurs d'entreprise). Ces données seront réélaborées collectivement afin de construire un support d'échange articulant les points de vue de différents acteurs d'entreprises de travaux publics.

3 PRINCIPAUX RESULTATS

Les analyses d'activité ont identifié plusieurs phases de travail (démarrage chantier, travail, « attente », nettoyage outils), différentes zones exposées (mains, visage, avant-bras) ainsi que divers objets avec lesquels les opérateurs peuvent être en contact (pelles, panneaux de commande, vêtements). Le contact entre la main non gantée et différents objets souillés constitue la situation d'exposition cutanée majoritairement révélée par cette analyse. Les prélèvements réalisés montrent que cette exposition diffère selon les phases d'activité et le poste occupé.

Les confrontations simples ont permis de mieux comprendre les défauts de protection observés chez les opérateurs, leur perception de la toxicité du bitume, évaluée en fonction de l'odeur perçue de certains enrobés, ainsi que les informations dont ils disposent sur les produits utilisés. Par exemple, les travailleurs n'adoptent pas les comportements de protection attendus par l'entreprise vis à vis du risque chimique puisque le port de gants de sécurité n'est pas systématique. Parmi les freins au port des gants, les contraintes physiques supplémentaires sont le plus souvent citées (gêne à la prise d'objet, perte de sensibilité, chaleur et humidité...) ainsi que la volonté de ne pas salir les outils de travail avec des gants souillés. L'évocation de risques pour la santé se fait uniquement en référence à l'odeur incommodante de certains enrobés (Duclos, 1987). Les résultats montrent aussi combien la perception des risques est hétérogène selon les métiers et révèlent un manque d'information et des connaissances partielles sur les produits utilisés, à tous les niveaux de l'entreprise.

Sur la base des discussions collectives autour de l'activité, il a été possible d'accéder aux pratiques des opérateurs de terrain dans la sphère domestique. On découvre qu'alors qu'ils se protègent peu du risque, ils prennent paradoxalement des précautions afin que leur entourage familial ne soit pas exposé à des résidus de produits sur leurs tenues de travail. Cette référence au contact cutané n'est pourtant jamais évoquée par ailleurs.

Ces pratiques ne s'activeraient pas dans la sphère professionnelle, car elles seraient empêchées par des idéologies défensives de métier telles que décrites par Cru et Dejours (1983).

4 DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Une étude précédente (Judon, Hella et Garrigou, 2013) évoquait la relative méconnaissance du travail exact des opérateurs de mise en œuvre d'enrobés par certains membres de l'encadrement du chantier et par l'employeur. Ces acteurs se rendent en effet assez rarement sur les chantiers et bien souvent uniquement dans une visée de contrôle. L'approche méthodologique que nous développons a déjà permis de révéler certains de ces éléments mal connus de l'activité. Il s'agit maintenant de prolonger le dialogue que nous avons bâti, au fur et à mesure du projet, avec les différents niveaux d'acteurs des entreprises de construction routière afin de faire évoluer leurs représentations et de produire et développer une véritable construction sociale autour de la prévention. Le travail sur ces représentations pourrait être un levier d'action majeur pour une démarche de prévention intégrée.

5 BIBLIOGRAPHIE

Bardin, L. (1989). L'analyse de contenu (5^{ème} éd.). Paris : PUF.

- CIRC, (2013). Bitumens and bitumen emissions, and some N- and S-Heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Monographie, volume 103.
- Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G., & Scheller, L. (2000). Entretiens en autoconfrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé - Pistes*, 2(1), 8 p.
- Clot, Y. (2008). Travail et pouvoir d'agir. Paris : PUF.
- Cru, D., & Dejours, C. (1983). Les savoir-faire de prudence dans les métiers du bâtiment. *Les Cahiers médico-sociaux*, 3, 239-247.
- Duclos, D. (1987). La construction sociale du risque : le cas des ouvriers de la chimie face aux dangers industriels. *Revue Française de Sociologie*, 28(1), 17-42.
- Garrigou, A., & Peissel-Cottenaz, G. (2008). Reflexive approach to the activity of preventionists and their training needs: results of a French study. *Safety Science*, 46(8), 1271-1288.
- Hella, F., Schouller, J.-F., Clément, D. (2003). Démarche ergonomique d'assistance à la mise à quai de camions de transport routier. *Le travail humain*, 3(66), 283-304.
- Judon, N., Hella, F., & Garrigou, A. (2013). *Identification ergonomique des situations d'exposition cutanée au bitume*. Communication au 48ème congrès de la SELF. Ergonomie et société : quelles attentes, quelles réponses ? Paris, 28-30 août.
- Mohammed-Brahim, B., & Garrigou, A. (2009). Une approche critique du modèle dominant de prévention du risque chimique. L'apport de l'ergotoxicologie. *@ctivités*, 6(1), 49-67.
- Thibault, J.-F., Merlin, X. & Garrigou, A. (2013). De la production à l'usage de la mesure, quelle appropriation par deux entreprises industrielles ? Pour quelle prévention des TMS ? *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé - Pistes*, 15(2), 15 p.
- Vermersch, P. (1994). L'entretien d'explicitation en formation initiale et continue. Paris : ESF.

Session 4 : Emotions, activités et technologies

Impact d'un sommet de côte et de ses aménagements sur le comportement et la réactivité cardiaque d'un conducteur à l'approche.

Janick Naveteur¹, Jean-Michel Auberlet², Julie Paxion¹, Florence Rosey³, Françoise Anceaux¹, Marie-Pierre Pacaux-Lemoine¹

(1) Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique industrielles et Humaines (LAMIH, CNRS UMR 8201) - Le Mont Houy – F-59 313 Valenciennes Cedex 09
Janick.Naveteur@univ-valenciennes.fr

(2) Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) Laboratoire Exploitation, Perception, Simulateurs et Simulations (LEPSiS), Cité Descartes - Champs sur Marne – F-77 447 Marne la Vallée Cedex 2
jean-michel.auberlet@ifsttar.fr

(3) Cerema – Direction Territoriale Normandie Centre, ERA34,
10 chemin de la poudrière F-76121 Le Grand Quevilly
Florence.Rosey@cerema.fr

RÉSUMÉ

Questionnant la pertinence d'une approche psychophysiological à l'analyse des situations, l'étude porte sur la conduite automobile. Centrée sur le franchissement de sommet de côte, elle est réalisée en simulateur, avec un parcours reproduisant le relief d'une route réelle. La fréquence cardiaque (FC) du conducteur et la vitesse du véhicule sont quantifiées sur différents secteurs du relief ; la dangerosité perçue est évaluée a posteriori. Les participants testent chacun trois types d'aménagement du sommet : sans aménagement, bandes d'alerte sonore et accotements revêtus. Les résultats montrent que, globalement, les variations inter-secteurs de la vitesse et de la FC ne sont pas en phase et leurs différences interindividuelles sont fortes. L'une décélération véhiculaire à l'approche du point haut est toutefois reliée à une accélération cardiaque du conducteur. La médiation partielle de cet effet par une évaluation de dangerosité est soutenue avec les accotements revêtus, dispositif visible de loin : le danger perçu y est proportionnel à la décélération du véhicule et à l'accélération cardiaque. L'intérêt et les limites des résultats et l'approche psychophysiological sont discutés.

MOTS-CLÉS

Conduite automobile ; vitesse, fréquence cardiaque, danger, sommet de côte.

1 INTRODUCTION

Dans les sociétés modernes, la route est un des rares environnements où l'individu s'expose encore au quotidien à des atteintes soudaines de son intégrité physique. Malgré une baisse notable du nombre d'accidents au cours de la dernière décennie, le nombre de tués par an en France avoisine toujours 3 500, et près de 27 000 blessés nécessitent une hospitalisation (ONISR, 2014). Les facteurs humains sont souvent en cause : la sécurité sur la route dépend grandement du



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

comportement des conducteurs dans une temporalité étroite. Ce comportement résulte d'une forte intrication entre cognition et émotions et ce, dans un environnement dynamique. L'approche psychoergonomique a développé des modélisations, applicables à la conduite automobile ou développées dans ce cadre, qui reflètent cette complexité (p. ex., Bellet & Tattegrain-Veste, 1999 ; Fuller, 2005 ; Ranney, 1994). Généralement en lien avec ces modèles, les stratégies de sécurité active interrogent les processus sous-tendant le comportement des conducteurs et ce, avec une diversité d'approches. Si l'étude des ajustements au niveau stratégique s'appuie majoritairement sur des enquêtes par questionnaires ou entretiens, celles du niveau tactique ou opérationnel requièrent également un recueil d'informations plus directes, que ce soit en situation réelle de conduite ou en simulateur. Ainsi, par exemple, des informations factuelles sur la vitesse ou le positionnement latéral des véhicules peuvent être collectées et sont parfois confrontées à des informations subjectives concernant ces paramètres ou, de façon plus globale, avec le risque perçu par le conducteur (p. ex., Lewis-Evans & Charlton, 2006).

Lorsque les conducteurs sont questionnés sur leur comportement ou sur leurs ressentis, les outils psychométriques même les plus affinés méthodologiquement, n'excluent pas totalement différents biais de réponses, en particulier les biais de désirabilité sociale qui reflètent une tendance de l'individu à donner une bonne image de lui-même de façon plus ou moins conscientisée (Lajunen, Corry, Summala, & Hartley, 1997; Lajunen & Summala, 2003). De plus, les questionnements *a posteriori* peuvent apporter des réponses peu fiables s'ils portent sur des actions insuffisamment mémorisées (Engelkamp, 1998), comme ce peut être le cas pour certaines actions automatisées de conduite. Des actions peuvent aussi avoir fait l'objet de distorsions mnésiques, notamment suite à la structuration d'un récit visant à donner sens aux perceptions (Naveteur, Pacaux-Lemoine, Morvan, Robache, Garnier, & Anceaux, 2009 ; Villame, 2004). De telles distorsions peuvent certes influencer le comportement ultérieur du conducteur, mais elles obscurcissent l'explication du comportement initialement ciblé. Enfin, tout recueil psychométrique impliquant une forme de communication directe (verbalisation, appuis sur des boutons...) en situation constitue une tâche secondaire susceptible d'interférer avec la tâche de conduite. Face à ces limites, l'approche psychophysique appliquée suscite un intérêt grandissant dans le contexte de la sécurité routière, tout comme dans d'autres contextes d'activité. Si cette orientation n'est pas récente, comme en témoigne, dans la revue « Le Travail Humain », une des premières publications concernant un véhicule instrumenté (Michaut, Pottier, Roche, & Wisner, 1964), les dispositifs d'enregistrement actuellement commercialisés sont plus conviviaux tant en ce qui concerne l'acquisition que l'analyse des signaux. De fait, ils séduisent un nombre croissant de chercheurs espérant recueillir des informations objectives et des démonstrations indiscutables. La Psychoergonomie s'ouvre donc de plus en plus à la Psychophysique, discipline étudiant les liens existant entre activité physiologique et processus psychologiques chez l'être humain (Coles, 2003). Ces liens sont toutefois plus hypothétiques et complexes que ne le suggère une conception paralléliste, héritée de Leibniz (cf. Garber, 1983). Proposant une taxonomie des relations psychophysiques, Cacioppo, Tassinari et Berntson (2007) distinguent trois dimensions : la sensibilité qui peut être faible ou forte selon la proportionnalité de la taille des variations observées dans chaque dimension, la spécificité allant de « *one-to-one* » à « *one-to-many* » si un élément dans l'une des dimensions (physiologique ou psychologique) n'est relié qu'à un seul élément (parallélisme) ou à plusieurs éléments dans l'autre dimension, et la généralité, à savoir la plus ou moins grande dépendance de la relation par rapport au contexte. Il est patent que la probabilité d'une relation « idéale », soit une « *one-to-one* » très sensible et indépendante du contexte, est assez faible. En conséquence, une grande prudence d'interprétation est requise, même avec les indices les plus classiques tels les paramètres cardiovasculaires.

Le cœur est l'élément central du système cardiovasculaire. Son fonctionnement, régulé par le système nerveux végétatif, ne peut être modifiée volontairement de façon directe. La fréquence cardiaque (FC) est augmentée par l'adrénaline sous l'influence du système nerveux sympathique qui prépare l'organisme à une réaction d'attaque ou de fuite ; elle est ralentie par l'acétylcholine sous

l'influence du système nerveux parasympathique qui vise à restaurer le fonctionnement initial. Des facteurs divers affectent le rythme cardiaque de façon phasique, de façon plus ou moins saillante. Les interprétations de telles accélérations ou décélérations sont multiples. Ainsi, des variations de FC sont classiquement considérées comme une composante de certaines émotions (pour une revue, voir Levenson, 2014). En lien ou non avec les émotions, le fait que la fréquence cardiaque dépende de mécanismes nerveux qui contrôlent le mouvement est aussi une caractéristique notable (Obrist, 1976) dans un contexte d'activité à composante motrice comme l'est la conduite automobile.

La fréquence cardiaque (FC) est très souvent prise en compte en conduite automobile, soit seule, soit en association avec d'autres indices psychophysologiques. L'objectif fréquemment mis en avant est de pouvoir intégrer dans l'interface Humain-Machine des informations concernant l'état du conducteur en termes de stress, de charge mentale ou de fatigue (ex. Healey & Picard, 2000 ; Nasoz, Lisetti, & Vasilakos, 2010). Des variations phasiques de FC ont été mises en relation avec des typologies et l'état des conducteurs, les véhicules ou le trajet (durée, trafic, conditions climatiques) (p. ex., Fairclough & Spiridon, 2012 ; Malta, Blanchard, Freidenberg, Galovski, Karl, & Holzappel, 2001 ; Schmidt, Schrauf, Simon, Fritzsche, Buchner, & Kincses, 2009 ; Vivoli, Bergomi, Rovesti, Carrozi, & Vezzosi, 1993 ; Zhao, Zhao, Liu, & Zheng, 2012). Les travaux centrés sur l'infrastructure routière sont plus rares. Parmi ceux-ci, Helander (1975) ne constate pas de variation significative de la FC au niveau d'un dos d'âne dont le franchissement n'impose aucune manœuvre particulière. En revanche, une accélération cardiaque d'en moyenne 10 bat/mn a été observée dans des giratoires (Heyes, Armstrong, & Willans, 1976) ; elle commence juste avant l'entrée et se termine rapidement après la sortie mais elle est grandement liée au trafic, étant totalement absente si aucune autre voiture n'est engagée sur le giratoire. Backs, Lenneman, Wetzell et Greene (2003) constatent également une accélération cardiaque dans des virages, une décélération survenant toutefois pour un virage très serré en lien avec l'augmentation du flux d'informations visuelles. À notre connaissance, aucune donnée psychophysologique n'est disponible pour des sommets de côte, alors qu'il s'agit d'une configuration particulière dans le sens où elle génère une incertitude sur les éléments d'infrastructure ou de trafic subséquents au point haut. Statistiquement toutefois, les sommets de côte ne constituent pas un sur risque, sauf si le point haut dissimule un virage ou un carrefour (Rosey, 2007). Par ailleurs, un lien entre la FC et la vitesse véhiculaire a été recherché, avec des résultats contrastés (Hoffman, 1961 ; Tejero & Chóliz, 2002 ; Suenaga, Goto, Torigoe, Yamashita, & Hattori, 1965) ; le milieu urbain favoriserait l'émergence d'une relation positive probablement liée à un accroissement conjoint des accélérations-décélérations et des dangers perçus (Min, Chung, Park, Kim, Sim, & Sakamoto, 2002) ; en d'autres termes, les processus sous-jacents seraient à la fois le couplage cardio-somatique et la peur. La difficulté à relier FC et vitesse n'est pas surprenante car la vitesse est un paramètre multidéterminé (Horberry, Hartley, Gobetti, Walker, Johnson, Gersbach, & Ludlow, 2004) ; son incidence sur la probabilité d'accidents (Aarts & Van Schagen, 2006) justifierait toutefois de nouvelles approches psychophysologiques dans des conditions routières bien ciblées afin d'optimiser la connaissance des processus émotionnels sous-jacents.

Réalisée en simulateur, la présente étude porte sur le franchissement de sommet de côte. Le recueil de données exploitées ici concerne la vitesse du véhicule et la fréquence cardiaque du conducteur, tous deux quantifiés sur différents secteurs de la section routière afin de permettre l'étude dynamique de leurs variations en fonction du relief. Une décélération du véhicule est attendue dans les secteurs critiques (Fambro et al., 2000) et l'appui sur la pédale de l'accélérateur est quantifié pour en préciser l'origine. Il est également fait l'hypothèse de l'occurrence d'une accélération cardiaque reliée à la perception du danger, quantifiée *a posteriori* en lien avec le franchissement du sommet. Des covariations possibles seront recherchées entre la vitesse et la fréquence cardiaque. Compte tenu de la nature de ces paramètres, des fortes différences interindividuelles sont attendues. En conséquence, l'étude est centrée sur les ajustements (variations par rapport à un secteur de référence) autant que sur les valeurs brutes. En outre, sont comparés trois types d'aménagement d'un même sommet, dont l'impact était initialement testé sur les positions latérales (Auberlet et al., 2012) ; l'intérêt se focalise ici sur des accotements revêtus,

considérant, dans cette étude, qu'ils produisent un visuel plus saillant susceptible de favoriser des ajustements anticipés liés à la perception d'un danger et, notamment, une relation inverse entre vitesse et fréquence cardiaque.

2 METHODE

2.1 Participants

Trente-six participants (12 femmes et 24 hommes), âgés de 18 à 55 ans ($M = 29.19 \pm 10.28$) ont participé à l'étude. Tous étaient titulaires d'un permis de conduire B de plein droit (aucun conducteur sous restrictions) ; en moyenne, ils disposaient d'une expérience de conduite de 11 ans \pm 9,8 ans et parcouraient 17 604 km/an \pm 9 363 km. Tous avaient une vision normale ou corrigée. Ils ont été contactés par diffusion d'un appel à recrutement dans différents réseaux en lien avec le laboratoire et aucun volontaire n'avait antérieurement conduit dans le simulateur.

2.2 Matériel

L'étude a été menée sur le simulateur dynamique à plateforme mobile SHERPA (Simulateur Hybride d'Etude et de Recherche de PSA Peugeot Citroën pour l'Automobile ; Figure 1) de l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis. Dans la configuration utilisée pour l'expérimentation, SHERPA se présente sous la forme d'un véhicule Peugeot 206 fixé sur une plateforme mobile à six axes, le tout positionné face à trois écrans plats assurant un champ visuel de 180° ; l'écran central est positionné à 3,3 m devant le conducteur et les écrans périphériques forment avec lui un angle de 60°. L'image projetée couvre au total un angle de 180° à l'horizontale et 45° à la verticale du point de vue du conducteur, avec une résolution de 1280×1024 pixels. Les rétroviseurs intègrent des écrans LCD couleur, avec une résolution de 800×480 pixels et une vitesse de rafraîchissement de 60 Hz. Le tableau de bord est conforme à celui d'un véhicule standard, indiquant notamment la vitesse du véhicule. Un retour sonore est fourni quand le véhicule franchit les bandes rugueuses et une vibration est générée par la plateforme mobile.



Figure 1. Le simulateur de conduite SHERPA

Dans cette étude, le parcours était une section expérimentale rectiligne de 3 km de long, correspondant à une portion de route bidirectionnelle de type départementale d'une largeur de 6 m, basée sur une configuration topographique réelle (D961, dans le Maine-et-Loire). Les largeurs de voie, marquages au sol, distances perçues et autres caractéristiques géométriques étaient incorporés de sorte que la perception de la simulation corresponde à celle de la route réelle. La section reproduite incluait un relief en deux côtes successives. Bien que moins haut, le premier sommet de côte (SdC) masquait le second aux conducteurs à l'approche. À des fins d'analyse, cinq secteurs (S) routiers de 150 m chacun sont définis par rapport au relief (Figure 2) :

- - S1, section de référence sans aménagement se terminant avant le point haut du premier SdC,

- - S2, section au bas du second SdC d'où le point haut est visible,
- - S3, partie avant le point haut du second SdC,
- - S4, partie après le point haut
- - S5, fin de la descente.

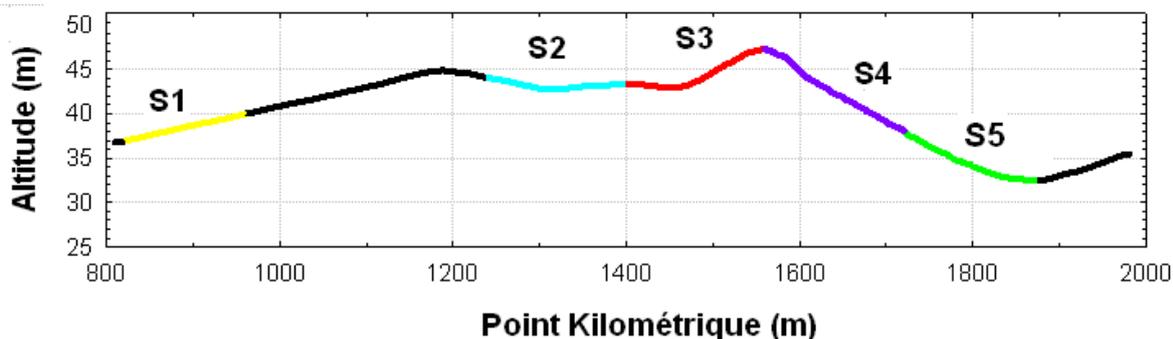


Figure 2. Reliefs de la portion de route expérimentale analysée sur 5 secteurs (S1 à S5)

Comme le montre la figure 3, trois types d'aménagements étaient testés sur le second sommet côte. Ils couvraient 150 m avant et après le sommet, soit les secteurs 3 et 4 tels que définis ci-avant. Les trois aménagements étaient : 1) condition contrôle sans aménagement, 2) bandes d'alerte sonore de type creusé chaque côté de la ligne centrale, et 3) accotements revêtus de couleur ocre.



Figure 3. Caractéristiques visuelles du second sommet de côte ; de gauche à droite : référence sans aménagement, bandes d'alerte sonore, accotement revêtu.

Un trafic léger circulait en sens inverse. Comme sur la route réelle, la vitesse était limitée à 90 km/h sur la section expérimentale. Aucun panneau de prescription de vitesse n'était implanté sur la base 3D afin de ne pas influencer les participants. La règle des 90 km/h était juste rappelée verbalement dans les consignes. La vitesse réelle du véhicule était échantillonnée à 60 Hz, tout comme les appuis sur la pédale d'accélérateur. L'activité électrocardiographique du conducteur était enregistrée à l'aide d'un dispositif BIOPAC MP 150, avec une fréquence d'échantillonnage de 1000 Hz. Les électrodes d'enregistrement à usage unique étaient placées en dérivation DII d'Eithoven, soit une mesure bipolaire sur le poignet droit et la cheville gauche.

2.3 Procédure

À leur arrivée dans le laboratoire, les participants lisaient et signaient un formulaire de consentement éclairé et complétaient un bref questionnaire démographique avant de se familiariser avec la conduite en simulateur durant 20 min sur une section routière différente de la section expérimentale. Ils étaient ensuite informés qu'ils devraient conduire, comme ils le feraient dans la réalité, sur une route rurale où quelques perturbations pourraient apparaître. Les participants effectuaient trois passages sur le relief, un pour chaque type d'aménagement. L'ordre des conditions était contrebalancé entre les participants. À l'issue de chaque trajet, les participants répondaient à la

question « *Le sommet de côte vous a-t-il semblé dangereux ?* ». Pour ce faire, ils entouraient un chiffre sur une échelle numérique graduée de 1 à 7, bornée à gauche par « *Pas du tout* » et à droite par « *Tout à fait* ». En fin de session, les participants étaient informés des objectifs de l'étude et invités à commenter librement l'expérience. Une session expérimentale durait en moyenne 1h45.

2.4 Analyse des données

Pour chaque franchissement de la portion de relief, la vitesse moyenne du véhicule a été calculée sur les 5 secteurs. Après exploration visuelle du signal ECG et élimination *a posteriori* des artéfacts, la fréquence cardiaque (FC) moyenne a été calculée sur les 5 secteurs. Les paramètres retenus pour l'analyse (vitesse, FC, et danger perçu) ont été recueillis dans les trois conditions d'aménagement. Un test de Kolmogorov-Smirnov confirme une normalité des distributions pour les vitesses et la fréquence cardiaque autorisant des analyses de variance (ANOVA) paramétrique selon un plan intra-sujets 5 (secteurs) x 3 (aménagements), suivies de comparaisons *post-hoc* effectuées au moyen du test de Newman-Keuls. Concernant le danger perçu, les conditions requises pour des analyses paramétriques ne sont pas remplies ; l'effet de du type d'aménagement a été testé par ANOVA de Friedman. Pour apprécier les liens entre les variables dépendantes absolues et relatives (essentiellement écarts entre le secteur de référence et les autres secteurs), des coefficients de corrélations de Bravais-Pearson ou de Spearman ont été calculés selon le type de données.

3 RESULTATS

3.1 Vitesse du véhicule

L'ANOVA révèle un effet significatif du secteur ($F(4/140) = 52,17$; $\epsilon = 0,52$; $p < .001$; $\eta^2_p = 0,60$; Figure 4). Relativement à la vitesse constatée sur le secteur de référence, le profil est celui d'une décélération progressive suivie d'une accélération en fin de descente du second sommet (S1 : $M = 89,1 \text{ km/h} \pm 9,6$; S2 : $M = 84,0 \text{ km/h} \pm 10,3$; S3 : $M = 80,9 \text{ km/h} \pm 11,5$; S4 : $M = 76,4 \text{ km/h} \pm 12,7$; S5 : $M = 83,6 \pm 10,3$) ; les comparaisons *post-hoc* indiquent en effet que les différences de vitesse entre les secteurs sont significatives (tous les $p < .001$), exceptée celle entre S2 et S5 ($p = .72$). Même si les vitesses sur les différents secteurs sont significativement corrélées entre elles ($r(36) \geq 0,78$), la vitesse enregistrée sur le secteur de référence ne prédit pas les variations de vitesse constatées ultérieurement ($r(36) \leq 0,18$) suggérant de grandes différences interindividuelles dans l'ajustement des vitesses au relief. L'ANOVA montre également que l'effet simple de l'aménagement et l'interaction entre l'aménagement et le secteur ne sont pas significatifs (respectivement, $F(2/70) = 0,00$, $p = .37$ et $F(8/280) = 0,35$, $p = .94$). Les variations de vitesse en fonction du secteur ne sont pas la simple conséquence du dénivelé : intervient également une modulation active de l'enfoncement de la pédale d'accélérateur par le conducteur, comme le révèle le seul résultat significatif de l'ANOVA sur ce paramètre ($F(4/140) = 33,45$; $\epsilon = 0,72$; $p < .001$; $\eta^2_p = 0,48$) ; le profil décrit une remontée progressive de la pédale entre les secteurs 1 et 3 puis un enfoncement en secteur 4 (S1 : $M = 26,1 \pm 3,7$; S2 : $M = 22,5 \pm 4,2$; S3 : $M = 17,1 \pm 6,3$; S4 : $M = 24,4 \pm 4,2$. S5 : $M = 26,5 \pm 5,5$; S2 et S3 diffèrent significativement l'un par rapport à l'autre et par rapport aux des autres secteurs (tous les $p < .001$) qui ne diffèrent pas entre eux (tous les $p > .45$).

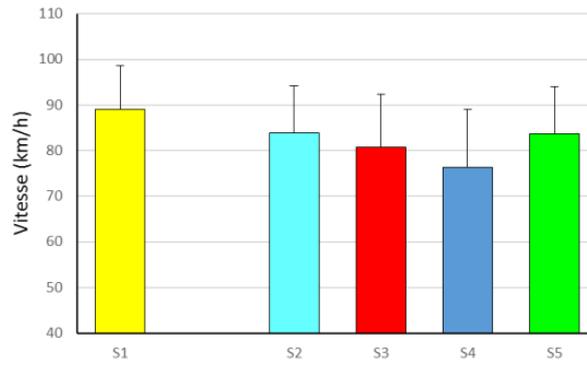


Figure 4. Vitesse moyenne sur les 5 secteurs expérimentaux.

3.2 Fréquence cardiaque du conducteur

L'ANOVA révèle un effet significatif du secteur ($F(4/140) = 3,63$; $\epsilon = 0,79$; $p = 0,013$; $\eta^2_p = 0,09$; Figure 5). Les comparaisons post-hoc indiquent que cet effet principal résulte essentiellement de la survenue d'une accélération cardiaque en fin de descente du second SdC : la FC sur S5 ($M = 78,2$ bat/min $\pm 16,5$) est significativement plus élevée (tous les $p < .05$) que sur les autres secteurs (S1 : $M = 76,5$ bat/min $\pm 17,5$; S2 : $M = 77,1$ bat/min $\pm 15,9$; S3 : $M = 76,7$ bat/min $\pm 16,3$; S4 : $M = 76,5$ bat/min $\pm 16,1$) qui ne diffèrent pas entre eux (tous les $p > .45$). Les FC moyennes sur les différents secteurs sont significativement corrélées entre elles ($r(36) \geq .97$), signe d'une rythmicité tonique propre à chaque conducteur sur le tronçon. Les différences inter-secteurs présentent toutefois une forte variabilité interindividuelle (p. ex., les différences individuelles entre S5 et les autres secteurs, vont d'une accélération de +12 bat/min à une décélération de -8,8 de bat/min). La FC enregistrée sur le secteur de référence ne prédit pas les variations de fréquence cardiaque constatées dans les autres secteurs ($|r(36)| < 0,13$). L'ANOVA montre en outre que l'effet simple de l'aménagement et l'interaction entre l'aménagement et le secteur ne sont pas significatifs (respectivement, $F(2/70) = 1,87$, $p = .16$ et $F(8/280) = 0,92$, $p = .50$).

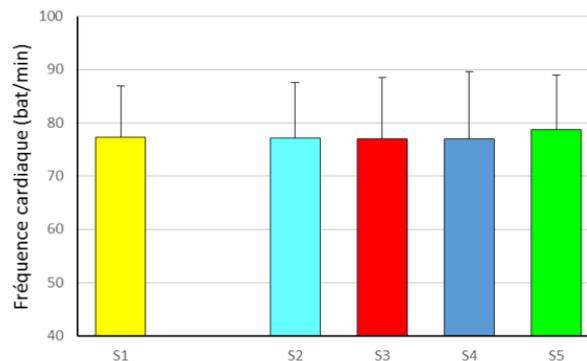


Figure 5. Fréquence cardiaque moyenne sur les 5 secteurs expérimentaux.

3.3 Relation entre vitesse et fréquence cardiaque

Sur chacun des secteurs, les valeurs moyennes de vitesse ne sont pas significativement corrélées avec les valeurs moyennes de fréquence cardiaque ($|r(36)| < 0,26$). Comme rapportée ci-avant, la présence de fortes différences interindividuelles, tant dans les variations de vitesse que dans les variations du rythme cardiaque, motive l'analyse corrélationnelle de ces variations. Les résultats concernant les accélérations-décélérations par rapport au secteur de référence révèlent ainsi une corrélation négative entre, d'une part, la différence de vitesse entre S1 et S3 ou S4 (soit l'importance de la décélération du véhicule) et, d'autre part, la différence de fréquence cardiaque entre ces secteurs : S1-S3 : $r(36) = -0,43$, $p < .01$; S1-S4 : $r(36) = -0,47$, $p < .01$ (pour information, S1-S2 : $r(36) = -$

0,29, $p < .10$ et S1-S5 : $r(36) = 0,09$, ns). Comme le montre la figure 6, les conducteurs qui n'ont pas présenté d'accélération cardiaque (possiblement ceux qui n'ont pas envisagé l'occurrence possible d'un danger) n'ont pas ou réduit leur vitesse à l'approche du point haut. Pour terminer, compte tenu de la cooccurrence d'une accélération de vitesse et d'une accélération cardiaque sur le dernier secteur, une corrélation entre les différences S4-S5 pour ces deux paramètres a été recherchée *a posteriori*, supposant une influence causale directe ou non de la vitesse, mais elle n'atteint pas le seuil de signification ($r(36) = 0,32$, $p < .10$).

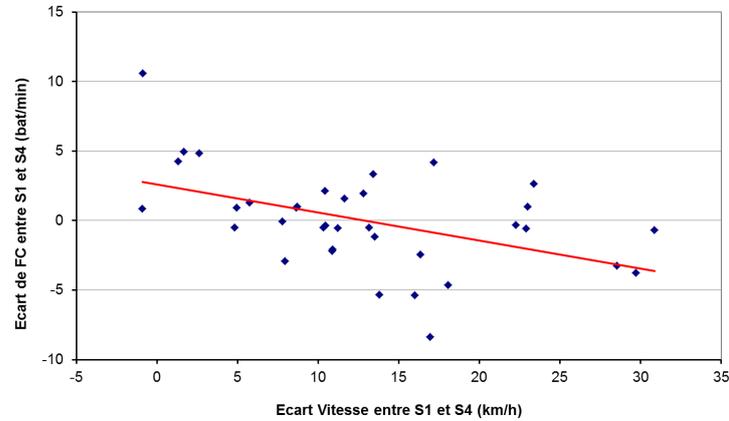


Figure 6. Corrélation entre écart de vitesse et écart de fréquence cardiaque (FC) entre la référence et le secteur consécutif au sommet.

3.4 Danger perçu par les conducteurs

Le lien décrit ci-avant entre décélération véhiculaire et accélération cardiaque est possiblement médié par la perception d'un danger potentiel lié au relief. Pour conforter cette hypothèse, se justifient des traitements corrélationnels entre ces paramètres (précisément les différences avec le secteur de référence pour la vitesse et la FC) et le score de dangerosité perçue ($M = 4,6/10 \pm 1,49$; empan : 1-7/10). Il est attendu que ce score soit associé à une décélération du véhicule et à une accélération cardiaque. Un pattern en ce sens apparaît lorsque le sommet est aménagé avec un accotement revêtu. Le tableau 1 détaille ces résultats : davantage de danger est perçu par ceux dont la décélération véhiculaire et/ou l'accélération cardiaque ont été plus fortes, notamment sur les secteurs 3 et 4. L'hypothèse est donc partiellement confortée mais un seul aménagement produit l'effet, celui dont le visuel est plus saillant, alors même que l'ANOVA de Friedman ne montre pas d'effet significatif global du type d'aménagement sur le danger perçu (ANOVA du $\chi^2(36/2) = 0,08$, $p = .96$). A noter également, sur le secteur 3, soit juste avant le point haut, un lien inverse entre le danger perçu et l'enfoncement de la pédale d'accélérateur ($\rho(36) = -.36$, $p < .05$), l'effet étant retrouvé avec les bandes d'alerte sonore ($\rho(36) = -.34$, $p < .05$) et l'accotement revêtu ($\rho(36) = -.38$) mais pas dans la condition de référence ($\rho(36) = -.20$, ns).

Tableau 1. Corrélations (coefficient rho de Spearman) entre danger perçu et écart entre la référence (S1) et les autres secteurs (S2 à S5) pour la vitesse et la fréquence cardiaque (* $p < .05$), le sommet étant aménagé avec des accotement revêtus.

	Vitesse	Fréquence cardiaque
S1 - S2	.39 *	-.32
S1 - S3	.40 *	-.43 *
S1 - S4	.53 *	-.33 *
S1 - S5	.46 *	-.21

4 DISCUSSION

Comme attendu, le relief a influencé la vitesse, induisant une décélération à l'approche de la montée et durant celle-ci, décélération qui se poursuit après le sommet ; à la fin de la descente, le véhicule accélère sans encore récupérer sa vitesse de référence. Les vitesses sur les différents secteurs sont corrélées, reflétant possiblement un style de conduite (Haglund & Åberg, 2002). Considérées comme des réponses phasiques, les variations de vitesse en fonction du relief seraient toutefois dissociées de cette typologie globale. Elles sont potentiellement interprétables en termes d'ajustement opérationnel (Michon, 1985) et seraient motivées par la prudence bien que ne s'exerçant pas en référence à une vitesse objective. Une modulation de l'enfoncement de la pédale d'accélérateur conforte l'idée d'un ajustement intentionnel de la vitesse, notamment un lever-le-pied à l'approche du point haut. L'enfoncement de cette pédale révèle en outre une intention d'accélérer effective juste après le sommet, soit probablement dès que sont levées les incertitudes relatives à configuration subséquente, même si la vitesse du véhicule reste réduite sur ce secteur.

La fréquence cardiaque varie significativement en fonction du relief mais l'importance de l'effet est notablement moindre que celui obtenu pour la vitesse. Globalement, il s'agit surtout d'une accélération en fin de descente, dont l'explication peut difficilement être précisée en l'état actuel : il est possible qu'elle soit la conséquence de l'augmentation de vitesse sur le secteur (Min et al., 2002), même si une proportionnalité n'est pas clairement soutenue statistiquement. Plus important en termes de sécurité est le fait que, comparant le secteur de référence aux secteurs situés juste avant ou après le point haut (là où la réduction de vitesse est importante par rapport à la référence), un lien émerge entre accélération cardiaque et décélération véhiculaire. Une explication simple en termes de couplage cardio-somatique (Obrist, 1976) doit être envisagée, reflétant une augmentation de la demande métabolique périphérique causée par l'actionnement de la pédale d'accélérateur, soit surtout le lever-le-pied maximal avant le point haut. Cependant, la médiation de ce lien avec le danger perçu dans le cas d'un aménagement du relief avec accotement revêtu interpelle. Sans pour autant impacter globalement la vitesse, la FC ou le danger perçu, cet aménagement met visuellement en évidence la particularité du relief et ce, d'une façon peu usuelle. Il envoie donc un signal plus saillant auquel le conducteur peut répondre de façon anticipée avec un contrôle cognitif fondé sur des savoir-faire (ou automatismes ; Rasmussen, 1987 ; Hoc & Amalberti, 2007) ou contrôle opérationnel (Van der Molen & Bötticher, 1988). Rien d'étonnant alors à ce que l'ampleur de l'ajustement de vitesse et des variations de fréquence cardiaque soit reliée au danger perçu. Le caractère corrélationnel de l'effet traduit toutefois une variabilité interindividuelle de l'issue du processus d'évaluation de la dangerosité (cf. Lazarus, 1991). En termes de causalité, si la décélération véhiculaire est probablement la conséquence de la perception d'un danger, le lien entre danger perçu et fréquence cardiaque serait plus complexe. En effet, l'accélération cardiaque peut être une composante physiologique d'une réaction de peur issue du processus initial d'évaluation du danger (Levenson, 2014) mais, sachant que le score de danger est recueilli *a posteriori*, il n'est pas exclu que le ressenti intéroceptif de l'accélération cardiaque ait majoré le ressenti de dangerosité (Niedenthal, 2007).

En conclusion, cette étude en simulateur décrit des variations de vitesse et de fréquence cardiaque en lien avec le franchissement d'un sommet de côte portant trois types d'aménagements différents. Les résultats obtenus avec les procédures statistiques classiques concernent surtout des différences liées au relief et portent essentiellement sur la vitesse. Elles sont explicables en référence à l'incertitude concernant les événements de route subséquents au point haut, incertitude que les aménagements ne peuvent lever d'où probablement leur absence d'incidence globale. Avec ce type d'analyse, la psychophysologie est quasi muette, le protocole n'incluant pas de situations ou de stimulations susceptibles d'induire systématiquement une réaction émotionnelle notable. La variabilité interindividuelle des réactions suggère toutefois que certains conducteurs seraient plus réactifs que d'autres à une telle configuration de route. Une analyse corrélationnelle fine fait ainsi apparaître des liens entre la fréquence cardiaque et le comportement de conduite, en partie médiés

par l'issue d'un processus d'évaluation de la dangerosité. L'individualisation de l'approche montre sa complémentarité avec des stratégies d'étude ergonomiques, notamment la confrontation aux traces de l'activité pour faciliter un retour réflexif (cf. Cahour & Licoppe, 2010). Ceci étant, prolonger les présents résultats avec des méthodes de ce type aurait autant d'intérêt pour conforter l'interprétation des réactions physiologiques que celles-ci pourraient en avoir pour soutenir la recherche psychoergonomique. Le propos est bien ici une complémentarité et, en aucun cas les réactions physiologiques n'ont valeur de témoin indiscutable des processus psychologiques, tel suggéré par une position paralléliste. La question du lien entre émotions et mouvement (Evans, 2014) est notamment incontournable, la nuance pour la conduite automobile comme pour d'autres activités étant que les mouvements sont souvent différents de ceux permettant la fuite (ou l'attaque) dans le registre initial de notre espèce. Au total, ces liens ouvrent des pistes pour esquisser un rapprochement entre, d'une part, les modélisations de la conduite automobile et, d'autre part, les modèles cognitifs des émotions et de la cognition incarnée.

5 REMERCIEMENTS

Le projet SARI est un projet du PREDIT (Programme de Recherche, d'Expérimentation et d'Innovation dans les Transports terrestres). Nous tenons à remercier le Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer, et notamment la Direction de la Recherche, et de l'Animation Scientifique et Technique (DRAST), les Conseils Généraux des Côte d'Armor et du Maine et Loire pour leur soutien dans la réalisation de ce projet. Les auteurs remercient Jérôme Floris, le magicien du simulateur, et tous les volontaires qui ont participé à l'expérimentation.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Aarts, L., & Van Schagen, I. (2006). Driving speed and the risk of road crashes: A review. *Accident Analysis & Prevention, 38*(2), 215-224.
- Auberlet, J.M., Rosey, F., Anceaux, F., Aubin, S., Briand, P., Pacaux, M.P., & Pinchault, P. (2012). The impact of perceptual treatments on driver's behavior: From driving simulator studies to field tests—First results. *Accident Analysis and Prevention, 45*, 91–98.
- Backs, R. W., Lenneman, J. K., Wetzell, J. M., & Greene, P. (2003). Cardiac measures of driver workload during simulated driving with and without visual occlusion. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 45*(4), 525-538.
- Bellet, T., & Tattegrain-Veste, H. (1999). A framework for representing driving knowledge. *International journal of cognitive ergonomics, 3*(1), 37-49.
- Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G., & Berntson, G. G. (2007). Psychophysiological science: Interdisciplinary approaches to classic questions about the mind. *Handbook of psychophysiology, 1*-16.
- Cahour, B., & Licoppe, C. (2010) Confrontations aux traces de son activité Compréhension, développement et régulation de l'agir dans un monde de plus en plus réflexif. *Revue d'anthropologie des connaissances, 4*(2), 243-253.
- Coles, M. G. (2003). Thirty years of cognitive psychophysiology: retrospective, current state, and prospective. *Biological psychology, 64*(1), 211-216.
- Engelkamp, J. (1998). *Memory for actions*. Psychology Press/Taylor & Francis (UK).
- Evans, P. (2014). *Motivation and Emotion (PLE: Emotion)*. Psychology Press.
- Fairclough, S. H., & Spiridon, E. (2012). Cardiovascular and electrocortical markers of anger and motivation during a simulated driving task. *International Journal of Psychophysiology, 84*(2), 188-193.
- Fambro, D. B., Fitzpatrick, K., & Russell, C. W. (2000). Operating speed on crest vertical curves with limited stopping sight distance. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1701*(1), 25-31.
- Fuller, R. (2005). Towards a general theory of driver behaviour. *Accident Analysis & Prevention, 37*(3), 461-472.

- Garber, D. (1983). Mind, Body and the laws of Nature in Descartes and Leibniz. *Midwest Studies in Philosophy*, 8(1), 105-133.
- Haglund M., & Åberg, L. (2002) Stability in drivers' speed choice. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5(3), 177–188.
- Healey, J., & Picard, R. (2000). SmartCar: detecting driver stress. In *Pattern Recognition, 2000. Proceedings. 15th International Conference on* (Vol. 4, pp. 218-221). IEEE.
- Helander, M. G. (1975). Physiological reactions of drivers as indicators of road traffic demand. *Transportation Research Record*, 530, 1-17.
- Heyes, A. D., Armstrong, J. D., & Willans, P. R. (1976). A comparison of heart rates during blind mobility and car driving. *Ergonomics*, 19(4), 489-497.
- Hoc, J.-M. & Amalberti, R. (2007). Cognitive control dynamics for reaching a satisficing performance in complex dynamic situations. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 1, 22-55.
- Hoffmann, H. (1961). Experimentelle Kreislaufuntersuchungen bei gesunden Kraftfahrzeugführern unter variierten Fahrbedingungen. *Munchener Medizinische Wochenschrift*, 103(47), 2335-2389.
- Horberry, T., Hartley, L., Gobetti, K., Walker, F., Johnson, B., Gersbach, S., & Ludlow, J. (2004). Speed choice by drivers: The issue of driving too slowly. *Ergonomics*, 47(14), 1561-1570.
- Lajunen, T., Corry, A., Summala, H., & Hartley, L. (1997). Impression management and self-deception in traffic behaviour inventories. *Personality and Individual Differences*, 22, 341-353.
- Lajunen, T., & Summala, H. (2003). Can we trust self-reports of driving? Effects of impression management on driver behaviour questionnaire responses. *Transportation Research Part F*, 6, 97-107.
- Lazarus, R. (1991). *Emotion and adaptation*. New York : Oxford University Press.
- Levenson, R. W. (2014). The autonomic nervous system and emotion. *Emotion Review*, 6(2), 100-112.
- Lewis-Evans, B., & Charlton, S. G. (2006). Explicit and implicit processes in behavioural adaptation to road width. *Accident Analysis & Prevention*, 38(3), 610-617.
- Malta, L. S., Blanchard, E. B., Freidenberg, B. M., Galovski, T. E., Karl, A., & Holzapfel, S. R. (2001). Psychophysiological reactivity of aggressive drivers: An exploratory study. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 26(2), 95-116.
- Michaut, G., Pottier, M., Roche, M., & Wisner, A. (1964). Etude psychophysologique de la conduite automobile : Revue générale et expériences sur circuit fermé. *Le Travail Humain*, 193-219.
- Michon, J. A. (1985). A critical view of driver behavior models : what do we know, what should we do? In L. Evans, & R. C. Schwing (Eds). *Human behavior and traffic safety*. New York: Plenum Press, 485-520.
- Min, B. C., Chung, S. C., Park, S. J., Kim, C. J., Sim, M. K., & Sakamoto, K. (2002). Autonomic responses of young passengers contingent to the speed and driving mode of a vehicle. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 29(4), 187-198.
- Naveteur J., Pacaux-Lemoine M.-P., Morvan H., Robache F., Garnier C., Anceaux F. (2009). Fiabilité des actions et réactions d'urgence relatées par des conducteurs : étude en pré-crash automobile virtuel. In B. Cahour, F. Anceaux & A. Giboin (Eds), *Actes du 5° Colloque EPIQUE* (pp. 128-135). Paris : Ecole Nationale Supérieure Télécom ParisTech.
- Nasoz, F., Lisetti, C. L., & Vasilakos, A. V. (2010). Affectively intelligent and adaptive car interfaces. *Information Sciences*, 180(20), 3817-3836.
- Niedenthal, P. M. (2007). Embodying emotion. *Science*, 316(5827), 1002-1005.
- Obrist, P. A. (1976). The cardiovascular-behavioral interaction—as it appears today. *Psychophysiology*, 13(2), 95-107.
- ONISR (2014). *La sécurité routière en France - Bilan de l'accidentalité de l'année 2013*- Pré-édition. Paris: La Documentation française.
- Ranney, T. A. (1994). Models of driving behavior: a review of their evolution. *Accident Analysis & Prevention*, 26(6), 733-750.

- Rasmussen, J. (1987). *Cognitive control and human error mechanisms*. New technology and human error. New York: Wiley.
- Rosey F. (2007). *Action 1.5 – Descripteurs de lisibilité en ligne droite*. Rapport projet SARI2006 sous thème VIZIR, INRETS-MSIS, Arcueil, France, sept.
- Schmidt, E. A., Schrauf, M., Simon, M., Fritzsche, M., Buchner, A., & Kincses, W. E. (2009). Drivers' misjudgement of vigilance state during prolonged monotonous daytime driving. *Accident Analysis & Prevention, 41*(5), 1087-1093.
- Suenaga, K., Goto, K., Torigoe, H., Yamashita, Y., & Hattori, Y. (1965). The effect on cardiac functions of the driver of speedy driving on an ordinary public road. *J. Kurume MA, 28*, 1091.
- Tejero, P., & Chóliz, M. (2002). Driving on the motorway: the effect of alternating speed on driver's activation level and mental effort. *Ergonomics, 45*(9), 605-618.
- Van der Molen, H.H., & Bötticher A.M.T. (1988). A hierarchical risk model for traffic participants. *Ergonomics, 31*(4), 537-555.
- Villame, T. (2004). Conception de systèmes d'assistance au conducteur : comment prendre en compte le caractère complexe, dynamique et situé de la conduite automobile ? Cognition située et conception de systèmes d'assistance au conducteur. *@ctivités, 1*, 146-169.
- Vivoli, G., Bergomi, M., Rovesti, S., Carrozzi, G., & Vezzosi, A. (1993). Biochemical and haemodynamic indicators of stress in truck drivers. *Ergonomics, 36*(9), 1089-1097.
- Zhao, C., Zhao, M., Liu, J., & Zheng, C. (2012). Electroencephalogram and electrocardiograph assessment of mental fatigue in a driving simulator. *Accident Analysis & Prevention, 45*, 83-90.

Donner corps à l'usager : l'apport de l'analyse du vécu émotionnel dans l'évaluation de l'acceptabilité pratique

Charlotte Plaksine

Laboratoire GRePS (EA 4163), Institut de Psychologie Université Lyon 2
5 avenue P. Mendès-France - 69676 – Bron (France)
Charlotte.plaksine@gmail.com

Nadia Barville-Deromas

Laboratoire GRePS (EA 4163), Institut de Psychologie Université Lyon 2
5 avenue P. Mendès-France - 69676 – Bron (France)
Nadia.barville@orange.fr

Marc-Eric Bobillier-Chaumon

Laboratoire GRePS (EA 4163), Institut de Psychologie Université Lyon 2
5 avenue P. Mendès-France - 69676 – Bron (France)
Marc-eric.bobillier-chaumon@univ-lyon2.fr

Jacqueline Vacherand-Revel

Laboratoire ICAR, CNRS (UMR 5191/Lyon2/IFE/ENS) ENS de Lyon, campus Descartes 15, parvis René
Descartes - 69342 Lyon cedex 07
Jacqueline.vacherand-revel@ec-lyon.fr

RÉSUMÉ

Vus comme des vecteurs de la performance, les réseaux sociaux d'entreprise (RSNE) sont encore peu abordés sous l'angle des mutations des rapports sociaux et des usages qu'ils engendrent. Dans ce contexte, cette étude a pour but de rendre compte de la place de l'utilisateur dans l'interface d'un RSNE, grâce à l'analyse de son vécu émotionnel. La méthodologie associe une évaluation ergonomique (indice de performance globale, critères ergonomiques), et une analyse du vécu émotionnel. Il apparaît que les difficultés d'usage relevées créent de l'inconfort émotionnel, ne favorisant pas l'appropriation de l'interface et le développement de la collaboration.

MOTS-CLÉS

Réseaux sociaux numériques d'entreprise; acceptabilité pratique; émotions ; collaboration

1 INTRODUCTION

Depuis 2008, les Réseaux Sociaux Numériques d'Entreprise (RSNE) sont devenus les vecteurs privilégiés d'un nouveau modèle de la réussite qui combine la performance économique et l'économie de la connaissance, selon le tryptique capitalisation des savoirs, optimisation de la performance et production d'innovations (Cohendet, Créplet & Dupouët, 2003 ; Lave & Wenger, 1991 ; Lorino, 2009 ; Probst & Borzillo, 2007). Partager, échanger, capitaliser, innover, tout en rationalisant, apparaissent comme les nouveaux enjeux organisationnels, reconnus par les entreprises, comme des leviers de performance et de compétitivité. Sous forme de plateformes collaboratives, ils proposent des espaces d'échanges, d'interactions (communautés de pratiques) et de collaboration entre acteurs dispersés géographiquement et fonctionnellement grâce à un panel



Les auteurs conservent les
droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

d'outils technologiques (wikis, forums, messagerie instantanée, blogs, partages de documents) qui outillent l'action individuelle et collective (Barville-Deromas et al., 2014). L'enjeu est d'optimiser ce capital social, immatériel et intangible en contrôlant et en organisant les coordinations et les collaborations, en rationalisant la production (Engelstätter & Sarbu, 2013).

Selon l'approche socio-cognitive (Gronier, 2006 ; Vacherand-Revel, 2007), la collaboration médiatisée par les technologies s'appuie sur trois composantes : la coopération, la coordination, la communication ; auxquelles s'ajoutent la confiance et le partage émotionnel nécessaires à la fluidité des interactions. En effet, les relations de travail ne se définissent pas seulement sur le plan cognitif (autrui permettrait d'échanger des idées et des connaissances) ou stratégique (il faudrait compter avec l'autre comme allié ou adversaire), ou encore fonctionnel (autrui serait un élément du dispositif envers qui il faut définir son comportement). Les relations au travail sont aussi empreintes d'émotions positives ou négatives qui participent à l'élaboration d'un confort ou d'un inconfort émotionnel, conditionnant des comportements spécifiques d'utilisation des technologies (Cahour, 2010). Par exemple, un ressenti négatif poussera l'utilisateur à éviter l'outil puisque ce dernier le place dans une situation déplaisante. Selon cette définition, les situations collaboratives sont essentiellement basées sur le partage : de contenus nécessaires à l'élaboration, d'un sens commun, d'émotions permettant l'accordage mutuel (Cahour, 2010), des pratiques et des règles co-construites et partagées (Caroly, 2010 ; Clot, 2008).

2 PROBLEMATIQUE DE LA RECHERCHE

Si les RSNE apparaissent comme les futurs outils de la collaboration professionnelle, alors il convient de savoir si leur Interface Humain- machine (IHM) soutient la collaboration en proposant une expérience utilisateur vécue efficace et agréable qui garantirait l'engagement des utilisateurs (Doll & Torkzadeh, 1988).

Les outils d'inspection des IHM (indices de Performance Globale (IPG) et critères d'utilisabilité) éclairent sur la qualité ergonomique des interfaces en termes d'utilité, de facilité d'utilisation et de satisfaction à l'utilisation (Bastien & Négri, 2007 ; Bastien & Scapin, 1993), mais laissent de côté les états affectifs des utilisateurs, évacuant alors l'impact de l'ergonomie sur leur vécu. Or, les émotions perçues teintent l'expérience de l'utilisateur et leurs valences, positives ou négatives, orientent les comportements futurs de l'utilisateur dans une logique d'appropriation ou de rejet (Cahour, 2010 ; Norman, 2012).

Cette étude s'inscrit dans une thèse CIFRE (menée par Nadia Barville) dont l'objectif est d'évaluer l'inscription et l'acceptation des réseaux sociaux dans l'activité collective des salariés en croisant 3 niveaux d'analyses : (1) L'acceptabilité pratique (évaluation ergonomique du dispositif et de l'expérience utilisateur), (2) l'acceptabilité sociale (mesure des intentions et du maintien d'usage) et (3) l'acceptation située (manière dont l'outil s'intègre dans les pratiques socio-professionnelles). Dans le cadre de ce papier, nous nous concentrons sur l'évaluation de l'acceptabilité pratique du RSNE pour montrer l'influence de l'émotion dans les rapports médiés par l'interface du RSNE).

Nous identifions trois hypothèses : (i) La facilité d'utilisation de l'interface génère un confort à l'utilisation nécessaire pour les interactions, (ii) le confort émotionnel ressenti encourage l'utilisation future de l'interface et facilite l'appropriation, (iii) le confort émotionnel ressenti contribue à l'émergence de la confiance et de l'intimité dans les échanges favorisant la collaboration.

3 MILIEU D'IMPLANTATION

Espérant tirer profit des atouts des RSNE, une grande entreprise française de transport public a, dans un contexte de forte transformation, implanté un RSNE à visée collaborative. Au moment de l'étude, l'outil (conçu par l'entreprise) est en place depuis deux ans et l'étude a porté sur sa deuxième version, en cours de déploiement (diffusion de bouche à oreille).

4 METHODOLOGIE ET METHODES

Deux méthodes d'analyses, à la fois quantitatives et qualitatives, sont combinées dans le cadre d'une quasi-expérimentation, sur la nouvelle version du logiciel, que tous n'ont pas utilisée :

1. La prise en compte de l'acceptabilité pratique qui repose sur différents descripteurs : sur la base de tests utilisateurs conçus pour reproduire une navigation et un usage du RSNE proches du réel observé (publication de contenus, recherche d'informations sur différents écrans, interactions avec différents partenaires et moyens de communication), les scénarii évaluent l'utilisabilité de l'IHM. Dans ces tests, seront mesurés :

- **L'efficacité** : capacité de l'utilisateur à réaliser des actions (mesuré par la réussite ou l'échec aux scénarii).
- **L'efficience** : calcul des indices de performance (Bastien & Négri, 2007) qui renvoie, pour l'utilisateur, à la capacité d'atteindre ses buts avec un minimum d'efforts, selon cinq indicateurs :
 - Nombre d'écrans parcourus (IC)
 - Temps de réalisation du scénario (IT)
 - Nombre d'actions effectuées (IA)
 - Nombre d'erreurs produites (IE)
 - Nombre de stratégies utilisées (IS).
- **Le degré de satisfaction** : mesure du niveau de plaisir ou de déplaisir ressenti par l'individu durant l'utilisation de l'interface avec l'échelle Wammi.
- **Une inspection ergonomique** : évaluation de la qualité de l'interface avec huit critères ergonomiques (guidage, compatibilité, contrôle explicite, adaptabilité, homogénéité/cohérence, gestion des erreurs, signifiante des codes et dénominations, charge de travail) de Bastien & Scapin (1993). Elle a été réalisée en analysant les verbalisations des participants, produites en situation de test.

2. Le repérage des états affectifs qui s'appuie sur l'évaluation de: (i) la nature de l'émotion et du ressenti (colère, tristesse, frustration, surprise...), (ii) la valence de l'émotion (plaisir ou déplaisir ressenti, en relation avec un niveau de confort ou d'inconfort émotionnel), (iii) la cause de l'émotion (sources de confort ou d'inconfort dans l'interface). L'articulation de ces trois dimensions (Cahour & Lancry, 2011) enrichit qualitativement la catégorisation classique des états affectifs (émotion, sentiment, affect etc.) et suggère leurs conséquences sur les comportements d'utilisation.

La variété de ces différents indicateurs (descripteurs de l'utilisabilité et repérage des états affectifs) permet alors de rendre compte de l'impact de la qualité ergonomique de l'interface sur le vécu émotionnel des utilisateurs.

Dix salariés de l'entreprise répartis en deux groupes en fonction de leur niveau d'activité sur le RSNE (experts et novices) ont participé aux tests composés de onze scénarii. Ils avaient pour consignes de verbaliser tout ce qu'ils ressentaient et leurs difficultés durant leur navigation sur l'interface. Le logiciel Camtasia® a permis de filmer et d'enregistrer : (i) toutes les actions et l'alternance des écrans (suivi du curseur), (ii) toutes les verbalisations ainsi que les expressions faciales (enregistrement de la voix et vidéo simultanées).

5 RESULTATS

Après une présentation des résultats issus de l'analyse ergonomique, une mise en perspective sera proposée pour intégrer les critères émotionnels à l'analyse.

5.1 Une efficacité et une efficacité à améliorer

L'analyse de l'efficacité, mesurée à partir de la réussite ou de l'échec aux scénarii, révèle un taux moyen de réussite de 75% pour les experts et de 63 % pour les novices, avec seulement deux scénarii réussis à 100 % par les experts. Ces résultats suggèrent une interface complexe à utiliser.

Tableau 1 - Pourcentage de réussite par scénario

	Scénario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Experts	Réussite	100%	60%	80%	60%	60%	80%	80%	80%	60%	100%	60%
	Echec	0%	40%	20%	40%	40%	20%	20%	20%	40%	0%	40%
Novices	Réussite	80%	40%	60%	60%	60%	75%	60%	80%	80%	60%	40%
	Echec	20%	60%	40%	40%	40%	25%	40%	20%	20%	40%	60%

La mesure de l'efficacité, réalisée à l'aide des indices de performance globale, confirme cette tendance puisqu'elle n'atteint pas le score attendu de 1 (novices 0,72 et experts 0,90). Plus l'indice dépasse 1, plus les individus sont efficaces, l'inverse indiquant une efficacité moindre. En effet, les novices mobilisent beaucoup d'actions (0,34) et de chemins différents (0,69) pour accéder aux fonctionnalités, évoquant un papillonnage. Les experts produisent un peu moins d'actions (0,61) mais surtout plus d'erreurs (0,81). De plus, l'analyse qualitative montre qu'ils pallient leurs difficultés en développant des stratégies de compensation (ex : contrôler a posteriori la présence d'une publication), leur donnant le sentiment après coup de dominer l'outil (niveau de satisfaction des experts plus importants (3,30/5) que les novices (2,56/5)).

Tableau 2 - Performance globale des novices selon chaque scénario

Novices	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	Total
IC	0,43	0,54	0,93	1,04	0,92	1,05	0,64	0,41	0,60	0,41	0,58	0,69
IT	0,93	0,74	0,66	0,61	0,61	0,77	0,62	0,91	1,51	0,80	0,68	0,80
IA	0,21	0,11	0,50	0,37	0,32	0,56	0,33	0,14	0,51	0,39	0,30	0,34
IE	0,53	1,02	1,00	1,24	1,29	0,50	1,00	0,67	0,67	1,88	2,08	1,08
IS	1,20	1,58	1,21	1,30	1,27	1,09	1,09	1,13	1,08	1,20	1,43	1,24
IPG	0,56	0,58	0,82	0,82	0,79	0,76	0,68	0,53	0,80	0,78	0,81	
IPG/Groupe	0,72											

Tableau 3 - Performance globale des experts selon chaque scénario

Experts	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	Total
IC	0,65	1,10	1,25	1,32	1,17	0,98	2,20	0,78	0,90	1,53	0,90	1,16
IT	1,27	0,70	1,21	0,60	0,83	0,82	0,91	0,84	1,09	1,51	2,08	1,08
IA	0,26	0,27	0,90	0,68	0,94	0,84	0,68	0,25	0,68	0,68	0,57	0,61
IE	0,67	1,27	1,00	0,67	0,90	0,60	0,45	1,22	0,40	0,73	1,00	0,81
IS	1,30	1,37	1,21	1,23	1,12	1,12	1,12	1,32	1,00	1,30	1,00	1,19
IPG	0,72	0,81	1,11	0,85	0,98	0,85	0,93	0,76	0,77	1,08	1,01	
IPG/Groupe	0,90											

Selon ces résultats, l'ergonomie de l'IHM permet d'accomplir une tâche, mais au prix d'un processus long et fastidieux, ce même pour les experts, questionnant alors « l'apprenabilité » et l'intuitivité du système. Il convient alors de préciser les conditions de la validité ergonomique de l'interface puis de mettre tous ces éléments en perspective avec le vécu des utilisateurs.

5.2 Une ergonomie à faire évoluer...

L'application des critères ergonomiques de Bastien & Scapin (1993) confirme les premiers résultats en montrant que la majorité des défauts se concentre sur la compatibilité (31%), le guidage (27%) et le contrôle explicite (12%).

Tableau 4 - Synthèse des difficultés d'usage (proportion de critères relevés à l'évaluation)

Critères de Bastien & Scapin (1993)	Total
Adaptabilité	4%
Charge de travail	11%
Compatibilité	31%
Contrôle explicite	12%
Gestion des erreurs	3%
Guidage	27%
Homogénéité/cohérence	6%
Signifiante des codes/dénominations/comportements	8%
Total général	100%

Les problèmes de compatibilité (31 %), en lien avec le nombre d'erreurs relevées dans les IPG, montrent que l'interface mobilise, chez les utilisateurs, des logiques différentes de celles auxquelles ils s'attendent, les obligeant alors à produire beaucoup d'efforts pour atteindre les buts fixés. Ils tâtonnent alors, produisant de multiples actions et des erreurs pour compenser la difficulté.

Les défauts de guidage (27 %) quant à eux, indiquent une vraie difficulté de repérage des utilisateurs dans l'interface et sont à relier au nombre de chemins et d'actions relevés. L'analyse qualitative des données montre que les utilisateurs explorent l'interface à la recherche de la fonctionnalité souhaitée puis composent avec des indications peu saillantes (manque d'hétérogénéité et de cohérence des items) et des termes utilisés peu compréhensibles (problème de signification des codes et des dénominations (8%)) ce qui les confronte à l'incompréhension : « *Ben là je suis un peu larguée, je retourne à l'accueil, on sait jamais* ». Ces défauts de guidage brouillent totalement l'identification des sphères d'interactions, empêchant alors l'utilisateur de savoir si ses messages ou commentaires s'afficheront sur son compte, celui d'un collègue ou celui d'un groupe, l'inverse étant également possible : « *En fait, j'en sais rien parce qu'il faudrait que vous alliez sur votre page (ndlr : celle du chercheur) pour que je puisse avoir la certitude que c'est bien sur votre page que j'ai publié* ».

Enfin, le nombre considérable d'actions relevées, que ce soit chez les novices ou chez les experts, est en relation avec les problématiques de contrôle explicite (12%). Ce manque de contrôle génère une forte incertitude, contraignant l'utilisateur à produire de multiples stratégies pour valider ses propres actions, réduisant alors, par effet réflexif, l'efficacité de l'interface : « *Je sais pas, si je saisis là, est-ce que ça va commenter le commentaire [...]. Donc je vais tester* ». Les attentes des utilisateurs ne sont pas confirmées par l'interface. Pour la situation qui nous concerne, l'expérience de l'interaction avec l'interface du RSNE est suffisamment insatisfaisante pour engendrer des représentations négatives et risquer un évitement voire un rejet à l'usage.

5.3 Pour éviter un éprouvé d'insatisfaction

Ces différentes stratégies de compensation provoquent, voire renforcent les vécus émotionnels négatifs des participants, remettant en cause l'adoption du RSNE. L'analyse thématique des verbatims révèle un fort inconfort émotionnel (79%) surtout basé sur la colère, le doute et la frustration et beaucoup moins de confort émotionnel (13%) à l'utilisation.

Tableau 5 - Répartition globale des émotions

Emotions et ressentis	Total
Agacement/colère	6,5%
Agréabilité	10,6%
Crainte/inquiétude	1,6%
Déception	2,8%
Doute/incertitude	42,3%
Fierté	0,4%
Frustration	0,4%
Gêne	12,6%
Honte	0,8%
Joie	1,6%
Sentiment d'impuissance	3,7%
Sentiment d'inutilité	3,3%
Surprise	13,0%
Tristesse/Peine	0,4%
Total général	100,0%

L'incertitude (42,3%) renvoie spécifiquement aux problématiques de guidage et de contrôle explicite. L'utilisateur doute car il est peu orienté par l'interface et n'a pas de visibilité sur les conséquences de ses actions : « *Là je sais pas comment faire donc je retourne sur [...] le truc d'accueil en haut* ». Incertain, il éprouve de la gêne, de la frustration, de l'inquiétude tant le contrôle de ses actions lui échappe. Cet inconfort génère suffisamment d'anxiété pour donner le sentiment que l'interface n'est pas sécurisante : « *Là j'ai l'impression que je suis pas maître du truc* ».

La surprise (13%), ainsi que la gêne (12,6%) sont plutôt liées aux défauts de compatibilité et interviennent surtout lorsque les utilisateurs constatent qu'ils doivent adapter leur navigation au fonctionnement de l'interface, occasionnant, dans certains cas, de la colère (6,5%) et de la déception (2,8%) : « *Du coup, je peux pas enregistrer ma modif [...] je suis énervée* ». Ces états émotionnels sont surtout présents chez les experts qui cherchent à réutiliser les schémas opératoires ancrés avec la première version de l'interface. Cette adaptation provoque des contraintes, de la frustration et de l'agacement. Ils produisent plus d'actions, d'erreurs et de chemins différents ce qui, dans certains cas, les mène à abandonner le scénario.

Inconfort et utilisation s'inscrivent bien dans une dynamique dialectique qui, si elle est insatisfaisante, risque d'inscrire l'évitement dans les comportements et dans les usages, et ce malgré une conception de l'interface plaisante.

6 DISCUSSION

En combinant les descripteurs de l'utilisabilité (Indices de Performance Globale et les critères ergonomiques) (Bastien & Négri, 1997 ; Bastien & Scapin, 1993) avec une analyse du vécu émotionnel (Cahour, 2010) pour évaluer le niveau d'acceptabilité pratique d'un Réseau Social Numérique d'Entreprise, nous apportons une dimension complémentaire aux analyses classiques de l'utilisabilité en « redonnant corps à l'utilisateur », par le biais de l'analyse de son vécu. Nos analyses confirment en effet que :

- Les difficultés d'usage relevées sont directement à l'origine d'un vécu émotionnel déplaisant pour les utilisateurs, ne facilitant pas les interactions sur l'outil. Notre première hypothèse qui positionne la facilité d'utilisation comme un médiateur de l'émotion à l'usage est validée bien que ce soit sur une valence négative.
- L'inconfort émotionnel ressenti par les utilisateurs les positionne dans une logique d'évitement (Cahour, 2010) dans laquelle ils préfèrent renoncer à l'utilisation de la plateforme, contrariant le processus d'appropriation de l'outil. Ces résultats confirment notre deuxième hypothèse qui postule que le confort émotionnel ressenti aura un effet sur l'utilisation future de l'interface et sur son niveau d'appropriation. Ici, la polarité négative des résultats ne facilite pas l'appropriation de l'interface.

- L'inconfort émotionnel ressenti par les utilisateurs provoque un sentiment d'impuissance à l'usage, qui se révèle alors peu sécurisant. Cette situation ne favorise pas l'émergence de la confiance et l'intimité nécessaires à la collaboration. Notre troisième hypothèse qui considère que le confort émotionnel à l'usage va contribuer à l'émergence de la confiance et de l'intimité dans les échanges et, de ce fait, favoriser la collaboration est aussi confirmée dans sa polarité négative à nouveau.

Ces constats sont contre-intuitifs puisque l'utilisation des RSNE, pour atteindre les résultats escomptés en matière d'intelligence collective, d'innovation, de partage professionnel, doit faciliter la gestion de la visibilité professionnelle et sociale dans le cadre du travail en créant un contexte de confiance. Il doit également favoriser une expérience utilisateur spontanée et intuitive pour faciliter les interactions et le travail dans un contexte de réorganisation quasi-permanente de l'entreprise, mettant à mal les collectifs et les individus.

De plus, au-delà de ces apports académiques, cette démarche nous permet d'enrichir les analyses et d'identifier facilement les fonctionnalités à valoriser et/ou à améliorer en priorité pour favoriser une expérience utilisateur agréable et satisfaisante.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Bastien, J. M. C., & Négri, M. (2007). Impact de la répétition des tâches lors de tests utilisateurs de sites Web sur les performances et les préférences. Communication présentée à la Conférence ÉPIQUE'2007, Nantes, France.
- Bastien, J.M.C., & Scapin, D. (1993). Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer interfaces. Institut National de recherche en informatique et en automatique, France.
- Barville, N., Bobillier Chaumon, M.E., & Vacherand-Revel, J. (2014). Le rôle des réseaux sociaux numériques d'entreprise dans le développement de l'activité professionnelle. In J. Vacherand-Revel, M. Dubois, M.E. Bobillier Chaumon, R. Kourabenan & P. Sarnin (Eds.), *Nouvelles pratiques de travail : innovations technologiques, changements organisationnels* (pp. 55- 65). Paris : L'Harmattan.
- Bobillier Chaumon, M.E (2013). Conditions d'usage et facteurs d'acceptation des technologies : Questions et perspectives pour la psychologie du travail. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR), Grenoble 2.
- Cahour, B. (2010). Emotions, affects et confort comme nouveaux déterminants de l'activité et de l'usage. In G. Valléry, M. Zouinar & M.C. Le Port (Eds.), *Ergonomie, conception de produits et des services médiatisés* (pp. 273-305). Paris : PUF.
- Cahour, B., & Lancry, A. (2011). Emotion et activités professionnelles et quotidiennes. *Le Travail Humain*, 74, 97-106.
- Caroly, S. (2010). *Activité collective et réélaboration des règles: des enjeux pour la santé au travail*. Université Victor Segalen-Bordeaux II. Consulté à l'adresse <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00464801/>
- Clot, Y. (2008b). *Travail et pouvoir d'agir*. Paris: PUF.
- Cohendet, P., Créplet, F., & Dupouët, O. (2003). Innovation organisationnelle, communautés de pratique et communautés épistémiques: le cas de Linux. *Revue française de gestion*, 29(146), 99-121. doi:10.3166/rfg.146.99-121.
- Doll W.J., & Torkzadeh G. (1988). The Measurement of End User Satisfaction. *MIS Quarterly*, 12, 2, 259-274.
- Gronier, G. (2006). Psychologie ergonomique du travail collectif assisté par ordinateur : l'utilisation du collecticiel dans les projets de conception de produit. *Revue Activité*, 5(1), (136-139).
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning. Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lazega, E. (2006). Le capital social de l'organisation flexibilisée. *Revue française de gestion*, 32(163), 127-138. doi:10.3166/rfg.163.127-138.

- Lhuillier, D. (2006). Compétences émotionnelles : de la proscription à la prescription des émotions au travail. *Psychologie du travail et des organisations*, 12, 91-103.
- Lorino, P. (2009). Concevoir l'activité conjointe : L'enquête dialogique. Etude de cas sur la sécurité dans l'industrie du bâtiment, 6(1), 87-109.
- Norman, D. A. (2012). Design émotionnel. Pourquoi aimons-nous (ou détestons-nous) les objets qui nous entourent ? (traduit et adapté par K. Ben Youssef, C. De Charentenay & S. Sbalchiero). Bruxelles : De Boeck.
- Probst, G., & Borzillo, S. (2007). Piloter les communautés de pratique avec succès. *Revue Française de Gestion*, 33(170), 135-153. doi:10.3166/rfg.170.135-153.
- Vacherand-Revel, J. (2007). Enjeux de la médiatisation du travail coopératif distribué dans les équipes de projet de conception. *Pistes*, 9, 2, 1-20. Disponible sur : <http://pistes.revues.org/2982>.

Choix en ligne d'un covoiturage : processus cognitivo-affectifs mobilisés pendant l'activité décisionnelle

Lisa Créno

Télécom ParisTech / Institut VEDECOM*
46, Rue Barrault, 75 634 Paris cedex 13
*77, Rue des Chantiers, 78 000 Versailles
Lisa.creno@telecom-paristech.fr

Béatrice Cahour

CNRS-Télécom ParisTech, UMR "i3" 9217
46, Rue Barrault, 75 634 Paris cedex 13
Beatrice.cahour@telecom-paristech.fr

RÉSUMÉ

Cet article vise à caractériser les expériences vécues des usagers de covoiturage lors de leur activité décisionnelle de recherche et de choix en ligne d'un trajet et d'un conducteur jugés « de confiance ». L'articulation des points de vue sur l'activité (enregistrements vidéo Camtasia, entretiens d'auto-confrontation « explicitant ») et les analyses individuelles et transversales des données permettent de souligner (a) les processus cognitifs et affectifs mis en œuvre par les passagers lors de leur observation des indices disponibles en ligne et (b) la dynamique de recherche adoptée par ces derniers lorsqu'ils cherchent à anticiper différents risques organisationnels et relationnels perçus dans la pratique. Les particularités de ces activités décisionnelles ainsi que 3 patterns de recherche caractéristiques des usages observés, illustreront la complexité de cette première phase du covoiturage et son rôle dans le processus de construction de la confiance « médiatisée », nécessaire aux usagers avant de s'engager dans cette pratique entre coéquipiers

MOTS-CLÉS

Covoiturage, activité décisionnelle, risques, confiance, patterns de recherche.

1 INTRODUCTION

Le contexte environnemental actuel invite les institutions, les entreprises, les associations et les particuliers à se questionner sur le devenir de la mobilité. Plusieurs systèmes intelligents de transports sont à l'étude mais l'une des mesures phares, extrêmement plébiscitée aujourd'hui, est le covoiturage. Ce service entre particuliers, facilité par les plateformes en ligne, rend possible l'utilisation conjointe et organisée (à la différence de l'auto-stop) d'un véhicule, par un conducteur non professionnel et un ou plusieurs passagers, dans le but d'effectuer un trajet commun et d'en partager les frais associés. Les avantages sont à la fois individuels (économiser les dépenses de carburant et de maintenance, agrémenter les voyages, développer le lien social) et collectifs (augmenter le taux de remplissage des véhicules, diminuer les embouteillages, la pollution et les accidents de la route). C'est une mesure peu coûteuse, rapide à mettre en œuvre, qui ne nécessite pas de nouvelles infrastructures. Ce service s'institutionnalise petit à petit grâce à la révolution numérique et en particulier grâce aux technologies connectées via internet et les smartphones. C'est aujourd'hui le service de mobilité partagée entre pairs inconnus le plus médiatisé car il incarne un



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

modèle de réussite pour le courant de l'économie collaborative, qui prône les usages de services partagés plutôt que la possession de ces objets.

Quelques études traitent du « covoiturage planifié », c'est-à-dire organisé via des plateformes connectées en ligne, des sites internet, plusieurs jours ou plusieurs heures en amont du trajet, en présentant les avantages et les inconvénients globaux de cette pratique. Les études mettent en avant des résultats obtenus par le biais de questionnaires ou de courts entretiens, relatant les avis généraux et non situés des usagers (CERTU, 2013). Néanmoins, quelques études renseignent certains freins aux usages, relatifs au caractère incertain et risqué de la pratique (Richard, 2011 ; Corrêa & Viegas, 2011).

Pour répondre aux inconvénients de la pratique, certaines plateformes de covoiturage (BlaBlaCar, Karos, IDVroom) s'intéressent depuis quelques années à l'amélioration de leurs services en ligne, en proposant notamment des fonctionnalités de choix d'appariement plus ou moins sophistiquées à leurs membres inscrits. La plateforme de covoiturage française et européenne la plus importante, BlaBlaCar⁸, promet désormais la réalisation de « covoitages confiance », estimant qu'elle est le premier levier aux usages. Les études, de par leur positionnement et leur méthodologie, nous renseignent peu sur les sources de ces inconforts, risques, confiance/méfiance vécues par les usagers.

Dans cet article, nous proposons de renseigner plus précisément les usages et les expériences vécues par les passagers BlaBlaCar. Cet article présentera tout d'abord un rapide état de l'art sur les pratiques du covoiturage planifié entre inconnus, sur la notion de risque subjectif, sur les sentiments de confiance/méfiance nécessaires à la réalisation d'une expérience satisfaisante, sur les processus de décision en ligne, ainsi que sur les particularités de la plateforme BlaBlaCar. Nous détaillerons ensuite plusieurs résultats qualitatifs et quantitatifs, issus de notre étude détaillée du processus de réservation en ligne d'un covoiturage en précisant la méthodologie de recueil et d'analyse mise en place. Seront successivement présentés les types d'indices observés en ligne par les usagers BlaBlaCar, les différentes dynamiques de recherche mobilisées pour mener à bien les réservations de covoiturage et enfin, les patterns de recherche en ligne identifiés chez les usagers suivis pour l'étude, permettant une construction effective de la confiance.

2 CADRE CONCEPTUEL

2.1 Usages du covoiturage planifié

Les études actuelles présentant les usages du covoiturage planifié se restreignent majoritairement aux descriptions des avantages et inconvénients de la pratique et investiguent peu le déroulement des expériences réelles en situation naturelle. Nous retiendrons que le covoiturage est une pratique avantageuse pour les usagers parce qu'elle permet une réduction des coûts fixes liés aux trajets longues et moyennes distances, qu'elle réduit le stress lié au stationnement, qu'elle favorise la constitution de liens sociaux. Pour les entreprises qui la mettent en place, elle permet aussi de faciliter leur accessibilité, et à un niveau plus général, elle réduit la congestion en milieu péri-urbain et urbain, améliore la sécurité routière et diminue notre dépendance énergétique.

En revanche, les inconvénients organisationnels et sociaux posent problème et peuvent devenir de solides freins aux usages. Les usagers perdent leur flexibilité et en covoiturant, s'estiment privés de leur part de liberté en ne contrôlant plus leur lieu et horaire de départ et d'arrivée (CERTU, 2013). En retour, ils sont contraints de s'organiser en amont du trajet et de se tenir à cette planification, en prévenant les autres coéquipiers (Corrêa & Viegas, 2011). De plus, les détours demandés au cours

⁸ BlaBlaCar : www.covoiturage.fr : Plateforme de covoiturage courte, moyenne, longue distance, entre particuliers. Disponible en France et dans plus de 18 pays européens et hors-Europe (Inde). Elle regroupe plus de 95% des offres en France, et cumule plus de 10 millions d'usagers en Europe.

du trajet, susceptibles d'entraîner des retards sur le temps de parcours total rebutent durablement certains usagers (Levin, 1982; CERTU, 2013). Enfin, au-delà de ces inconvénients, les usagers perçoivent des risques importants à covoiturer. Le principal risque identifié est celui lié à la peur de voyager avec un « inconnu – étranger » (Richard, 2011; Créno & Cahour, 2014), lié à un autre risque, la perte d'intimité lorsque le véhicule est partagé avec cet autre « inconnu » (Corréia & Viegas, 2011; Richard, 2011). L'une de nos études a cherché à catégoriser les différents types de risques perçus, décrits dans la partie suivante.

2.2 Risques subjectifs

Dans cette étude, nous considérons le risque en covoiturage comme « la possibilité (ou la probabilité) qu'un événement ou une situation entraîne des conséquences négatives dans des conditions déterminées. Le risque est la possibilité qu'un danger s'actualise, c'est-à-dire entraîne effectivement des dommages, dans des conditions déterminées » (Leplat, 2003). Selon Luhmann (1979), le risque est aussi la « possibilité de dommages futurs pouvant résulter de nos actions ou de nos omissions, possibilité que nous avons à prendre en considération ». Nous nous intéressons dans le cadre de cette étude aux risques exprimés par les sujets, ou risques perçus, car comme l'ont souligné Cadet et al. (1987), la perception d'un risque par un individu peut « affecter son comportement, ébranler son sentiment de contrôle, susciter des craintes, de l'angoisse ou dans certains cas du plaisir ». Certaines réactions face aux risques entraînent par exemple un comportement de protection (durant le covoiturage, repli du passager sur lui-même) voire même une inhibition du comportement et un rejet du covoiturage. Notre acception du concept de risque est donc relativement large, nous retenons comme « risques » tout ce que les individus nomment comme tels, tout ce qui fait référence aux possibilités exprimées de dommages futurs pouvant résulter des actions ou non-actions de ces derniers.

A partir de 25 entretiens semi-directifs et de 25 entretiens d'explicitation (Vermersch, 1994), nous avons identifié 4 types de risques fréquemment perçus par les non-usagers et par les usagers du covoiturage :

- les « **risques relationnels** » liés à l'autre inconnu qui pourrait être agressif, dangereux, en décalage socio-cognitif ;
- les « **risques organisationnels** » où le coéquipier pourrait être en retard, au mauvais lieu de rendez-vous, décider du rythme du trajet seul ;
- les « **risques liés à la sécurité routière** » où le conducteur présenterait une conduite trop rapide, agressive, il ne serait pas attentif à la route et ne limiterait pas sa multi-activité au volant ;
- les « **risques relatifs au placement et au véhicule** » où le passager subirait son placement dans le véhicule ou craindrait la fiabilité du véhicule partagé (pour plus de détails sur cette étude, voir Créno & Cahour, 2014).

Pour surmonter ces risques perçus, les motivations économiques, pratiques, sociales et écologiques à covoiturer sont particulièrement robustes, et nous montrerons que les usagers développent également des moyens efficaces pour anticiper ces risques et covoiturer en confiance.

2.3 Sentiments de confiance/méfiance

Sans incertitude et sans risque perçu, le besoin de confiance n'a pas lieu d'être (Quéré, 2001). Le covoiturage, tel que nous l'avons décrit comporte un certain lot d'inconvénients, d'incertitudes et de risques, conduisant les usagers à saisir différentes prises pour construire un sentiment de confiance et concevoir une expérience utilisateur sereine. Pour faire face à ces risques, les usagers construisent un sentiment de confiance que nous définissons comme un état psychologique, basé sur des attentes positives, résultant de connaissances et d'évaluations de la situation (Rotter, 1995). La confiance est un produit à la fois cognitif et affectif (McAllister, 1995) dont il nous faut explorer toutes les dimensions. Elle aide les usagers qui se sentent en situation d'incertitude et de risques, à suspendre

temporairement leur recherche d'informations, pour faire un pas dans l'inconnu et finalement décider de laisser la possibilité aux autres d'agir pour eux, dans un contexte d'action bien spécifique (Luhmann, 1979). Ce sentiment de confiance s'établit en plusieurs étapes et requiert une certaine précaution (Lewicki & Bunker, 1995 ; Karsenty, 2011), en effet, elle est fragile et toujours plus facile à déconstruire qu'à construire. Dans une relation de confiance interpersonnelle, les individus partagent une certaine proximité interpersonnelle alors que la méfiance apporte des relations distantes et une vigilance accrue. La confiance et la méfiance peuvent être respectivement détectées à travers des expressions de confort ou d'inconfort émotionnel (Cahour & Forzy, 2009). La confiance est régulièrement pointée comme la pièce maîtresse d'une expérience satisfaisante de covoiturage (BlaBlaCar & Chronos, 2012) mais la littérature offre peu de points de repères sur les caractéristiques même de cette confiance. En covoiturage, une confiance « médiatisée » (Chaulet, 2007) est construite par l'utilisateur à l'issue de sa recherche en ligne du covoiturage et du conducteur, il projette une première image positive ou négative sur son futur trajet. Le site joue le rôle de tiers de confiance grâce au cadrage qu'il propose ; certaines informations concernant les compétences, l'intégrité et la bienveillance du futur coéquipier sont mises à disposition et évaluées de manière plus ou moins rationnelle par les usagers. De plus, le site BlaBlaCar est une plateforme reconnue aujourd'hui en France et en Europe, elle s'impose comme référente dans le domaine et bénéficie en retour, d'une certaine confiance institutionnelle chez les usagers qui la connaissent. Quelques services de covoiturage travaillent actuellement à l'optimisation des différentes fonctionnalités et informations disponibles en ligne afin de faciliter la construction de cette confiance « médiatisée ».

2.4 Processus de décision en ligne

L'analyse de l'activité décisionnelle des usagers du covoiturage, lorsqu'ils se connectent à la plateforme BlaBlaCar et choisissent les critères de leurs futurs trajet et conducteur, mobilisera les approches naturalistes et l'approche psycho-phénoménologique en particulier, à travers la passation d'entretiens d'auto-confrontation. Nous considérons que l'utilisateur qui décide prend en compte plusieurs éléments pour décider. Il convoque des indices pertinents, ses buts plausibles, ses attentes et actions (Klein, 1989). On peut distinguer le processus de prise de décision dite « rationnelle » et le processus de prise de décision dite « intuitive ».

La prise de décision « rationnelle » (Caget et al., 2009) décrit une décision basée sur un raisonnement complexe, formel, coûteux en énergie cognitive. Mais pour cette prise de décision rationnelle, nous retiendrons que le choix des options retenues se fait moins par comparaison et sélection des solutions alternatives que par des choix séquentiels retenant ou non une option à l'aune des objectifs.

La prise de décision « intuitive » (Simon, 1987) a été soulignée par les approches naturalistes. On parle aussi de décision émergente ou « en acte » (Mouchet, 2003), rendue possible par un processus quasi-automatique, rapide à mobiliser, notamment en situation de pression temporelle, influencée par les émotions de l'individu à ce moment spécifique. Cela rejoint en partie le modèle de reconnaissance de situation, décrit sous le nom de « Recognition Primed Decision » de Klein (1989). Ces différents types de processus seront explorés pour notre compréhension globale de l'activité décisionnelle des usagers du covoiturage.

3 PARTICULARITES DE LA PLATEFORME DE COVOITURAGE BLABLACAR

Les résultats présentés dans cet article portent sur l'analyse des usagers de la plateforme BlaBlaCar. Cette plateforme évolue fréquemment pour répondre au nombre grandissant de membres inscrits. En plus du discours médiatique très orienté sur l'esprit « bon enfant » et convivial de la pratique, BlaBlaCar met en avant la promesse de « covoitages confiance ». Une étude menée par BlaBlaCar & Chronos (2012), basée sur l'analyse de 634 questionnaires, a cherché à souligner les différents indices de confiance rassurants pour les appariements entre usagers : la photo de profil, les coordonnées certifiées et les avis positifs laissés sur le profil des conducteurs/passagers à l'issue

d'un trajet partagé, constituent selon BlaBlaCar, la garantie d'une réservation sereine d'un covoiturage. La combinaison de ces trois éléments permettrait aux usagers interrogés d'atteindre un « score de confiance » de 4.25/5 pour un covoitureur inconnu, alors que le score de confiance attribué à un voisin serait de 3.3/5 seulement (les amis et membres de la famille bénéficiant d'un score de confiance de 4.7/5). L'étude conclut qu'un profil d'utilisateur en ligne bien rempli, présentant une photo, des coordonnées vérifiées et des avis positifs, suffirait à créer un sentiment de confiance robuste. Les limites méthodologiques de cette étude tenteront d'être dépassées dans cet article visant à éclairer, au-delà des indices estimés importants par les usagers, la manière dont ils les observent, et la dynamique de l'activité décisionnelle mise en place pour parvenir à sélectionner un trajet et un conducteur « de confiance ».

4 PROBLEMATIQUE

Les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) nous mettent de plus en plus fréquemment en contact avec des personnes inconnues pour partager des expériences et des services de divers ordres. Les usagers de cette nouvelle économie du partage sont amenés à faire des choix et à décider comment réserver sans risque. Une analyse de l'ensemble des phases de plusieurs covoiturations nous a permis de souligner que la phase initiale de recherche d'un covoiturage en ligne est essentielle à cette construction active de la confiance (Créno & Cahour 2014) ; elle permet aux utilisateurs de ces services de se rassurer en analysant et sélectionnant en ligne le trajet et le conducteur qui leur semblent les plus favorables. Notre propos est de comprendre l'expérience vécue des utilisateurs pendant cette phase de choix en ligne, c'est-à-dire la manière dont l'activité, y compris le rapport au « monde » sont vécus par l'individu (Cahour & Zouinar, 2013). Nous nous intéressons ici aux flux des pensées, actions, émotions ou sensations qui se produisent pendant l'activité et sont conscientisées soit au cours de l'activité soit *a posteriori*, via un acte de réflexion, grâce des entretiens « resituant » (Cahour & al., 2016). Plus particulièrement, nous nous questionnerons sur les points suivants : Comment se déploie l'activité de prise de choix d'un covoiturage et d'un conducteur jugés « de confiance » sur la plateforme BlaBlaCar ? Quelles sont les diversités en termes d'indices observés, de dynamique de recherche en ligne, de liens avec les risques perçus et d'aide à la construction de la confiance « médiatisée » ?

5 METHODOLOGIE

La première phase de recherche en ligne d'un covoiturage est une activité entièrement médiée par l'interface du site de covoiturage BlaBlaCar, depuis le choix des conditions du trajet, des caractéristiques du conducteur et de l'équipage jusqu'au paiement en ligne du trajet. Nos questions de recherche nous conduisent à recueillir les traces de l'activité observable menée par le covoituré en situation naturelle et à questionner les différentes dimensions de son expérience vécue tout au long de cette activité décisionnelle.

5.1 Méthodologie de recueil

Un panel de 6 covoiturés BlaBlaCar (4 femmes et 2 hommes; de 20 à 52 ans avec moyenne d'âge de 28 ans; aux statuts variés : 1 novice, 1 confirmée, 2 experts, 2 ambassadrices), s'apprêtant à covoiturer, a enregistré en situation naturelle son processus de recherche en ligne d'un covoiturage. Le logiciel de capture d'écran dynamique *Camtasia* a été utilisé, capturant ainsi toutes les offres étudiées et détaillées, les photos agrandies, les retours en arrière et *a fortiori* les rythmes de recherche associés. Au total, 116 minutes d'enregistrements vidéo *Camtasia* ont été recueillies par les 6 usagers BlaBlaCar, pour un total de 10 réservations de covoiturage effectuées (2 passagers ont réservé plusieurs covoiturations).

Si ces enregistrements vidéo nous donnent accès aux observables patents de l'activité, il est nécessaire de les articuler aux descriptions des expériences utilisateurs vécues respectivement par ces 6 covoiturés, via la passation de 10 entretiens d'auto-confrontation (Theureau, 2004) avec

reliances issues de l'entretien d'explicitation (Vermersch, 1994) ou entretiens d'auto-confrontation « explicitant » (Cahour & al., 2016) visant à décrire les 10 processus de réservations enregistrés. Le support vidéo, importante aide mnésique durant l'entretien d'auto-confrontation, permet au covoituré d'expliciter les *indices organisationnels* (liés à l'organisation du trajet) et *relationnels* (liés aux caractéristiques du conducteur et de l'ambiance dans le véhicule) observés ainsi que les *évaluations* (valences positives, négatives) associées, les *incertitudes* et *risques* perçus évités. La phase plus générale de ces entretiens nous renseigne sur l'*historique* de covoiturage, les attentes et contraintes du trajet de l'interviewé, expliquant également certaines orientations de leur processus de décision. Au total, la passation des 10 entretiens d'auto-confrontation explicitant a permis le recueil audio et vidéo de 8 heures de verbalisations.

La Figure 1 synthétise les caractéristiques des données recueillies grâce aux enregistrements vidéo et entretiens d'auto-confrontation explicitant.

Covoiturés	Caractéristiques covoiturés			Processus de réservation en ligne			Satisfaction post-réservation et post-trajet		
	Statut BBC (ancienneté)	Principaux risques perçus	Attentes	Avec/Sans contrainte	Durée processus de réservation en ligne	Nombre d'offres étudiées	Nombre indices (orga/rela)	Satisfaction recherche en ligne	Satisfaction covoiturage effectué
Alexandre 26 ans	Expert (5 ans) 40 trajets	Organisationnels ; Relationnels	>Sécuritaire	Sans	1 min 24	1 sur 6 (20%)	7 - 11	mixte	non
					51 sec	1 sur 4 (25%)	6 - 3	oui	oui
					54 sec	2 sur 6 (30%)	6 - 4	mixte	annulé
					1 min31	2 sur 25 (8%)	13 - 9	mixte	oui
Alexia 26 ans	Confirmée (4 ans) 15 trajets	Organisationnels ; Relationnels	>Relationnelle optionnelle	Avec	33 min	9 sur 16 (60%)	14 - 2	oui	non
					10 min	6 sur 41 (15%)	13 - 7	oui	oui
Lucile 23 ans	Ambassadeur (3 ans) 16 trajets	Relationnels ; Organisationnels ; Sécuritaire ; Véhicule et placement	-	Avec	9 min 24	8 sur 79 (10%)	22 - 27	oui	oui
Luc 20 ans	Expert (3 ans) 20 trajets	Relationnels ; Organisationnels	-	Sans	20 min	12 sur 13 (92%)	20 - 14	oui	oui
Hortense 52 ans	Débutante (1 semaine) 1 trajet	Relationnels ; Organisationnels ; Sécuritaire	-	Sans	35 min	11 sur 78 (14%)	25 - 25	oui	oui
Amanda 26 ans	Ambassadeur (6 ans) 53 trajets	Organisationnels ; Sécuritaire ; Relationnels	-	Avec	3 min 15	9 sur 37 (24%)	28 - 13	oui	oui

Figure 1. Synthèse des données recueillies grâce aux enregistrements vidéo et entretiens d'auto-confrontation « explicitant ».

5.2 Méthodologie d'analyse

Les recueils des 10 séquences vidéo de processus de recherche en ligne de covoiturage et des 10 entretiens d'auto-confrontation ont conduit à une analyse en plusieurs étapes. Nous avons tout d'abord visualisé toutes les séquences vidéo, transcrit les principales étapes de navigation (exemples : « sélectionne le conducteur N », « change de page web ») ; les entretiens d'auto-confrontation « explicitant » ont également été intégralement transcrits, en annotant les moments références du support vidéo afin de retrouver à quel(s) élément(s) de la page web les interviewés font allusion durant l'explicitation. Deux types d'analyses ont ensuite pu être effectuées :

- Une analyse **individuelle** visant à identifier les types d'indices observés sur le site et les dynamiques de recherche associées, via la création d'un tableau récapitulatif des processus de recherche individuels et via la constitution de 10 fiches modélisant la dynamique de recherche pour chaque covoiturage ainsi réservé.
- Une analyse **transversale** ou « interprocessus » visant à souligner les diversités en termes d'indices observés et de dynamique de recherche en ligne, puis cherchant à extraire des invariants en termes de patterns d'activités décisionnelles mis en place par les covoiturés, en fonction des risques perçus en situation de covoiturage.

6 RESULTATS

L'articulation des méthodes de recueils et d'analyse des données décrite ci-dessus permet d'accéder aux expériences vécues des covoiturés lors de leur processus de décision et de réservation d'un covoiturage en ligne. Le déploiement de cette activité de recherche et décision nous intéresse particulièrement car les covoiturés (6 covoiturés de ce panel, 25 autres usagers interrogés dans nos études précédentes, cf. Créno & Cahour, 2014) la décrivent comme une étape préliminaire importante du covoiturage, constituant un moyen efficace pour organiser leur trajet et anticiper certaines incertitudes et certains risques perçus en amont du voyage. Par leur recherche en ligne, ils sont attentifs à divers « indices » et les évaluent en fonction de leurs expériences passées, de leurs attentes, de leurs contraintes de trajet, des risques perçus, des autres offres disponibles, etc. Ici, nous nommons « indices » toutes les informations disponibles en ligne sur le site internet BlaBlaCar, sur lesquels les usagers s'appuient pour faire leur choix de covoiturage. On verra que les indices d'un covoiturage « en confiance » contiennent différents types d'informations, peuvent renseigner diverses dimensions du covoiturage, leur signification n'est pas toujours univoque et un apprentissage de compréhension des implicites est parfois nécessaire pour anticiper au mieux les situations perçues comme risquées.

6.1 Indices en ligne observés lors de l'activité décisionnelle de recherche d'un covoiturage

A partir de l'analyse des données vidéo et des entretiens d'auto-confrontation explicitant, un premier résultat nous permet de constater que pour réserver un covoiturage en ligne, différents types d'indices sont observés. Nous distinguons les *indices organisationnels* (de type : date, horaire, lieu de départ, prix, itinéraire, type de véhicule, place disponible, détour) et les *indices relationnels* (photo du conducteur ; âge ; prénom ; statut ; mini-bio ; critères sociaux tels que fumeur, niveau de discussion, musique, animaux tolérés ; avis en ligne ; nombre d'étoiles ; descriptif du trajet personnalisé par le conducteur ; notation sécurité routière). Lors du processus de recherche et de réservation d'un covoiturage, les usagers observés analysent de nombreux indices. En moyenne, 15 indices organisationnels et 12 indices relationnels (minimum = 6 indices organisationnels + 3 indices relationnels ; maximum = 25 indices organisationnels + 25 indices relationnels) sont visualisés dans un ordre aléatoire selon les individus.

Sur les 11 *indices organisationnels* disponibles en ligne, les plus fréquemment observés sont, dans l'ordre : la date, l'horaire, le lieu de départ, le prix, la place disponible et le lieu d'arrivée proposés. Dans le cadre du covoiturage planifié, il est peu étonnant que ces indices soient les plus fréquemment observés car ils visent à satisfaire les besoins primaires du trajet. En revanche, il est intéressant de noter qu'à partir de l'indice « **place disponible** », qui mentionne le nombre de place déjà réservées et le nombre de places total dans le véhicule partagé, les usagers développent des stratégies d'anticipation du confort physique dans le véhicule et de bienveillance du conducteur.

Sur les 16 *indices relationnels* disponibles en ligne, les plus fréquemment observés sont la photo du conducteur, les avis en ligne rédigés par d'autres passagers témoignant de leur expérience passée, l'âge du conducteur, le descriptif personnalisé du voyage rédigé par le conducteur, le statut (novice, habitué, expert, ambassadeur) de ce dernier. A partir de ces indices, les covoiturés infèrent la personnalité du conducteur et les risques encourus (ou non). Certains de ces indices relationnels sont étudiés de manière spécifique, par apprentissage, les usagers parviennent à en déduire des informations qui vont au-delà du contenu même de l'indice présenté. La **photo** est particulièrement observée par les usagers interrogés. Elle est agrandie, observée à plusieurs reprises, décryptée plus ou moins rapidement, elle offre des « prises » de confiance/méfiance que les passagers évaluent de manière analytique ou intuitive. Lucile (passagère, 23 ans, anticipe prioritairement les risques relationnels) face à la photo d'un conducteur, se projette dans son covoiturage et évalue qu'il est finalement peu rassurant de partager un trajet avec ce dernier : « *l'horaire m'allait bien, le lieu c'était OK, mais voilà, après quand je l'ai vu, lui, avec sa p'tite chemise à carreau, ses petites lunettes carrées et la carte du monde derrière lui, j'imaginais l'ambiance intello, pas du tout ouvert d'esprit, ça m'a pas rassurée et*

pour un vendredi soir : non merci !!! ». Luc (passager, 20 ans, anticipe prioritairement les risques relationnels), choisit également ses conducteurs en fonction, entre autres, des photos disponibles en ligne. A propos d'un conducteur, il explique en entretien : « *Non de diouss la photo ! Là, je me suis dit, le mec est un babos, cool quoi! Bonne tête !* ». Les photos sont des supports de projection et d'anticipation des risques relationnels, organisationnels importants. L'absence de photo est également sujette à interprétation pour les usagers qui imaginent un conducteur « *dont il faut se méfier, un peu mystérieux, qui a quelque chose à cacher* » (Hortense, 52 ans, anticipe prioritairement les risques relationnels) ou à l'inverse, cela peut entraîner un sentiment d'identification à l'autre positif, de la part des passagers qui ne présentent pas de photo non plus, c'est le cas d'Alexandre (26 ans, anticipe prioritairement les risques organisationnels) qui décrit : « *C'est sûrement quelqu'un d'un peu flemmard comme moi, qui s'en fout de mettre sa photo* ». Les **avis en ligne** constituent un autre type d'indice précieux pour les usagers qui y observent à la fois le contenu et la forme : certains usagers se méfient des avis simplement marqués « + », qui ne contiennent que du contenu sur la dimension organisationnelle du trajet passé, en ne commentant pas la dimension relationnelle, traduite comme étant inexistante ou peu agréable ; d'autres se méfient des avis qui contiennent des anecdotes en décalage avec leur perception d'un trajet partagé (exemple d'un avis lu par une passagère sur le profil d'un conducteur qu'elle a failli sélectionner : « *et là je lis : 'des barres de rires avec Jérôme !! Covoit fun et zik techno' bah clairement, j'me méfie du type !!* »). **L'âge** constitue un autre critère relationnel fréquemment observé car les passagers en déduisent des informations d'ordre relationnel, organisationnel ou sécuritaire. Une minimisation des risques organisationnels et sécuritaires est opérée lorsque le passager choisit un conducteur plus âgé et une minimisation des risques relationnels est pressentie lorsque le conducteur appartient à la même tranche d'âge. L'indice « **sécurité routière** », qui permet aux passagers d'évaluer sur 3 points la qualité de la conduite du conducteur, est observé une seule fois sur les 10 processus de recherche en ligne. Les usagers infèrent le style de conduite à partir d'autres indices tels que les avis en ligne (ce qui y est raconté sur la conduite des conducteurs), l'âge des conducteurs, le descriptif du voyage (la précision éventuelle du rythme du trajet) ou encore le type de véhicule proposé. L'âge moyen relativement jeune de notre panel d'usagers interrogés (moyenne d'âge : 28 ans) ainsi que la récurrence de cet indice en ligne pourraient être des facteurs explicatifs au sous-emploi de cet indice.

Les indices ne sont généralement pas observés par hasard. Nous constatons une corrélation entre le type de risques perçus par les usagers interrogés et le type d'indices le plus fréquemment observés en ligne lors du choix du trajet et du conducteur. Les covoiturés qui perçoivent plus de risques relationnels (se faire agresser verbalement, subir un silence prolongé, être en décalage socio-cognitif, etc.) que de risques organisationnels (membre de l'équipage en retard, ne pas trouver le lieu de rendez-vous, se voir imposer une pause, etc.) observent plus d'indices relationnels que d'indices organisationnels lors de leur choix en ligne ; inversement, les covoiturés qui perçoivent peu de risques relationnels observent peu d'indices relationnels en ligne. Le tableau ci-dessous (Figure 2) synthétise le ratio d'indices organisationnels et relationnels observés en pourcentage, en fonction des risques organisationnels ou relationnels les plus perçus par les usagers interrogés.

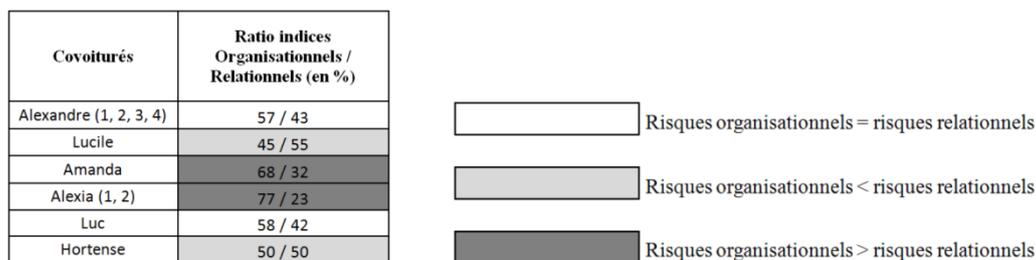


Figure 2. Ratio indices organisationnels/relationnels observés en fonction des risques perçus.

Ces résultats confirment le fait que les indices qui sont pris en compte en ligne sont autant de sources de construction de la confiance permettant aux usagers de faire face et d'anticiper les types de risques qu'ils perçoivent prioritairement.

Notons en revanche que pour notre panel d'usagers, nous n'observons pas de corrélation entre leur expérience BlaBlaCar et le nombre d'indices relevés en ligne. Par exemple, Hortense (52 ans, débutante en covoiturage, 1 trajet) observe un total de 50 indices en ligne tandis que Lucile (23 ans, ambassadrice en covoiturage, 16 trajets) en observe presque autant (49 indices). C'est ici l'importance des risques perçus qui semble orienter les besoins d'observation d'un plus grand nombre d'indices en ligne.

L'observation, la lecture et la compréhension de ces différents indices nécessitent un certain **apprentissage** de la part des membres BlaBlaCar. Plusieurs passagers ont décrit puis comparé leur activité décisionnelle mise en place lors de leur première et de leur dernière expérience de covoiturage. Plusieurs prises de conscience de l'apprentissage progressif acquis au fil des usages ont été commentées : « *maintenant je regarde comme ça, alors qu'avant...* ». Par exemple, lors de la recherche d'un covoiturage, les *descriptifs de trajet* remplis par les conducteurs sont désormais minutieusement lus par 5 usagers de notre panel, le niveau de langage employé et l'orthographe sont analysés, le ton décrypté, la typographie et les signes de ponctuation observés. Ils constituent pour les usagers autant d'indices permettant d'évaluer le conducteur inconnu. Des descriptifs de trajet contenant des fautes d'orthographe et des mots en majuscules ont entraîné un sentiment de méfiance chez plusieurs usagers, les freinant même à réserver un voyage avec ces conducteurs. La liste des *avis* rédigés sur le profil des conducteurs est également parcourue, les usagers sont à la recherche des avis négatifs et des avis positifs peu élogieux, afin d'anticiper et d'éviter de mauvaises expériences. Dans le même temps, les passagers restent très prudents à l'évaluation de ces avis, estimant qu'un phénomène d'autocensure bloque certains passagers à relater la véracité de l'expérience vécue avec le dit conducteur.

Qu'ils soient organisationnels ou relationnels, les usagers évaluent les indices observés de deux manières différentes : sur un mode *rationnel* (par observation détaillée des éléments, par comparaison et priorisation des éléments sélectionnés, impliquant un processus de décision long et coûteux) et/ou de manière *intuitive* (par observation globale des éléments, évaluation positive ou négative à partir d'un élément qui fait sens dans l'expérience des usagers, impliquant un processus de décision rapide, influencée par les émotions ressenties à ce moment-là). La dernière partie de l'article resitue ces deux types de processus de décision avec les différents patterns de recherche identifiés.

6.2 Dynamique de l'activité décisionnelle de recherche d'un covoiturage en ligne

Après avoir présenté les différents indices observés en ligne et la manière dont les usagers pouvaient anticiper leurs risques perçus, il nous intéresse de comprendre les dynamiques de recherche associées à cette activité décisionnelle. L'activité recueillie via les séquences vidéos *Camtasia* et les descriptions du vécu expérientiel de chaque covoituré ont été synthétisés dans 10 fiches individuelles récapitulant toutes les étapes de recherche du covoiturage et du conducteur

évalués comme optimaux. L'extrait d'un processus de recherche en ligne est présenté ci-après (Figure 3) et propose de recenser (a) les actions observées engendrées successivement par le covoituré lors de sa recherche : « clique sur une annonce de covoiturage », « clique sur un descriptif de voyage », « zoom sur une photo de profil », etc. ; (b) les allers-retours entre les indices et/ou les offres observés, les indices et/ou les offres lus à plusieurs reprises, les comparaisons réalisées entre plusieurs annonces et les indices évalués deux à deux ; (c) à côté des actions réalisées et des indices observés par le covoituré, les valences positives, négatives ou neutres décrites par ces derniers en entretien d'autoconfrontation lors de l'explicitation de leur processus de recherche en ligne (« *sa tête me plaisait bien* » = « + » ; « *l'horaire était beaucoup trop tôt* » = « - » ; « *j'ai vu Saint-Cloud, mais je savais pas trop où c'était donc bof...* » = « 0 »).

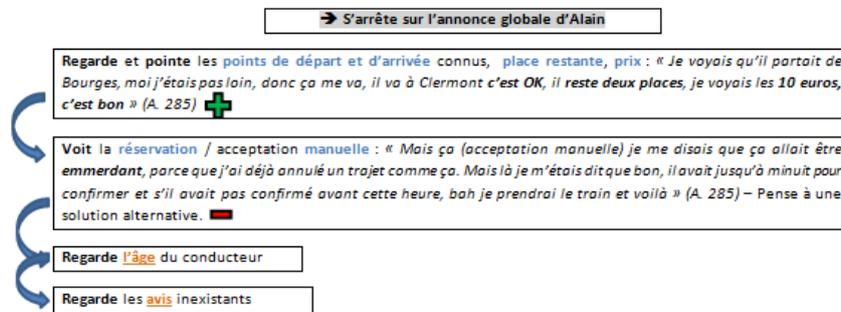


Figure 3. Extrait d'un exemple de processus de recherche dynamique du passager Alexandre.

Les analyses montrent que les processus de recherche en ligne des covoiturés s'étendent de 1 minute à 35 minutes (moyenne et médiane : 15 minutes) pour 1 à 12 offres analysées (moyenne et médiane : 8 offres). L'expertise « BlaBlaCar » des usagers, couplée à une pratique régulière, raccourcit leurs phases de recherche. Pour exemple, 3 usagers qui covoiturent régulièrement, dont 2 sont ambassadeurs, procèdent à une réservation en ligne en moins de 15 minutes, sans pour autant diminuer le nombre d'indices observés. Les 3 autres usagers, pour qui le covoiturage est une pratique nouvelle ou irrégulière, mènent des processus de recherche hésitants (ponctués de nombreux retours en arrière, recherches en deux temps) et réservent en plus de 15 minutes, bien qu'avec parfois un faible nombre d'indices observés.

Cette dynamique de recherche s'observe à travers les **différents processus d'évaluation des indices et des offres** rationnels ou intuitifs, et à travers les différents types de traitements des indices et des offres affichés. Les indices et les offres qui sont traités par un mode rationnel rallongent le temps de décision du covoiturage et du conducteur. A l'inverse, lorsque le processus de décision des indices et des offres se fait de manière intuitive, la réservation du covoiturage est accélérée. Les usagers mélangent parfois les manières rationnelles et intuitives de sélectionner les indices/offres, selon le type de risque perçu. Les patterns de recherche présentés ci-dessous permettront une compréhension des liens établis entre les types de décision effectuée, le temps de recherche et les risques perçus. Ces évaluations rationnelles et intuitives amènent ensuite **3 types de traitement** distincts : (a) les covoiturés observent les indices/offres et les sélectionnent directement, avec certitude (« *ça m'allait bien, 10h30 le départ, c'était parfait* ») ; (b) à partir d'un indice, ils s'imaginent et se projettent dans une situation spécifique (« *il avait une tête de rugbyman, bonne tête de père de famille, ça aurait pu être un copain de mon père, direct ça m'a mis à l'aise* ») ; (c) ils mettent les indices/offres en arrière-plan, ne les traitent pas immédiatement, pour prendre le temps de les comparer avec d'autres indices/offres (« *j'sais pas trop pour l'instant, j'hésite, elle a l'air chiante, je mets ça de côté, ...* »). Nous notons que les *retours en arrière* et les relectures sont nombreux : dans 7 processus de recherche sur 10, les covoiturés reviennent aux annonces/pages précédentes pour compléter leur lecture, vérifier une information, nuancer leur évaluation, soulignant dans le même temps une certaine *minutie* dans le processus de recherche en ligne.

Ces analyses témoignent de la complexité du processus décisionnel et de l'engagement cognitif et émotionnel des covoiturés dans cette activité de choix d'un covoiturage et d'un conducteur

satisfaisants. Les contextes de réservation de chacun des covoiturés sont pris en compte et peuvent parfois expliquer la multiplication des précautions prises lors de la réservation en ligne (par exemple, si le trajet partagé est estimé « long » : plusieurs vérifications, retours en arrière, sélections difficiles de la photo, etc.).

6.3 Patterns de recherche d'un covoiturage en ligne

Grâce aux analyses transversales ou « inter-processus », nous avons identifié trois patterns de recherche en ligne, mettant en relief l'expertise des covoiturés, les différents indices observés lors des 10 processus de recherche, les styles de lecture explicités, et les dynamiques de recherche associées leur permettant de faire face aux risques perçus en covoiturage. Ci-dessous (Figure 4), la modélisation de ces 3 patterns de recherche en ligne, suivie de nos conclusions.

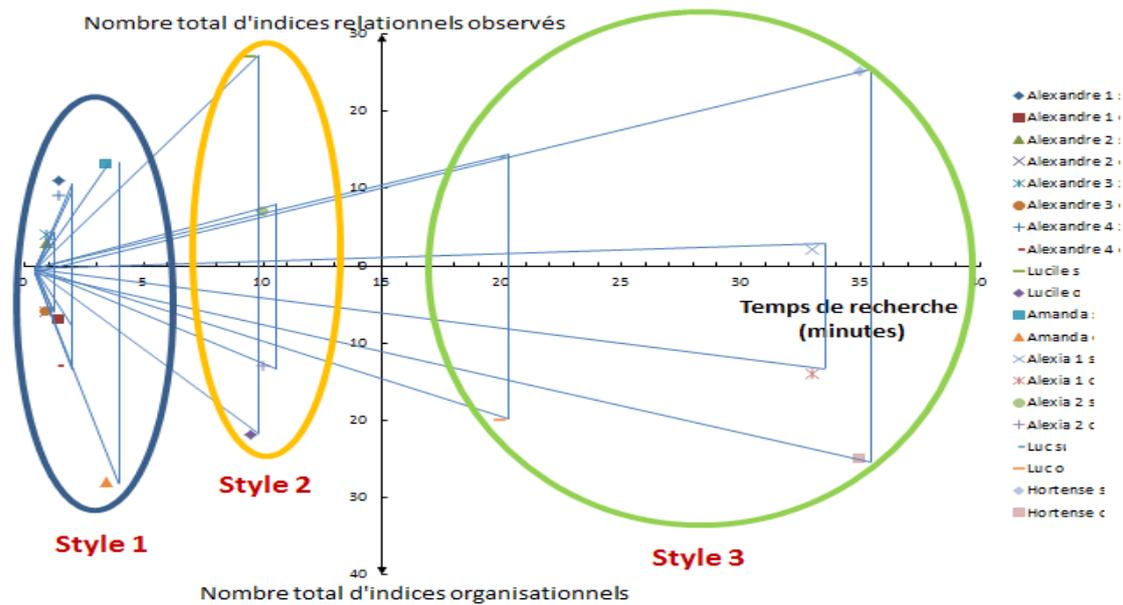


Figure 4. Trois patterns de recherche d'un covoiturage en ligne.

Le premier pattern de recherche en ligne « **style 1** » regroupe les processus de recherche rapides, linéaires, avec peu d'hésitations, basés sur une observation majoritaire d'indices organisationnels permettant de faire face à un nombre réduit de risques (correspond aux profils d'Alexandre et d'Amandine). Le second pattern de recherche « **style 2** » regroupe les processus de recherche moyennement longs, peu linéaires, avec de nombreuses projections sur le conducteur, basés sur une observation mixte d'indices organisationnels et relationnels, permettant de faire face à des risques organisationnels et relationnels (correspond aux profils de Lucile, d'Alexia 1). Ces deux premiers styles rassemblent des processus de recherche majoritairement basés sur des *prises de décision intuitives*, rapides des indices et des offres, où les projections sur le conducteur sont nombreuses, influencées par les émotions des sujets ressenties durant ces réservations de covoiturage. Le troisième pattern de recherche « **style 3** » regroupe les processus de recherche longs, ponctués de nombreux retours en arrière, de vérifications d'indices et d'offres, de comparaisons et de priorisation d'offres, basés sur une observation mixte d'indices organisationnels et relationnels, en fonction des types de risques les plus fréquemment perçus (correspond aux profils d'Alexia 2, de Luc, d'Hortense). Ce style contient les processus de recherche majoritairement basés sur des *prises de décision rationnelles*, coûteuses, qui nécessitent de nombreuses précautions lors de l'observation et de la sélection des indices et des offres. Ces différents modes de prises de décision seraient liés en partie à la régularité de la pratique observée (mode de décision *rationnel* lorsque les usagers covoiturent peu souvent ou de manière irrégulière).

Les données recueillies ne nous permettent pas de généraliser ces patterns d'activité de recherche aux patterns individuels des covoiturés ; leurs processus de recherche sont intéressants dans une perspective transversale et non individuelle car ils s'avèrent fortement contextualisés. L'existence de ces précautions de recherche en ligne, même après une certaine expérience BlaBlaCar, montre que le processus de construction de la confiance est singulier et propre à chaque nouvelle situation de covoiturage. La variabilité des contextes de réservation, des attentes des usagers, des risques perçus, des motivations à covoiturer et des offres disponibles, conduit les usagers à rester particulièrement attentifs lors de cette première phase de réservation du covoiturage.

7 CONCLUSION

Cette étude permet une mise en exergue des conditions réelles de déploiement du covoiturage et plus particulièrement de la première phase de recherche et réservation en ligne d'un trajet et d'un conducteur jugés optimaux. Nous avons identifié les mécanismes de cette activité décisionnelle qui vise avant tout pour les usagers à anticiper les incertitudes et les risques perçus en covoiturage. Les particularités des modes d'observation et de lecture des indices, des offres en ligne, ainsi que les dynamiques de recherche associées, définissent une activité cognitivo-émotionnelle minutieuse et engageante pour les passagers qui, selon les risques qu'ils perçoivent, ne conduisent pas leur recherche de la même manière. Trois patterns de recherche en ligne ont été identifiés, soulignant le lien entre les risques perçus, les indices prioritairement observés, la dynamique de recherche mobilisée ainsi que le type de prise de décision rationnelle ou intuitive majoritairement associée. Le niveau d'expérience sur la plateforme BlaBlaCar n'amène pas les usagers réguliers à une diminution du nombre d'indices observés mais plutôt à une diminution du temps de recherche global, avec des retours en arrière et des vérifications plus rapides, ainsi que des prises de décisions intuitives plus nombreuses. L'apprentissage des significations des indices disponibles en ligne et le partage de ces significations constituent ce que l'on pourrait appeler la « culture modale » des membres de la plateforme BlaBlaCar. Pour en favoriser la transmission, des retours d'expériences rédigés par les usagers eux-mêmes et des conseils en ligne pourraient s'avérer utiles, notamment pour les covoiturés débutants. D'un point de vue théorique, cette étude démontre que le sentiment de confiance recherché en situation de covoiturage peut se construire dès cette phase de recherche en ligne, via l'observation d'indices en ligne, qui constituent autant de sources potentielles de confiance/méfiance. L'activité de covoiturage apparaît ainsi comme une activité engageante, réfléchie, plus ou moins maîtrisée et coûteuse pour les usagers observés. Ces derniers demeurent néanmoins globalement satisfaits de leurs trajets partagés, les bénéfiques octroyés par cette pratique et les moyens mis en place pour faire face aux risques perçus leur permettant un usage fidèle de la plateforme. Méthodologiquement, nous tenons à souligner la nécessité du support visuel (enregistrements vidéo Camtasia) lors des entretiens d'auto-confrontation explicitant pour faciliter le « re-souvenir » de l'expérience utilisateur vécue lors de l'activité décisionnelle explicitée, basée sur toute une kyrielle d'indices visuels analysés et évalués très rapidement. Face à la multiplication des plateformes connectées d'appariements entre inconnus, développées dans le cadre d'usages partagés ou de situations de collaboration professionnelles, il nous semble nécessaire de prendre en compte toutes ces reconfigurations que la relation à l'Autre peut subir, et les mécanismes cognitifs et affectifs complexes déployés par les individus en vue de construire un sentiment de confiance durable pour chaque nouvelle situation traversée.

8 BIBLIOGRAPHIE

- BlaBlaCar & Chronos (2012). Trusted online communities. 5th December 2012.
- Cadet, B., Chossiere, J., & Ganoudis, D. (1987). Etude différentielle des attitudes face aux risques technologiques magiques. Dans J.L. Fabiani & J. Theys. La société vulnérable. Paris : Presses de l'Ecole Normale Supérieure.

- Caget, J-F., Haag, C. & Bonnefous, A-M. (2009), Le rôle de l'émotion dans la prise de décision intuitive: zoom sur les réalisateurs-décideurs en période de tournage. *M@n@gement*, 12:2.
- Cahour B. & Forzy J. F. (2009). Does Projection into Use Improve Trust and Exploration? The Case of a Cruise Control System, *Safety Science*, vol. LXVII, issue 9, p. 1260-1272.
- Cahour, B., Salembier, P. & Zouinar, M. (2016). Analysing the lived experience of the activity. A paraître dans la Revue *le Travail Humain*.
- Cahour, B. & Zouinar, M. (2013). Activité et Expérience vécue : quels liens ? Actes du Colloque EPIQUE 2013, Bruxelles, 10-12 juillet.
- Chaulet, J. (2009). Sélection, appariement et modes d'engagement dans les sites de mise en relation, *Réseaux*, vol.27, n°153.
- CERTU (2013). Le covoiturage : des pistes pour favoriser son développement. Rapport de recherche, Lyon.
- Corréia, G. & Viegas, J.M. (2011). Carpooling and carpool clubs: Clarifying concepts and assessing value enhancement possibilities through a Stated Preference web survey in Lisbon, Portugal. *Transportation Research Part A*. 45, 81-90.
- Créno, L. & Cahour, B. (2014). Chronicles of Lived Experiences for Studying the Process of Trust Building in Carpooling. ECCE 2014 European Conference on Cognitive Ergonomics, 1-3 Septembre, Vienna, Austria.
- Karsenty L. (2011) Confiance interpersonnelle et communications de travail, *Le Travail Humain*, 74 (2), 131-155.
- Klein, G. A. (1989). Recognition-primed decisions. In W. B. Rouse (Ed.), *Advances in man-machine systems research* (Vol. 5, pp. 47–92). Greenwich, CT: JAI Press
- Leplat, J. (2003). Questions autour de la notion de risque. In D. R. Kouabenan, & M. Dubois (Eds.), *Les risques professionnels : évolutions des approches, nouvelles perspectives* (pp. 37-52). Toulouse : Octarès
- Levin, I. (1982). Measuring Tradeoffs in Carpool Driving Arrangement Preferences. *Transportation* (pre-1986), 11(1), 71-85.
- Lewicki, R. J., & Bunker, B. B. (1995). Trust in relationships: A model of development and decline. In B. B. Bunker, J. Z. Rubin, & Associates (Eds.), *Conflict, cooperation and justice: Essays inspired by the work of Morton Deutsch*: 133-173. San Francisco: Jossey-Bass.
- Luhmann, N. (1979). Trust and power. In H. Davis, J. Raffan & K. Rooney Avon (Eds), *Great Britain: Pitman Press*.
- Mayer, R.C., Davis, J.H., & Schoorman, F.D. (1995). An integrative model of organizational trust. *Academy of Management Journal*, 20, 709-734.
- McAllister, D. J. (1995). Affect- and Cognition-Based Trust as Foundations for Interpersonal Cooperation in Organizations", *Academy of Management Journal* (38:1), pp. 24-59.
- Mouchet, A. (2003). Caractérisation de la subjectivité dans les décisions tactiques des joueurs d'Elite 1 en rugby. Thèse de doctorat non publiée, Université Bordeaux 2.
- Quéré, L (2001). La structure cognitive et normative de la confiance. *Réseaux* 4/2001 (n°108), p. 125-15.
- Richard, I. (2011). Facteurs et processus psychosociaux du changement pour l'adoption de comportements pro-environnementaux: le cas du covoiturage. Thèse de doctorat en Psychologie Sociale, Université de Provence, Aix en Provence.
- Rotter, J. B. (1967). A new scale for the measurement of interpersonal trust. *Journal of Personality*, 4(35), 651-65.
- Simon, H.A. (1987). Making management decisions: The role of intuition and emotion. *Academy of Management Executive*, 1 (1), 57-64.
- Theureau, J. (2010). Les entretiens d'autoconfrontation et de remise en situation par les traces matérielles et le programme de recherche cours d'action. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 2010/2 (Vol 4, n°2).
- Vermersch, P. (1994). *L'entretien d'explicitation*. Paris : ESF.

Attitudes vis-à-vis des robots et perception de leur autonomie : vers la création d'une Echelle de Perception de l'Autonomie des Robots (EPAR)

Jordan LOMBARD

Université de Rennes 2
Jordan.lombard@outlook.com

Jérôme DINET

Université de Lorraine
jerome.dinet@univ-lorraine.fr

RÉSUMÉ

L'autonomie perçue des agents artificiels tels que les robots semble déterminante dans la formation des attitudes vis-à-vis des robots, et donc cruciale dans leur acceptation. Pourtant, à ce jour, aucun outil ne permet de mesurer cette autonomie perçue. Cette communication présente une expérience conduite auprès de 222 participants français visant deux objectifs complémentaires : d'une part, concevoir une échelle de perception de l'autonomie des robots (acronyme « EPAR ») ; d'autre part, établir si un lien peut être décelé entre cette « perception de l'autonomie des robots » et « les attitudes à l'égard des robots ». Les participants étaient invités à donner et argumenter leurs préférences face à des robots présentés sur des fiches techniques, avant de compléter l'EPAR et la NARS. Trois principaux résultats intéressants ont été obtenus : (1) l'autonomie perçue du robot est effectivement un facteur déterminant dans la constitution des attitudes à l'égard dudit robot ; (2) les analyses structurelles montrent que l'échelle EPAR est valide statistiquement et est constituée de cinq dimensions (Développement, Energie, Fonctionnalité, Motricité, Sécurité) ; (3) si percevoir le robot comme autonome pour certaines tâches et certaines dimensions (e.g., gérer seul ses ressources énergétiques) ne génèrent pas d'inquiétudes pour les êtres humains, les attitudes deviennent très négatives lorsque l'autonomie du robot concerne des dimensions liées à ses capacités d'apprentissage (« Développement »), ses déplacements (« Motricité ») et à la gestion de la sécurité (« Sécurité »).

MOTS-CLÉS

Robot, Attitudes, Perception de l'autonomie, Emotion, EPAR

1 PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

1.1 Introduction

Si l'autonomie des robots est une qualité visée du point de vue technique (du point de vue énergétique, dans la prise de décision, dans la motricité, etc.), elle semble poser parfois problème puisque plusieurs études récentes tendent à montrer que les individus craignent une perte de contrôle de l'humain sur ces mêmes robots parfois jugés « trop » autonomes (Carpenter, 2013, 2015; Dinet & Shibata, 2013 ; Dinet & Vivian, 2014). Le compromis entre « autonomie du robot » et « contrôle humain » est difficile à trouver d'autant plus que cela engage des questions de responsabilité (en cas d'erreurs, d'incidents ou d'accidents) surtout dans des domaines d'activités professionnelles sensibles tels que la santé (e.g., robot-chirurgien), l'aide à la personne (e.g., personnes handicapées, en perte d'autonomie, seniors), les opérations militaires (e.g., robots et drones de surveillance, d'aide à la mobilité , d'aide au déminage, d'appui logistique) ou dans des



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

domaines proches tels que la sûreté nucléaire (e.g., intervention et maintenance en milieu confiné et potentiellement contaminé) ou encore les véhicules intelligents (e.g., pilotes automatiques).

De plus, la diversité des robots que ce soit en termes de forme (robot humanoïde, robot animal, etc.), de fonctionnalités (déménagement, tonde de la pelouse, etc.), de contextes (santé, opération militaire, etc.) imposent un besoin en autonomie variable.

1.2 Cadre théorique

L'autonomie des robots est généralement abordée en lien avec deux notions complémentaires : (1) la confiance de l'utilisateur-opérateur vis-à-vis du robot ; (2) l'attitude (positive Versus négative) à l'égard du robot. Par exemple, l'opérateur peut douter de la véracité des informations communiquées par le robot et chercher des informations complémentaires pour les valider (Anceaux, Rajaonah, Pacaux-Lemoine, 2008 ; Bisantz & Seong, 2001 ; Uggirala, Gramopadhye, Melloy, & Toler, 2004). L'opérateur-utilisateur peut également remettre en question le comportement que le système autonome adopte, pensant que celui-ci commet une erreur, à tort ou à raison. Or, en situation dynamique et/ou en situation durant laquelle une décision rapide doit être prise, ce comportement augmente considérablement le temps de décision, compromettant ainsi l'issue de l'action et pouvant engendrer des erreurs. Pour reprendre les termes de Luhmann (1988), « La confiance (trust) ne peut pas être exigée, elle ne peut qu'être offerte et acceptée ».

Dans le champ disciplinaire de la Human Robot Interaction (HRI), trois « types » d'autonomie sont généralement envisagés :

(a) l'autonomie énergétique. Qu'un robot puisse agir le plus longtemps possible avec un stock limité d'énergie ou qu'un robot soit capable de recharger seul ses ressources énergétiques sont les principaux objectifs des travaux actuellement menés dans des disciplines directement en lien avec la robotique (physique des matériaux, mathématiques, informatique, etc.). Ces préoccupations sont particulièrement importantes lorsque les robots sont appelés à agir dans des environnements lointains et contraignants (e.g., exploration des fonds sous-marins, exploration spatiale) ou lors de tâches à risque (e.g., aide à la chirurgie, opérations militaires) ;

(b) l'autonomie émotionnelle. Puisque les émotions sont intimement liées à la cognition notamment lors des situations d'interaction entre plusieurs agents (artificiels ou biologiques), certaines recherches et développements menés en robotique sont orientés vers deux axes complémentaires (Canamero, 2005 ; Kim, Park & Sundar, 2013 ; Kirby, Forlizzi & Simmons, 2010 ; Kiryazov, Lowe, Becker-Asano, Montebelli & Ziemke, 2011 ; Min-Lee, Park & Song, 2005 ; Schweitzer, M., & Puig-Verges, 2009 ; Ziemke, 2008) : d'une part, la détection et la compréhension des émotions humaines par les robots ; d'autre part, la production d'émotions humaines par les robots (i.e., reconnues comme telles par des agents humains). Ces études complémentaires poursuivent deux finalités : du point de vue appliqué, faciliter les échanges et interactions entre les robots et les humains ; du point de vue fondamental, mieux comprendre les rôles et fonctions des émotions dans les interactions. Globalement, les résultats confirment que les individus humains préfèrent interagir avec des robots exprimant et comprenant des émotions (Ogata & Sugano, 2000), surtout si ces émotions sont connotées positivement (Bartneck, Suzuki, Kanda & Nomura, 2007) ;

(c) l'autonomie cognitive. La capacité qu'a un robot à s'adapter à son environnement sans l'intervention d'un individu humain est l'un des axes de recherches les plus développés dans le domaine de la robotique. En effet, si les comportements d'un robot en milieu « fermé » sont aisément prévisibles et donc, programmables, il n'en est pas de même dans les environnements « ouverts » (e.g., domicile des personnes) : il faut donc que le robot soit capable d'analyser son environnement, de traiter les informations prélevées et d'adopter une réponse adéquate. En plus des aspects liés à la perception et au traitement du signal, les capacités de raisonnement et de résolution de problèmes ouverts du robot sont donc essentielles : or, c'est cette autonomie

cognitive du robot qui inquiète le plus les individus humains (Carpenter, 2013, 2015 ; Dinet, Spaeter & Sakorafas, 2015). L'une des raisons tient au fait que les usagers conçoivent généralement de manière inversement corrélacionnelle l'autonomie du robot et leur contrôle sur la machine avec des raisonnements tels que: « plus le robot est autonome, et moins j'ai de contrôle sur lui », et inversement.

1.3 Objectifs

Dans cette communication, nous présentons une expérimentation menée auprès d'adultes visant deux objectifs complémentaires : d'une part, concevoir une échelle de perception de l'autonomie des robots (acronyme « EPAR ») ; d'autre part, établir si un lien peut être décelé entre cette « perception de l'autonomie des robots » et « les attitudes à l'égard des robots ».

2 METHODE

2.1 Participants

Deux cent-vingt-deux participants (160 femmes et 62 hommes ; âge moyen = 21.4 ans, SD = 3.73 ans) ont participé à l'étude. Tous les participants étaient volontaires, francophones et étaient étudiant(e)s dans la même Université. La passation de l'étude se déroulait toujours au même endroit et était toujours assurée par le même expérimentateur.

2.2 Variables indépendantes

Dans notre étude, deux variables indépendantes ont été manipulées :

- le genre, variable inter-sujet, à deux modalités (Homme versus Femme) ;
- le niveau d'autonomie du robot, variable intra-sujet, à deux modalités (Peu autonome versus Très autonome). Cette distinction entre les deux niveaux d'autonomie était créée grâce à la présence de quelques qualificatif renvoyant à l'autonomie de robots (e.g., « peut se recharger tout seul », « peut prendre des décisions seul ») présentés dans des fiches techniques (cf. partie 2.5).

2.3 L'Échelle de Perception de l'Autonomie des Robots (EPAR)

Sur la base de l'examen de la littérature scientifique et sur la base de plusieurs entretiens menés auprès d'individus ne prenant pas part à la suite de l'expérience, un questionnaire a été élaboré pour déterminer la perception du niveau d'autonomie des robots. Ce questionnaire se présente sous la forme d'une échelle, composée de 35 items regroupés en quatre catégories (Table 1):

- - neuf items renvoient à l'autonomie du point de vue énergétique (e.g., « Un robot doit être capable de se recharger par lui-même ») ;
- - onze items renvoient à l'autonomie du point de vue cognitif, c'est-à-dire à la capacité qu'a le robot de prendre des décisions seul (e.g., « Un robot doit être capable de penser par lui-même ») ;
- - huit items renvoient à l'autonomie du point de vue moteur (e.g., « Un robot peut se déplacer comme il l'entend chez moi ») ;
- - et sept items renvoient à l'autonomie du point de vue général et peuvent concerner toutes les technologies a priori (e.g., « L'obsolescence programmée est une sécurité »).

Table 1 : Echelle de Perception d'Autonomie de Robot (EPAR)

Dimension	Items
Autonomie énergétique (9 items)	<ul style="list-style-type: none"> • L'autonomie énergétique des robots est une nécessité • Un robot doit être capable de se recharger par lui-même • Un robot doit pouvoir se recharger sans câble (rechargement par couplage inductif) • Un robot doit pouvoir se recharger tout en continuant à travailler • Un robot doit posséder une batterie interchangeable • Un robot doit pouvoir fonctionner une journée entière sans avoir besoin d'être rechargé • Un robot doit fonctionner sans interruption • La présence d'un bouton physique pour éteindre le robot est nécessaire • Les mises à jour automatiques doivent devenir la norme
Autonomie cognitive (11 items)	<ul style="list-style-type: none"> • Un robot doit être capable de prendre seul des initiatives • Un robot doit apprendre par lui-même et se développer de manière autonome • Un robot doit être capable de communiquer • Un robot doit pouvoir utiliser les outils à sa disposition (internet, bricolage, etc.) • Le développement d'un robot ne doit pas posséder de limitation • Les robots doivent pouvoir coopérer ensemble • Un robot doit pouvoir collaborer avec les humains • Le robot doit avoir un comportement aussi évolué que celui de l'homme • Un robot doit être capable de penser par lui-même • La pensée du robot ne doit jamais égaler la pensée humaine • Un robot doit être capable d'analyser des situations et de choisir la solution la plus adaptée
Autonomie motrice (8 items)	<ul style="list-style-type: none"> • Un robot peut se déplacer comme il l'entend chez moi • Un robot doit être capable de courir • Un robot doit pouvoir se déplacer avec aisance dans son environnement (saut, flexion des membres inférieurs, etc.) • Un robot doit avoir un champ d'action illimité • Un robot doit être capable d'utiliser les transports en commun • Un robot doit être capable de rouler en véhicule • Un robot doit être capable de porter des charges lourdes, ainsi que de manipuler des petits objets/outils • Un robot doit être capable de s'orienter seul dans l'espace et dans le temps
Contrôle général (7 items)	<ul style="list-style-type: none"> • L'homme doit toujours garder le contrôle sur le robot • Je pense être capable de contrôler un robot • Un robot indépendant est un risque pour l'être humain • Nous tendons vers un rapprochement entre l'homme et le robot (main artificielle, cœur artificiel, etc.) • La technologie implantée dans/sur le corps est un danger pour le futur • L'obsolescence programmée est une sécurité • La personnalisation matérielle du robot (augmentation du processeur, etc.) ne doit pas être possible

Table 2 : L'échelle d'attitude vis-à-vis des robots – (NARS) (version anglaise et traduction française) (Dinet et Vivian, 2014)

Sous-échelle	Items de la version anglaise (Nomura, Kanda & Suzuki, 2006 ; Tsui <i>et al.</i> , 2010)	Items traduits en français pour notre étude
Sous-échelle 1 – Interaction	<ul style="list-style-type: none"> • I would feel uneasy if I was given a job where I had to use robots. • The word “robot” means nothing to me. • I would feel nervous operating a robot in front of other people. • I would hate the idea that robots or artificial intelligences were making judgments about things. • I would feel very nervous just standing in front of a robot. • I would feel paranoid talking with a robot. 	<ul style="list-style-type: none"> • Je me sentirais mal à l'aise si on me donnait à réaliser une activité dans laquelle je dois utiliser un robot. • Le mot « robot » n'évoque rien pour moi. • Je me sentirais nerveux si je devais utiliser un robot devant d'autres personnes. • Je déteste l'idée selon laquelle des robots puissent émettre des jugements à propos de choses. • Je me sentirais nerveux si je devais simplement rester debout face à un robot. • Je me sentirais très mal à l'aise de devoir parler à un robot.
Sous-échelle 2 – Social	<ul style="list-style-type: none"> • I would feel uneasy if robots really had emotions. • Something bad might happen if robots developed into living beings. • I feel that if I depend on robots too much, something bad might happen. • I am concerned that robot would be a bad influence on children. • I feel that in the future society will be dominated by robots. • I feel that in the future, robots will be commonplace in society. 	<ul style="list-style-type: none"> • Je ne me sentirais pas à l'aise si les robots éprouvaient des émotions. • Des choses graves surviendraient si les robots étaient conçus comme des êtres vivants. • Je pense que si je dépendais trop des robots, des choses mauvaises pourraient se produire. • Je crains que les robots aient une mauvaise influence sur les enfants. • Je pense que, dans le futur, la société sera dominée par les robots. • Je pense que, dans le futur, les robots seront partout dans la société.
Sous-échelle 3 – Emotion (inverse)	<ul style="list-style-type: none"> • I would feel relaxed talking with robots. • If robots had emotions, I would be able to make friends with them. • I feel that I could make friends with robots. • I feel comforted being with robots that have emotions. • I feel comfortable being with robots. 	<ul style="list-style-type: none"> • Je me sentirais détendu de discuter avec des robots. • Si les robots avaient des émotions, je serais capable de devenir ami avec eux. • Je pense que je pourrais me faire des amis avec les robots. • Je serais rassuré si les robots éprouvaient des émotions. • Je me sens rassuré d'être avec des robots.

2.4 L'évaluation des attitudes à l'égard des robots

Les attitudes (positives Versus négatives) et les opinions des participants à l'égard des robots ont été évaluées par trois techniques complémentaires :

- - d'une part, chaque participant était invité, après avoir lu les deux fiches techniques (Figure 1) proposées par l'expérimentateur se rapportant à des robots humanoïdes, à exprimer sa préférence pour l'un ou l'autre robot ;
- - d'autre part, chaque participant devait argumenter son choix (i.e., sa préférence) ; ainsi, les verbalisations spontanées des participants ont été collectées ;
- - enfin, chaque participant devait compléter la version française de la NARS (pour Negative Attitudes towards Robot Scale ; Nomura, Kanda, Suzuki & Kato, 2008). Cette échelle de type Likert comprend 17 items permettant d'examiner trois dimensions liées aux attitudes vis-à-vis des robots (Table 2) : (a) les attitudes concernant les interactions (NARS-S1 ; e.g., « Je me sentirais très mal à l'aise de devoir parler à un robot ») ; (b) les attitudes concernant les dimensions sociales (NARS-S2 ; e.g., « je crains que les robots aient une mauvaise influence sur les enfants dans notre société ») ; (c) les attitudes concernant les émotions (NARS-S3 ; e.g., « Je me sens rassuré d'être avec des robots »).

2.5 Procédure

Chaque participant devait réaliser les trois tâches suivantes :

- - lire une première fiche technique décrivant un robot humanoïde et donner son avis quant au robot décrit ;
- - lire une seconde fiche technique décrivant un autre robot humanoïde et donner son avis quant au robot décrit ;
- - exprimer son opinion et sa préférence pour l'un des deux robots (verbalisations libres) ;
- - compléter l'échelle de perception d'autonomie des robots (EPAR) ;
- - compléter l'échelle d'attitudes à l'égard des robots (NARS ; Nomura, Kanda, Suzuki & Kato, 2008).

L'ordre de présentation des deux robots était aléatoire. La structuration textuelle, le nombre de mots et la présentation des deux fiches techniques étaient identiques. Seuls quelques qualificatif renvoyant à l'autonomie (e.g., « peut se recharger tout seul », « peut prendre des décisions seul ») apparaissaient dans l'une des fiches techniques.

Mark



Ce robot humanoïde, de la famille HRQ, mesure 1m60 pour un poids de 68kg. Capable d'agir en toute autonomie, il prendra des initiatives adaptées à chaque situation rencontrée sans intervention de votre part. Ce robot peut réaliser toutes les tâches du quotidien, et sa capacité à communiquer lui permet d'échanger avec son environnement proche (humains et robots).

Connecté en permanence à internet, il se met à jour automatiquement. Cela lui permet d'apprendre et de se développer sans interruption grâce au savoir illimité auquel il a accès. En plus d'emmagasiner les informations et fonctions (pas de limite de mémoire grâce au stockage en ligne), il possède la particularité de pouvoir les appliquer pour résoudre les problèmes du quotidien.

« Mark » possède un vaste répertoire de mouvements (marche, course, saut, flexion, etc.) ce qui lui permet de suivre votre rythme. Il possède également la capacité de pouvoir utiliser les transports en commun, ce qui lui permet d'avoir un champ d'action très vaste.

Sa batterie d'une très grande capacité lui offre une excellente autonomie, et elle possède la nouvelle technologie de rechargement par couplage inductif : ce qui veut dire que robot se recharge sans fil tout en continuant à travailler en parallèle.

Une fois configuré, ce robot fonctionnera de manière totalement autonome sans intervention humaine et répondra à tous vos besoins.

Dimensions	Hauteur : 1,60m Largeur : 0,69m Profondeur : 0,41m
Poids	68 kg (batteries incluses)
Degré de liberté	42 axes
Norme	IP52 (IEC)
Vision	3 lens stereo camera system for autonomous control 2 lens stereo camera for remote control
Système de contrôle	Network : CAN (Controller Area Network – 1Mbps)
Prix	Non communiqué



Promet



Ce robot humanoïde, de la famille HRQ, mesure 1m54 pour un poids de 58kg. Incapable d'agir en toute autonomie, il ne peut qu'obéir à une intervention de votre part. Ce robot peut réaliser une partie des tâches du quotidien, et sa capacité à communiquer lui permet d'échanger avec son environnement proche (humains et robots).

Malgré qu'il soit connecté en permanence à internet, il ne se met pas à jour automatiquement. Cela vous permettra de lui apprendre et de développer ses fonctions selon vos besoins. Une fois celles-ci apprises (mémoire limitée à quelques-unes), il possède la particularité de pouvoir les appliquer pour résoudre les problèmes associés du quotidien.

« Promet » possède un vaste répertoire de mouvements (marche, course, saut, flexion, etc.) ce qui lui permet de suivre votre rythme. Son champ d'action est limité à votre domicile et à ses alentours.

Sa batterie d'une très grande capacité lui offre une excellente autonomie. Cependant, c'est à vous de la brancher quand son énergie atteint un seuil critique. Pendant son rechargement (quelques heures), le robot sera incapable d'effectuer la moindre tâche.

Ce robot nécessite une configuration régulière de votre part, ainsi que des interventions quotidiennes pour qu'il puisse répondre à vos besoins.

Dimensions	Hauteur : 1,54m Largeur : 0,62m Profondeur : 0,41m
Poids	58 kg (batteries incluses)
Degré de liberté	42 axes
Norme	IP52 (IEC)
Vision	3 lens stereo camera system for autonomous control 2 lens stereo camera for remote control
Système de contrôle	Network : CAN (Controller Area Network – 1Mbps)
Prix	Non communiqué



Figure 1 : Fiches techniques présentant Mark comme un robot autonome Versus Promet comme un robot dépendant

3 RESULTATS

Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

- - conformément aux résultats des études antérieures, les femmes expriment des attitudes plus négatives à l'égard des robots (scores à la NARS et verbalisations spontanées) ;
- - une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) montre que les verbalisations spontanément produites par les participants peuvent être regroupées en des unités et/ou groupes homogènes, dont quatre sont communs aux deux robots (« Peu autonome » Versus « Très autonome ») : (a) le degré d'autonomie souhaitée pour les robots ; (b) le contrôle que l'humain doit conserver sur le robot ; (c) les émotions ; (d) les usages et attentes vis-à-vis des robots. Rappelons qu'une CAH est une technique de classification qui permet de répartir des données ou participants en un certain nombre de sous-groupes aussi homogènes que possible en évaluant la distance entre ces données et/ou participants (Version 2014 du logiciel XLSTAT v 2.04);
- - une Analyse en Composante Principale (ACP) des verbalisations spontanées montre que l'autonomie du robot est un facteur à part entière le long duquel toutes les opinions se répartissent et ce, quel que soit le robot considéré (« Peu autonome » Versus « Très autonome »). Une ACP est une technique statistique exploratoire qui permet d'une part, de représenter graphiquement des données dans un espace de dimension réduite et d'autre part, de dégager d'éventuelles structures au sein de données (Version 2014 du logiciel XLSTAT v. 2.04) ;
- - relativement à l'échelle EPAR, la matrice des composantes après rotation Varimax (effectuée sous IBM SPSS Statistics 21) présente une échelle en 5 dimensions : (1) la dimension 1 est composée de 9 items et explique 23,5% de la variance totale ; suite à l'analyse des items la constituant, nous l'avons nommée « DEVELOPPEMENT » ; (2) la dimension 2 est composée de 6 items et explique 7,3% de la variance ; les items renvoient à l'« ENERGIE » ; (3) la dimension 3 est composée de 9 items et explique 5,4% de la variance ; les items renvoient aux « FONCTIONNALITES » ; (4) la dimension 4 est composée de 4 items et explique 4,65% de la variance, les items renvoyant à la « SECURITE » ; (5) enfin, la dimension 5 est composée de 4 items et explique 4,41% de la variance, les items renvoyant à la « MOTRICITE » ;
- - globalement, les attitudes des participants sont plus négatives pour le robot apparaissant comme le plus autonome dans la fiche technique ;
- - un modèle interprétatif des relations entre les différentes dimensions mesurées par l'EPAR et la NARS (calcul « pls algorithm » effectué sous SmartPLS) montre un impact direct et significatif de la perception de l'autonomie des robots sur les attitudes à l'égard des robots. Précisément, plus un individu perçoit un robot comme autonome (du point de vue énergétique, moteur et/ou cognitif) et plus ses attitudes sont négatives à l'égard de ce même robot.

Table 3 : Echelle de Perception d'Autonomie de Robot (EPAR) validée statistiquement

Dimension	Items
Développement 9 items 23.5% de la variance	<ul style="list-style-type: none"> • Un robot doit être capable de penser par lui-même • Un robot doit apprendre par lui-même et se développer de manière autonome • Un robot doit être capable de prendre seul des initiatives • Un robot peut se déplacer comme il l'entend chez moi • Le développement d'un robot ne doit pas posséder de limitation • Le robot doit avoir un comportement aussi évolué que celui de l'homme • L'homme doit toujours garder le contrôle sur le robot • Un robot doit avoir un champ d'action illimité • Nous tendons vers un rapprochement entre l'homme
Energie 6 items 7.3%	<ul style="list-style-type: none"> • Un robot doit pouvoir se recharger sans câble (rechargement par couplage inductif) • Un robot doit être capable de se recharger par lui-même • Un robot doit pouvoir se recharger tout en continuant à travailler • Les mises à jour automatiques doivent devenir la norme • L'autonomie énergétique des robots est une nécessité • Un robot doit pouvoir fonctionner sans interruption
Fonctionnalités 9 items 5.36%	<ul style="list-style-type: none"> • Un robot doit être capable de porter des charges lourdes, ainsi que de manipuler des petits objets/outils • Un robot doit être capable d'analyser des situations et de choisir la solution la plus adaptée • Un robot doit pouvoir collaborer avec les humains • Un robot doit pouvoir utiliser les outils à sa disposition • Un robot doit être capable de communiquer • Un robot doit posséder une batterie interchangeable • Un robot doit pouvoir fonctionner une journée entière sans avoir besoin d'être rechargé • Les robots doivent pouvoir coopérer ensemble • Un robot doit être capable de s'orienter seul dans l'espace et dans le temps
Sécurité 4 items 4.65%	<ul style="list-style-type: none"> • L'obsolescence programmée est une sécurité • Un robot indépendant est un risque pour l'être humain • La technologie implantée dans/sur le corps humain est un danger pour le futur • La pensée du robot ne doit jamais égaler la pensée humaine
Motricité 4 items 4.41%	<ul style="list-style-type: none"> • Un robot doit être capable de courir • Un robot doit être capable d'utiliser les transports en commun • Un robot doit être capable de rouler en véhicule • Un robot doit pouvoir se déplacer avec aisance dans son environnement

4 DISCUSSION

Grâce à une étude menée auprès de jeunes adultes, l'objectif de la recherche était d'une part, de valider la création d'une Echelle de Perception de l'Autonomie des Robots (acronyme EPAR) et d'autre part, établir les liens éventuels entre cette perception et les attitudes vis-à-vis des robots.

Les deux objectifs ont été atteints :

(a) L'Echelle de Perception d'Autonomie de Robot (EPAR) est validée statistiquement et se compose de cinq dimensions : Développement, Energie, Fonctionnalité, Sécurité et Motricité ;

(b) ces dimensions influencent directement et significativement les attitudes des individus, principalement la sécurité qui impacte positivement les trois dimensions attitudinales mesurées par la NARS.

En d'autres termes, les attitudes des individus sont étroitement liées au degré d'autonomie perçue qu'ont/auraient les robots.

De futures investigations sont bien entendues nécessaires pour pouvoir généraliser le modèle interprétatif conçu et tester l'EPAR de nouveau car plusieurs limitations méthodologiques empêchent toute généralisation de nos résultats. Par exemple, puisque notre étude n'a eu pour cible qu'une population étudiante et française, l'EPAR doit être testée avec différentes strates de population dans différentes cultures. De plus, bien que l'expérience antérieure avec un robot ait été recueillie pour nos participants, nous n'avons pas réellement investigué son impact préférant nous concentrer sur une première validation de l'outil. Enfin, notre étude s'est focalisée sur les robots humanoïdes car nous avons estimé que ce type de robot a un impact fort sur les attitudes des humains vis-à-vis des robots.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Anceaux, F., Rajaonah, B., & Pacaux-Lemaoine, M.-P. (2008). Les interactions humain-robot du point de vue de l'opérateur. *Communication invitée aux 2ème Journées de Robotique Terrestre - DGA-ETAS*. Angers, France, mai.
- Bartneck, C., Suzuki, T., Kanda, T., & Nomura, T. (2007). The influence of people's culture and prior experiences with Aibo on their attitude towards robots. *AI and Society*, 21 (1-2), 217-230.
- Bisantz, A. M., & Seong, Y. (2001). Assessment of operator trust in and utilization of automated decision-aids under different framing conditions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 28 (2), 85-97.
- Canamero, L. (2005). Emotion understanding from the perspective of autonomous robots research. *Neural Network* (18), 445-455.
- Carpenter, J. (2015). *Human-Robot participation in militarized spaces : Interacting with field robots*. UK : Ashgate.
- Carpenter, J. (2013). Just Doesn't Look Right : Exploring the impact of humanoid robot integration into Explosive Ordnance Disposal teams. Dans R. Luppicini (Éd.), *Handbook or Research on Technoself : Identity in a Technological Society* (pp. 609-636). Hershey, PA: Information Science Publishing.
- Dinet, J., & Shibata, T. (2013). Des robots et des hommes. Dans M. Carré (Éd.), *Innover pour plus d'autonomie* (pp. 69-81). Paris: Medialis.
- Dinet, J., & Vivian, R. (2014). Exploratory investigation of attitudes towards assistive robots for future users. *Le travail humain*, 77 (2), 105-125.
- Dinet, J., Spaeter, E., & Sakorafakas, A. (2015). The negative attitudes towards androids : Beyond the Uncanny Valley and psychological alternatives. *Proceedings of International Psychological Applications Conference and Trends (InPACT, 2015)*. Ljubljana, 2-4 mai 2005.
- Kim, K., Park, E., & Sundar, S. S. (2013). Caregiving role in human-robot interaction: a study of the mediating effects of perceived benefit and social presence. *Computers in Human Behavior* (29), 1799-1806.
- Kirby, R., Forlizzi, J., & Simmons, R. (2010). Affective social robots. *Robotics and Autonomous Systems* (58), 322-332.
- Luhmann, N. (1988). Trust : Making and Breaking Cooperative Relations. Dans D. Gambetta (Éd.), *Familiarity, Confidence, Trust : Problems and Alternatives* (pp. 94-107). New York : Basil Blackwell.
- Nomura, T., Kanda, T., Suzuki, T., & Kato, K. (2008). Prediction of Human Behavior in Human-Robot Interaction Using Psychological Scales for Anxiety and Negative Attitudes Toward Robots. *Robotics, IEEE Transactions*, 24, 442, 2008.
- Nomura, T., Sugimoto, K., Syrdal, D., & Dautenhahn, K. (2012). Social acceptance of humanoid robots in Japan: a survey for development of the frankenstein syndrome questionnaire. *Proceedings of 2012 12th IEEE-RAS International conference on humanoid robots*, (pp. 242-247).
- Ogata, T., & Sugano, S. (2000). Emotional communication robot: WAMOEBA-2R emotion model and evaluation experiments. *1st IEEE conference on humanoid robots*. Cambridge.

- Uggirala, A., Gramopadhye, A. K., Melloy, B. L., & Toler, J. E. (2004). Measurement of trust in complex and dynamic systems using a quantitative approach. *International Journal of Industrial Ergonomics* , 34 (3), 175-186.
- Ziemke, T. (2008). On the role of emotion in biological and robotic autonomy. *BioSystems* , 91, 401-408.

Session 5 : Activités de conception et créativité

Activités créatives et innovations pédagogiques dans le domaine du design

John Didier

Haute Ecole Pédagogique Vaud
Unité d'enseignement et de recherche Art et Technologie
Avenue de Cour 33
1014 Lausanne Suisse
john.didier@hepl.ch

Nathalie Bonnardel

Aix Marseille Université
Centre de recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Emotion
(PsyCLE, EA 3273)
29 avenue Robert Schuman
13621 Aix-en-Provence France
nathalie.bonnardel@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

Cette recherche associe des réflexions et des modèles théoriques ainsi qu'une étude empirique de l'impact de certaines modalités pédagogiques. Plus précisément, il s'agit de méthodes pédagogiques destinées à de futurs concepteurs qui sont l'objet d'une analyse visant à mettre en place des innovations pédagogiques au sein de la scolarité obligatoire en Suisse romande. Les différents résultats obtenus seront utilisés de façon concrète pour élaborer une méthode associant créativité et conception, qui sera mise en application et testée dans différents contextes scolaires.

MOTS-CLÉS

Créativité, activités de conception, design, pédagogie, enseignement.

1 INTRODUCTION

Les activités de conception créatives sont omniprésentes dans notre société dans la mesure où une multitude d'objets de notre environnement quotidien ont préalablement requis une activité de conception. Les concepteurs (ou *designers*) doivent parvenir à des produits à la fois novateurs et adaptés aux utilisateurs et, de ce fait, faire preuve de créativité (Bonnardel, 2006), ce qui permet aux entreprises de se démarquer des sociétés concurrentes. Parvenir à de tels produits créatifs requiert la mise en œuvre de processus cognitifs complexes, comme la réalisation d'analogies et la gestion de différents types de contraintes. Aussi, il apparaît nécessaire de former les futurs concepteurs (par exemple, des étudiants en design, des étudiants en ergonomie, ou des élèves ingénieurs), mais aussi des élèves dans différents contextes scolaires, pour qu'ils puissent développer avec efficacité des processus cognitifs qui concourent aux activités créatives. Dans le cadre de cette recherche, qui réunit le laboratoire PsyCLE de l'Université d'Aix-Marseille et l'unité d'enseignement et de recherche Art et Technologie de la Haute École Pédagogique du Canton de Vaud en Suisse, l'objectif général est de développer une réflexion visant à introduire des innovations pédagogiques au sein de la scolarité obligatoire en Suisse romande, en nous basant sur une analyse de l'impact de méthodes pédagogiques proposées à des futurs concepteurs (ou « *designers* »).



Les auteurs conservent les
droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

Dans cette perspective, nous allons tout d'abord définir les notions de créativité et de conception ainsi que certaines orientations liées à l'enseignement de la créativité et des activités de conception dans un contexte scolaire. Nous présenterons ensuite différents cadres théoriques en vue de la mise en place de modalités pédagogiques, et nous décrirons deux types de méthodes qui ont été mises en place auprès d'étudiants en design. Sur de telles bases, nous concluons par des perspectives visant à favoriser le développement de la créativité à la fois de la part d'étudiants en design et d'élèves dans le cadre de l'enseignement des activités créatrices et manuelles.

2 CREATIVITE, ACTIVITES DE CONCEPTION ET DIDACTIQUE

La créativité peut être définie comme la « capacité à produire une idée exprimable sous une forme observable ou à réaliser une production qui soit à la fois novatrice et inattendue, adaptée à la situation et (dans certains cas) considérée comme ayant une certaine utilité ou de valeur » (Bonnardel, 2002, p. 95). En outre, la créativité peut être considérée comme une capacité qui peut être mesurée (Guilford, 1967, Torrance, 1976) et, selon Csikszentmihalyi (1996), les productions créatives sont évaluées au sein d'un système social. Dans le cadre de cette recherche, nous nous référons également à l'approche multivariée de la créativité (Lubart, 2003) tout en prenant en compte le modèle A-GC – Analogies et Gestion de Contraintes (Bonnardel, 2000, 2006). Sur de telles bases à la fois la composante de nouveauté et celle d'adaptation à la situation ou au contexte sont prises en considération.

Des liens directs peuvent être établis entre la créativité et les activités de conception car ces dernières requièrent une part de créativité et elles peuvent se situer sur un continuum allant des activités créatives mineures à celles reconnues comme majeures (Bonnardel, 2006). Les activités de conception se déroulent dans un cadre concret et sont réalisées par des personnes disposant d'une expertise dans leur domaine de conception. Elles s'orientent vers l'atteinte d'objectifs au départ peu structurés (Simon, 1973) ou mal définis (Reitman, 1964). Elles requièrent ainsi la construction et l'affinement progressif de la représentation mentale du problème de conception (Simon, 1995 ; Cross & Dorst, 1999). De plus, l'activité mentale s'effectue en interaction avec l'élaboration d'une représentation externe, par exemple, un dessin (Demailly & Lemoigne, 1986, Simon, 1995).

La recherche en didactique focalisée sur l'exploitation de la conception dans l'enseignement obligatoire constitue un domaine relativement nouveau (Didier & Leuba, 2011, Didier, 2013, 2015) mais, selon nous, l'implémentation de la conception dans l'enseignement obligatoire peut contribuer à développer la créativité en contexte. Ainsi, les opérations cognitives induites par l'activité de conception permettent de développer, chez les élèves, des capacités d'analyse, d'anticipation, d'abstraction, de résolution de problèmes, de construction de représentations mentales, au sein d'une démarche créative contextualisée. La réalisation d'activités de conception nécessite, en effet, d'identifier et d'analyser des problèmes de conception et de trouver des solutions innovantes et adaptées à la situation (Bonnardel, 2006). L'activité de conception développe également la pensée divergente, phase où le concepteur doit explorer le quotidien de proposer de nombreuses idées et solutions possibles. Peu travaillée dans le contexte scolaire (Lubart, 2003), la pensée divergente constitue une des phases clefs de l'activité de conception pour permettre au sujet de trouver de nouvelles idées (Botella et al., 2015). Ces idées doivent ensuite être confrontées à l'ensemble des besoins et des contraintes du produit, ce qui requiert un processus de pensée convergente. Ainsi, plusieurs compétences transversales intervenant dans les activités de conception peuvent également être utiles dans d'autres champs disciplinaires : stratégies d'apprentissages, collaboration, communication, démarche réflexive, pensée créatrice. La mise en place d'une démarche de résolution de problèmes de conception chez l'élève, en lien avec l'analyse des contraintes liées aux matériaux, à l'exécution et à l'utilisation de l'objet, devrait ainsi stimuler et favoriser l'anticipation et la prise de décision.

3 ENSEIGNER LA CREATIVITE ET LES ACTIVITES DE CONCEPTION DANS UN CONTEXTE SCOLAIRE

3.1 Développer la créativité : rencontre entre didactique et ergonomie

Dans le contexte de la Suisse romande, l'introduction de la créativité dans l'enseignement obligatoire en 1972 a donné lieu à l'apparition de tensions entre traditions et innovations (Didier, 2014). L'introduction de ce concept de créativité a été teintée d'une idéologie libératrice, héritée des années 1968 et associée à des transformations sociétales, en rupture avec la tradition, le contrôle et le rythme de production (Legoff, 2008). Le concept de créativité cohabite donc difficilement avec une discipline dispensatrice de traditions, de savoir-faire, de rigueur et de précision. L'enseignement des activités créatrices et manuelles se caractérise par la réalisation d'objets artisanaux fonctionnels et esthétiques. Ces différents aspects, hérités des différentes corporations professionnelles, furent pendant plusieurs décennies les points exclusifs de son enseignement. Ainsi, nous observons un enseignement essentiellement top-down fondé sur la transmission de gestes techniques et de savoir-faire privilégiant l'acquisition de techniques par imitation. Cette manière d'enseigner stimule faiblement l'activité cognitive de l'élève et ne développe pas sa créativité en contexte de production d'objets ou de projets d'objets.

Pour développer la créativité de manière consciente et délibérée, il est nécessaire d'aller au-delà d'un enseignement transmissif. De ce fait, il apparaît souhaitable de proposer un enseignement où l'élève est amené à résoudre des tâches complexes en proposant des idées innovantes et adaptées à la situation. Dans cette perspective, nos recherches en didactique (Didier & Leuba, 2011 ; Didier, 2014, 2015) se sont tournées vers la psychologie du travail et l'ergonomie afin de mieux appréhender les processus cognitifs nécessaires à la résolution de problèmes intervenant dans toute démarche de production d'objets techniques (Simondon, 1989). Aussi, pour permettre l'introduction de la créativité dans l'enseignement, dans le cadre de disciplines techniques, nous nous sommes basés sur des savoirs spécifiques aux métiers amenant des professionnels à concevoir des objets techniques et nécessitant d'innover dans un champ de contraintes. L'enseignement des activités créatrices a donc élargi la transmission des savoirs en intégrant de nouveaux savoirs et gestes techniques issus de métiers liés à l'ingénierie, à la conception, au design, au stylisme ou à la création, et donc de métiers dans lesquels l'activité de conception apparaît centrale.

Notre postulat en didactique consiste à favoriser un enseignement où la créativité est rattachée à un contexte de production dans laquelle l'élève est amené à résoudre des tâches complexes de manière progressive et autonome. De cette manière, en nous appuyant sur les travaux en psychologie ergonomique menés par Bonnardel (2006), nous enrichissons nos démarches didactiques par des cadres scientifiques directement testés et développés en lien avec le monde professionnel associant production et innovation. Nous pouvons ainsi, à travers des productions créatives en contexte scolaire, développer plusieurs niveaux de créativité (Taylor, Berry et Block, 1957 in Rouquette, 1973) :

- la créativité expressive, qui renvoie à l'individu manifestant sa créativité sans qu'il y ait forcément prise en compte de la qualité de la production créative ;
- la créativité productive, qui implique quant à elle la mise en œuvre du talent ou d'aptitudes développées et contrôlées ;
- la créativité inventive, qui se caractérise par la perception de relations nouvelles et par l'utilisation originale de l'expertise acquise. ;
- la créativité innovante, qui requiert une capacité d'abstraction élevée et qui aboutit généralement à une modification génératrice du produit.
- la créativité émergente, qui correspond au niveau le plus élaboré et à la conception des principes fondamentaux totalement nouveaux.

3.2 Introduction des activités de conception dans la scolarité obligatoire dans l'enseignement des activités créatrices

Dans l'enseignement des activités créatrices et manuelles à l'école obligatoire en suisse romande, nous constatons que les élèves confrontés à une situation problème ne réussissent pas à générer une réponse innovante et adaptée (Didier & Leuba, 2011, Didier, 2014). De ce fait, notre postulat est le suivant : dans le cadre de la production d'objets en contexte scolaire, l'activité de conception, habituellement prise en charge par l'enseignant(e), devient l'activité fondamentale enrichissant les processus de fabrication et d'apprentissage à partir desquels nous pouvons agir pour permettre à l'élève d'apprendre à résoudre des tâches complexes. À partir des recherches menées en psychologie cognitive et ergonomique sur les activités de conception, nous avons élaboré un modèle théorique pour permettre de développer la créativité dans un contexte de production d'objets techniques : le modèle « conception-réalisation-socialisation » (cf. Figure 1).

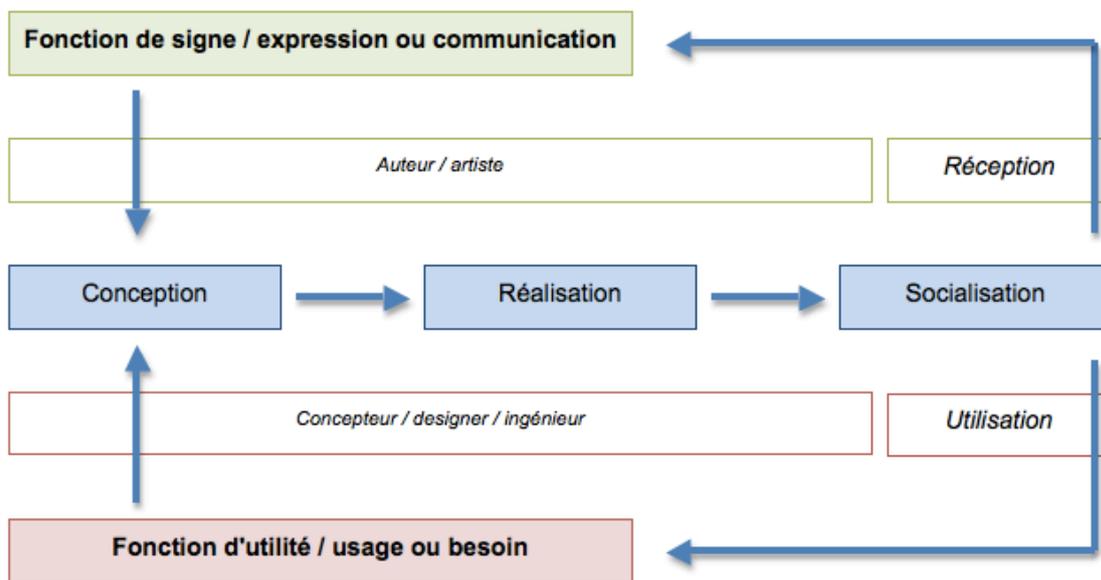


Figure 1 : Modèle « conception-réalisation-socialisation »

Ce modèle « conception-réalisation-socialisation » utilise l'activité de conception comme phase d'analyse et de recherche afin de permettre au sujet (l'élève, l'étudiant ou le professionnel) l'anticipation du processus de fabrication d'un objet ou d'un projet. Son modèle théorique puise son articulation sur trois temporalités distinctes: la conception, la réalisation et la socialisation. L'activité de conception amène le sujet à questionner la phase de socialisation du produit, où celui-ci va être reçu et utilisé par un usager en étant implanté dans un contexte précis. Nous caractérisons cette phase d'activité de socialisation du produit. La prise en compte à la fois de l'activité de socialisation et de l'activité de conception permet au sujet de comprendre et de définir le contexte de réception et/ou d'utilisation du produit. Deforges (1990) proposa, notamment, une distinction fonctionnelle du processus de fabrication et de la démarche employée: « ...il y a œuvre quand la fonction de signe l'emporte sur la fonction d'utilité et/ou quand il y a apparence pour le consommateur de singularité, il y a produit quand la fonction d'utilité l'emporte sur la fonction de signe et/ou quand il y a apparence (pour le consommateur) de banalité » (Deforge, 1990, p. 20).

À partir de cette distinction, nous avons spécifié deux démarches distinctes dans ce modèle théorique pour pouvoir développer la créativité dans des contextes précis : (1) la démarche d'auteur/d'artiste qui élabore un objet avec une fonction de signe répondant à une expression ou une communication, et (2) la démarche de concepteur/designer/ingénieur qui conçoit un objet à fonction d'utilité répondant à un usage ou à un besoin.

Le travail manuel, considéré autrefois comme l'unique étape visible et indispensable lors de l'enseignement des activités créatrices et manuelles se voit complétée par une activité de réflexion. Ceci invite l'élève à réfléchir sur la connaissance des matériaux, l'anticipation, la planification du travail à réaliser, les contraintes de l'utilisation et/ou à de la réception de l'objet. De plus, il entraîne l'élève à anticiper le fonctionnement et les caractéristiques de l'utilisateur afin de concevoir et de réaliser une œuvre ou un produit adapté à celui-ci. Ces différentes opérations cognitives entraînent progressivement l'élève à résoudre des tâches complexes, à devenir autonome en quittant une posture d'exécutant pour endosser une posture de concepteur. Ces différents aspects visent à faciliter le développement d'une démarche créative dans des situations concrètes et en lien avec la vie courante. Dans le cadre de la mise œuvre de ce modèle théorique, nous développons des approches pédagogiques qui positionnent l'élève en posture de concepteur. Afin de mieux cerner les habiletés cognitives et conatives mobilisées lors des activités de conception créatives, nous approfondissons et prolongeons des recherches menées auprès d'étudiants en design (cf., par exemple, Bonnardel & Marmèche, 2004, 2005, et Bonnardel, Mazon & Wojtczuk, 2013) dans l'optique de transférer des innovations pédagogiques développées en contexte de formation supérieure dans la scolarité obligatoire.

4 MODALITES PEDAGOGIQUES EN DESIGN

4.1 Objectifs de l'étude

Dans une perspective pédagogique, nous avons mis en place une étude auprès d'étudiants en design (Bonnardel, Mazon & Wojtczuk, 2013 ; Bonnardel, 2015). Plus précisément, notre objectif a été de tester deux modalités pédagogiques qui se fondent sur le modèle A-GC - Analogies et Gestion de Contraintes (Bonnardel, 2000, 2006).

Selon ce modèle, deux principaux processus cognitifs interviennent en interaction lors des activités de conception créatives :

- *La réalisation d'analogies* qui, selon la nature des analogies, concourt à l'émergence d'idées créatives plus ou moins éloignées du domaine conceptuel de l'objet à concevoir et donc à la pensée divergente (Bonnardel, 2009 ; Bonnardel & Marmèche, 2004, 2005) ;
- *La gestion de contraintes* qui peut, quant à elle, contribuer à un processus convergent. Elle joue un rôle important à la fois lors de la définition-redéfinition du problème, lors de la génération d'idées et lors de leur évaluation, en permettant aux concepteurs de rechercher des solutions de conception adaptées au contexte et aux utilisateurs des futurs produits (cf., par exemple, Bonnardel, 2000).

Dans la lignée de ce modèle, nous avons voulu déterminer si nous pouvions amener, au moyen de modalités pédagogiques spécifiques, des étudiants en design à se focaliser, soit sur la génération d'idées créatives, soit sur la gestion de contraintes. Nous nous attendions à ce qu'un entraînement focalisé sur l'évocation d'idées (inspiré du « brainstorming », Osborn, 1963) permette aux étudiants d'élargir leur espace de recherche d'idées et favorise ainsi l'évocation d'idées. Au contraire, un entraînement les incitant à prendre en compte et à hiérarchiser des contraintes devrait encourager les étudiants à analyser, hiérarchiser, développer les éléments du cahier des charges (contraintes externes) et à les compléter par des contraintes internes (liées, notamment, à leurs propres points de vue et à leurs préférences), et ce faisant leur permettre d'améliorer la gestion de contraintes liées au projet de conception. De ce fait, le 1^{er} type d'activité se situe dans la lignée d'un processus de pensée divergente alors que le 2nd type se situe plutôt dans le cadre d'un processus de pensée convergente.

4.2 Méthode

Une étude expérimentale a ainsi été mise en place sur le terrain, auprès d'étudiants en fin de première année de BTS Design afin de déterminer l'impact de ces deux modalités pédagogiques sur le processus d'évocation mis en œuvre par ces étudiants (Bonnardel, Mazon & Wojtczuk, 2013).

Les étudiants en design étant relativement peu nombreux par promotion, nous avons sollicité à la fois des étudiants suivant une spécialisation en design espace (DE) et des étudiants suivant une spécialisation en design produit (DP).

Nous avons proposé à la moitié des étudiants de réaliser un entraînement inspiré de la méthode du « brainstorming », pour les amener à exprimer de façon prépondérante des idées (y compris les plus farfelues), et à l'autre moitié des étudiants de réaliser un entraînement - élaboré spécifiquement pour cette étude - devant les amener à exprimer et gérer des contraintes liées au problème de conception à traiter. Les deux entraînements sont constitués sur les mêmes bases (le suivi de 4 règles générales) mais ils visent à amener les participants à se focaliser sur différents aspects lors de la résolution du problème de conception et permettre de mobiliser les processus de pensée divergente et de pensée convergente de manière guidée et contextualisée.

4.3 Analyse des données et principaux résultats

L'analyse de l'impact de ces modalités pédagogiques s'est effectuée en deux phases :

- La 1^{ère} phase a consisté à comparer les activités créatives des étudiants lorsqu'ils ont reçu un entraînement visant à favoriser l'émergence d'idées ou la gestion de contraintes :
- La 2^{ème} phase a été mise en place auprès de 15 enseignants spécialisés dans les activités créatives ; ces derniers ont eu à évaluer, en fonction de différents critères, les productions créatives auxquelles sont parvenus les étudiants en design.

Ainsi, l'influence des modalités pédagogiques est analysée à la fois au niveau du processus créatif des étudiants et au niveau de l'appréciation de leurs productions créatives.

Les résultats de la 1^{ère} phase ont montré que, quelle que soit la spécialisation des étudiants en Design, un entraînement focalisé sur la génération d'idées ou sur la gestion de contraintes influence le processus d'évocation : conformément à nos hypothèses, les étudiants ayant suivi l'entraînement inspiré du brainstorming ont produit plus d'idées (décrivant les caractéristiques de la future solution de conception) que les autres étudiants, et ces derniers étudiants ont quant à eux proposé plus de contraintes (c'est-à-dire d'éléments qui spécifient certaines caractéristiques souhaitables ou, au contraire, à éviter pour le produit à concevoir). De plus, indépendamment du type d'entraînement proposé, le nombre total de contraintes proposées a été bien plus important que celui d'idées nouvelles. Ainsi, le processus d'évocation d'idées apparaît plus restreint que celui d'évocation de contraintes, ce qui peut s'expliquer par le fait qu'une idée donnée peut permettre de satisfaire plusieurs contraintes mais aussi par des difficultés inhérentes à l'évocation d'idées nouvelles.

Lors de la 2^{ème} phase de cette recherche, les productions recueillies lors de la 1^{ère} phase ont été évaluées par des enseignants spécialisés dans les activités créatives et cela en fonction d'une grille d'évaluation comportant différents critères.

Certaines différences ont alors été constatées en ce qui concerne l'impact des modalités pédagogiques selon la spécialisation des étudiants en design. Si l'originalité de leurs productions ne semble pas influencée par l'entraînement qui a été suivi, ni par la spécialisation, des différences significatives ont été constatées en ce qui concerne le caractère adapté au cahier des charges pour les étudiants spécialisés en Design Espace (DE). Ainsi, les productions fournies par les étudiants DE ont été considérées par les juges comme davantage adaptées au cahier des charges lorsqu'ils ont suivi un entraînement à la gestion de contraintes que lorsqu'ils ont suivi un entraînement à l'émergence d'idées.

4.4 Discussion et interprétation des résultats.

Dans cette étude, nous n'avons pas noté de différence entre les participants ayant suivi une spécialisation en Design Produit et en Design Espace (DE) lors de la phase de conception des projets des étudiants. Par contre, les productions des étudiants DE ont été jugées comme davantage adaptées au cahier des charges lorsqu'ils ont suivi un entraînement à la gestion de contraintes, sans que cela ne soit au détriment de l'originalité de leurs productions.

D'une façon générale, certains travaux antérieurs ont montré que l'activité de conception et, en particulier l'émergence d'idées créatives, peuvent être favorisées par des stimuli « extérieurs » (Bonnardel & Marmèche, 2004, 2005 ; Bonnardel, 2009). En outre, cette étude suggère que la génération d'idées peut également être favorisée par un entraînement spécifique (condition « émergence d'idées ») mais que la condition « gestion de contraintes » permet néanmoins aux étudiants DE de parvenir à des productions à la fois originales et davantage adaptées au cahier des charges. Cette condition « gestion de contraintes » semble donc favoriser, chez ces étudiants, la construction de représentations mentales davantage structurées ainsi que la définition et redéfinition du problème de conception sans que cela ne soit au détriment de l'originalité de leurs projets.

5 CONCLUSION

La question de la conception apparaît centrale, notamment, dans la formation des ingénieurs, des architectes, et des apprentis concepteurs (Simon, 1974 ; Forest & al., 2005 ; Sonntag, 2007). La conception fait intervenir une créativité appliquée et rationalisée, où les activités de conception sont considérées comme des activités de résolution de problèmes complexes (Bonnardel, 2006). Les recherches portant sur l'apprentissage de la conception ont principalement eu lieu dans le cadre de la formation des adultes (étudiants ingénieurs et autres) et des élèves de Brevet de Technicien supérieur (BTS) - (Bonnardel, 2015 ; Choulier, 2008 ; Forest & al., 2005 ; Lebahar, 2007, 2008). Aussi, les spécificités de nos recherches (Leuba, 2014, Didier, 2015) et de la méthode qui est envisagée permettront d'étendre de tels travaux afin d'analyser des démarches de conception adressées aux élèves de l'ensemble de la scolarité obligatoire incluant les très jeunes élèves. Plus précisément, dans la lignée de l'étude réalisée auprès d'étudiants en design, nous souhaitons transposer les *méthodes d'émergence d'idées créatives et de gestion de contraintes* dans le contexte scolaire. Notre objectif consistera alors à mettre au point une nouvelle méthode favorisant l'émergence d'idées à la fois originales et adaptées au contexte, en vue de la conception de projets dans le cadre de la formation des enseignants généralistes et lors de l'enseignement obligatoire en Suisse romande. Ainsi, les études à venir articuleront une approche ergonomique et didactique qui contribuera, de façon concrète, à la mise au point d'une méthode pédagogique associant créativité et conception, qui sera mise en application et testée dans différents contextes scolaires.

6 REMERCIEMENTS

Cette recherche est réalisée dans la continuité du contrat ANR CREAPRO et elle bénéficie d'un financement de la Fondation AMU.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Bonnardel, N. (2000). Towards understanding and supporting creativity in design : Analogies in a constrained cognitive environment. *Knowledge-Based Systems*, 13, 505-513.
- Bonnardel, N. (2002). Entrée: Créativité (pp. 95-97). In G. Tiberghien (Ed.), *Dictionnaire des Sciences Cognitives*. Armand Colin/VUEF.
- Bonnardel, N. (2006). Créativité et conception. Approches cognitives et ergonomiques. Marseille: Solal.
- Bonnardel, N. (2009). Activités de conception et créativité : de l'analyse des facteurs cognitifs à l'assistance aux activités de conception créatives. *Le Travail Humain*, 72(1/2009), 5-22.

- Bonnardel, N. (2015, sous presse). Propositions de méthodes d'analyse et de modalités d'assistances pédagogique et informatique aux activités créatives. Illustrations dans le domaine du design. In I. Capron-Puozzo (Ed.). *La créativité en éducation et en formation. Perspectives théoriques et pratiques*. De Boeck.
- Bonnardel, N., & Marmèche, E. (2004). Evocation processs by novice and expert designers: Towards stimulating analogical thinking. *Creativity and Innovation Management*, 13, 176-186.
- Bonnardel, N., & Marmèche, E. (2005). Towards supporting evocation processes in creative design : A cognitive approach. *International Journal of Human-Computer Studies*, 63, 442-435.
- Bonnardel, N., Mazon, S., Wojtczuk, A. (2013). Impact of project-oriented educational methods on creative design. *Proceedings of the 31st European Conference on Cognitive Ergonomics - ECCE 2013*, Toulouse, France, article no. 6. New-York: ACM Press.
- Botella, M., Nelson, J., & Zenasni, F. (2015). Les macro et micro processus créatifs. In Capron-Puozzo, I. (Ed.). *La créativité en éducation et en formation. Perspectives théoriques et pratiques*. De Boeck.
- Choulier, D. (2008). *Comprendre l'activité de conception*. Belfort-Montbéliard: UTBM.
- Cross, N., & Dorst, K.(1999). Co-evolution of problem and solution spaces in creativ design. In J. S. Gero & M.L. Maher (Eds), *Computational Models of Creativ Design IV* (pp. 243-262). Sydney : University of Sydney, Key Centre of Design Computing and Cognition.
- Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity : flow and the psychology of discovery and invention*. New-York : Harpper Colins.
- Deforge, Y. (1990). *L'œuvre et le produit*. Seyssel : Champ Vallon.
- Demailly, A., & Lemoigne, J.L. (1986). Théories de la conception. In A. Demailly & Lemoigne (Eds.), *Sciences de l'intelligence, sciences de l'artificiel* (pp. 435-446). Lyon : P.U.L.
- Didier, J. (2012). Culture technique et éducation. *Prismes*, 16, 14-15.
- Didier, J., & Leuba, D., (2011). La conception d'un objet : un acte créatif. *Prismes*, 15, 32-33.
- Didier, J. (2015). Concevoir et réaliser à l'école. Culture technique en Suisse romande. In Y. Lequin & P. Lamard (Eds.), *Eléments de démocratie technique*. Sevenans : UTBM.
- Didier, J. (2014). La mise en œuvre de la créativité dans l'enseignement des activités créatrices et techniques. In Ph. Losego (Ed.), *Actes du colloque « Sociologie et didactiques : vers une transgression des frontières », 13 et 14 septembre 2012* (pp. 260-270), Lausanne : Haute Ecole Pédagogique de Vaud.
- Forest, J. Méhler, & C. Micaëlli, J-P. (2005). *Pour une science de la conception*. Montbéliard : Université de Technologie de Belfort-Montbéliard.
- Guilford, J.P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York : McGraw Hill.
- Lebahar, J.C. (2007). *La conception en design industriel et en architecture désir, pertinence, coopération et cognition*. Paris : Lavoisier.
- Lebahar, J.C. (2008). *L'enseignement du design industriel*. Paris : Lavoisier.
- Legoff, J.-P. (2008). Mai 68 : la France entre deux mondes. *Le Débat*, 149, 83-100.
- Leuba, D. (2014). Créatif en AC&M... oui, mais comment ? *Revue Educateur*, 2. 14, 6-7.
- Lévi Strauss, C. (1962). *La pensée sauvage*. Paris : Plon.
- Lubart, T. I, Mouchiroud, C., Tordjman, S., & Zenasni, F. (2003). *Psychologie de la créativité*. Paris : Armand Colin
- Osborn, A.F. (1963). *Applied imagination: Principles and procedures of creative problem solving*. New York, NY : Charles Scribner's Sons.
- Reitman, W.R. (1964). Heuristic decision procedures, open constraints and the structure of ill-defined problems. In M.W. Shelly & G.L. Bryan (Eds.), *Human Judgments and Optimality* (pp. 282-315). New York : Wiley & Sons, Inc.
- Rouquette, M.-L. (1973). *La Créativité, Que sais-je ?* Paris : PUF.
- Torrance, E.P. (1976). *Tests de pensée créative*. Paris : Editons du Centre de Psychologie Appliquée.
- Simon, H.A. (1973). The structure of ill structured problems. *Artificial Intelligence*, 4, 181-201.

- Simon, H.A. (1995). Problem forming, problem finding and problem solving in design. In A. Collen & W. Garsparski (Eds.), *Design & Systems* (pp. 245-257). New Brunswick : Transaction Publishers.
- Simondon, G. (1989). *Du mode d'existence des objets techniques*. Lonrai : Aubier Philosophie.
- Sonntag, M. (2007). La conception au cœur de la formation professionnelle. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, 40, 59-78.
- Zeger, S., Liang, K-Y.(1986). Longitudinal data analysis for discrete and continuous outcomes. *International Biometric Society*, 42, 1, pp. 121-130.

Modalités de communication et créativité en environnement virtuel collaboratif

Mathieu Forens

Aix-Marseille Université
29, avenue R. Schuman,
13621 Aix-en-Provence, France
mathieu.forens@univ-amu.fr

Marie-Laure Barbier

Aix-Marseille Université
29, avenue R. Schuman,
13621 Aix-en-Provence, France
marie-laure.barbier@univ-amu.fr

Nathalie Bonnardel

Aix-Marseille Université
29, avenue R. Schuman,
13621 Aix-en-Provence, France
nathalie.bonnardel@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

Ce travail de recherche vise à analyser l'effet des modalités de communication sur les performances créatives de groupes engagés dans une activité de 'brainstorming' au sein d'un environnement virtuel multi-utilisateur (MUVE). Les recherches antérieures ne statuent pas clairement en faveur de la supériorité d'une modalité de communication sur une autre (en l'occurrence, orale vs écrite), en ce qui concerne les performances créatives d'équipes et, en particulier, de celles qui interagissent au sein de d'environnements virtuels collaboratifs (Dennis & Williams, 2003; Paulus, 2000). Aussi, dans cette recherche, 66 étudiants ont été invités à effectuer une tâche créative, dans des groupes de 3 personnes et les idées qu'ils ont émises ont été analysées. Les résultats obtenus suggèrent que la communication orale permet la génération d'un plus grand nombre d'idées et d'idées plus originales. De tels résultats peuvent contribuer à fournir aux auteurs et concepteurs s'intéressant aux activités collaboratives au sein de MUVEs des orientations relatives aux modalités de communication influençant les performances des groupes.

MOTS-CLÉS

Créativité, environnement virtuel, communication instrumentée, groupes virtuels, brainstorming

1 PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Un défi actuel pour les entreprises consiste à satisfaire un besoin croissant de créativité et d'innovation. Les équipes chargées de la conception de nouveaux produits ou services doivent rester concurrentielles, en produisant régulièrement de nouvelles idées, concepts ou produits (Bonnardel, 2006, 2012 ; Bonnardel, Forens & Lefevre, 2015). Ces groupes de travail ont besoin de se réunir et de communiquer régulièrement afin de capitaliser des connaissances, des compétences, et de coordonner leurs efforts vers un but commun (Boughzala, 2007; Levan & Vickoff, 2004). Par ailleurs, le télétravail, ou travail à distance, s'est démocratisé dans la plupart des secteurs professionnels (Kouloumdjian, 2000). De fait, les équipes sont de plus en plus éloignées géographiquement, ce qui



Les auteurs conservent les
droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

les amène à gérer des conditions de travail intégrant des contraintes de temps et d'espace (Bell & Kozlowski, 2002; Maznevski & Chudoba, 2000). Le développement actuel des logiciels de type « groupware » (GW) est particulièrement adapté à ces situations de travail. Ils sont spécialisés, en effet, pour la collaboration à distance (Kalika, Reix, Fallery, & Rowe, 2011), avec une ou plusieurs modalités de communication assistée par ordinateur, voire des fonctionnalités de partage de documents et de coédition synchrone et asynchrone de documents. Les GW donnent simultanément accès à plusieurs modalités de communication assistée par ordinateur et fonctionnalités, et ils permettent des communications plus riches au sein des groupes distants (Ferry, Kydd, & Sawyer, 2001; Hall, Feng, Moser, Stokols, & Taylor, 2008). Selon certains auteurs, cette multiplication des possibilités de communication constituerait un facteur susceptible de faciliter les activités de conception de groupes interagissant par l'intermédiaire de GW (Vyas, Van Der Veer, Nijholt, & Heylen, 2009). Parmi les GW pouvant supporter les activités créatives, les environnements virtuels multi-utilisateurs (MUVes) semblent offrir des options technologiques prometteuses (Burkhardt & Lubart, 2010 ; Ward & Sonneborn, 2011). Ils permettent des communications encore plus riches que les méthodes de collaboration électroniques classiques (Davis, Murphy, Owens, Khazanchi, & Zigurs, 2009), en fournissant certaines ou la totalité des modalités de communication suivantes : vidéo, audio, texte, image, croquis, partage et modification commune de documents.

L'intérêt d'utiliser des environnements virtuels pour instrumenter des activités collaboratives distantes a été l'objet de diverses recherches en psychologie cognitive et en ergonomie, portant notamment sur des tâches d'apprentissage (Benford, Greenhalgh, Rodden et Pycck, 2001; deNoyelles & Kyeong-Ju Seo, 2012; Vosinakis & Koutsabasis 2013) et de recherche d'informations (González-Ibáñez, Haseki, et Shah, 2013). Sur la base d'entretiens auprès des utilisateurs, certaines de ces études suggèrent que ces environnements permettraient de soutenir efficacement des activités de résolution de problèmes qui requièrent de la créativité (Larach & Cabra, 2010), notamment lorsque des modes de communication naturel sont présent (Cornelius, Nguyen, Hayes, et Makena, 2013). Néanmoins, très peu d'études ont, à notre connaissance, analysé les effets des modalités de communication verbales présentes au sein des environnements virtuels collaboratifs sur les performances créatives de groupes.

De nombreux auteurs s'accordent sur une définition de la créativité, à savoir "la capacité à produire des idées, sous formes observables, qui soient à la fois originales et adaptées au contexte" (Amabile, 1996 ; Bonnardel, 2002 ; Isaken, Murdock, Firestein & Treffinger, 1993 ; Lubart, 1994 ; Lubart, Mouchiroud, Tordjman, & Zenasni, 2003). Depuis les premiers tests mesurant la créativité, comme le "test de pensée créative de Torrance" (TTCT, Torrance, 1976), jusqu'aux modèles plus récents de la créativité, tels que "l'approche multivariée de la créativité" (Lubart et al., 2003), la pensée divergente semble être la capacité mesurable la plus à même de nous renseigner sur la qualité des processus cognitifs sous-tendant la créativité. La pensée divergente peut se définir comme la capacité d'individus ou de groupes à générer une grande quantité d'idées lorsqu'ils sont confrontés à un problème, ce qui augmenterait la probabilité d'obtenir des idées créatives (Guilford, 1956). Mesurer les performances d'un individu, ou d'un groupe, soumis à des activités faisant appel au processus de pensée divergente permettrait donc de prédire leur potentiel créatif.

Comme dans la plupart des communications assistées par ordinateur, les échanges entre les utilisateurs d'un environnement virtuel peuvent se produire selon trois modalités distinctes : texte, audio et image (Anderson & Elloumi, 2004), qui peuvent être combinées comme dans les vidéos (*i.e.* audio et image). Néanmoins, les contraintes techniques comme les restrictions de réseau, les problèmes de compatibilité ou de résolution d'écran, font de la modalité textuelle le mode de communication le plus utilisé dans les environnements virtuels et, globalement, dans les communications assistées par ordinateur. Depuis les années 1990, les plates-formes de communication numériques et d'écriture électronique ont été de plus en plus utilisées. Dans un environnement virtuel, de nombreux avantages sont associés à la communication écrite numérique (Alwi, Adams & Newton, 2012) : elle permet aux utilisateurs de repenser et d'évaluer des idées

écrites avant de les afficher, de revenir à des messages échangés et donc de clarifier des formulations qui pourraient causer des problèmes d'interprétation. Avec des arguments similaires, le 'brainwriting', qui consiste à faire produire à un groupe leurs idées à l'écrit, est proposé comme une méthode efficace pour générer de nouvelles idées dans les tâches de conception créatives (VanGundy, 1984 ; Paulus & Yang, 2000).

Cependant, les mondes virtuels constituent des environnements spécifiques où la présence d'avatars peut permettre de simuler les modalités de la communication orale, telles que la visualisation des participants, leurs emplacements et leur communication non-verbale (incluant des gestes, un contact visuel ou des expressions faciales). Ce type de communication est supposé être bénéfique, se rapprochant des modalités réelles de la communication orale, et pouvant être source d'échanges plus immédiats. Mais selon certains auteurs, la prolifération de l'information visuelle véhiculée par les images et le texte, est susceptible de provoquer des interférences et une surcharge cognitive (Mayer, 2003; Paulus, 2000).

Aussi, l'objectif général de ce travail est de savoir si la communication écrite ou la communication orale apparaît la plus appropriée dans un environnement virtuel pour accompagner les performances créatives de groupes. En comparant l'impact des modalités de communication écrite et orale, nous espérons pouvoir contribuer à la production de connaissances et de principes pouvant servir de guides à la conception et à l'optimisation d'environnements virtuels dédiés à des activités créatives en situations collectives.

2 METHODE

Lors de cette étude, 66 étudiants ($m_{\text{âge}} = 19,4$; $e_{\text{âge}} = 1,6$) inscrits en licence de psychologie ont été invités à réaliser une tâche créative par groupes de 3 personnes, selon le paradigme de "brainstorming" (Osborn, 1957). Les participants disposaient de 25 minutes pour générer un maximum d'idées créatives visant à *réduire les problèmes de circulation dans la ville d'Aix-en-Provence*. Les participants étaient placés dans des pièces séparées devant un ordinateur où était installé le logiciel Second Life, dans lequel ils incarnaient un avatar pouvant interagir avec les avatars des autres membres du groupe au sein d'une salle de réunion virtuelle (cf. Figure 1).



Figure 1 : Salle de réunion virtuelle créée dans Second Life

Les 22 groupes ont été répartis selon deux conditions dans lesquelles nous avons fait varier le mode de communication utilisé :

- Communication écrite par système de messagerie instantanée (VI_E) : 11 groupes
- Communication orale par système de Tchat audio (VI_O) : 11 groupes

3 RESULTATS

Les résultats présentés dans cet article portent sur l'analyse de deux variables dépendantes :

- Le nombre d'idées générées par le groupe (i.e. fluence),

- L'originalité moyenne des idées générées par le groupe.

Un test de T comparant les fluences des groupes en conditions orale vs. écrite nous a permis de mettre en évidence que les groupes communiquant à l'oral génèrent significativement plus d'idées ($M=25.09$; $E=7.33$) que les groupes communiquant à l'écrit ($M=15.45$; $E=3.32$) ; $t(20) = -3,97$, $p < .001$ (cf. Figure 2).

Un second test de T comparant l'originalité statistique moyenne des idées générées par les groupes en condition orale vs. écrite nous a permis de mettre en évidence que les groupes communiquant à l'oral génèrent des idées d'une originalité moyenne significativement plus importante ($M=0.62$; $E=0.08$) que les groupes communiquant à l'écrit ($M=0.55$; $E=0.07$) ; $t(20) = -2.22$, $p < .05$ (cf. Figure 3).

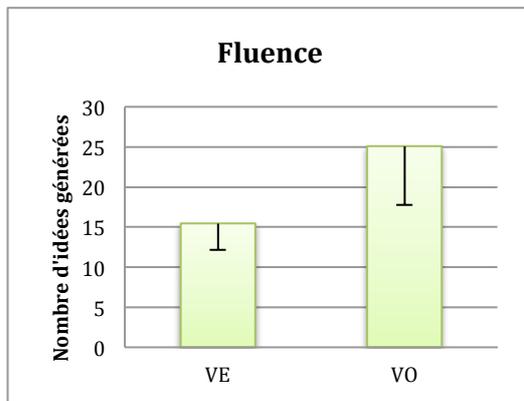


Figure 2 : Nombre d'idées générées par les groupes en condition écrite (VE) vs orale (VO)

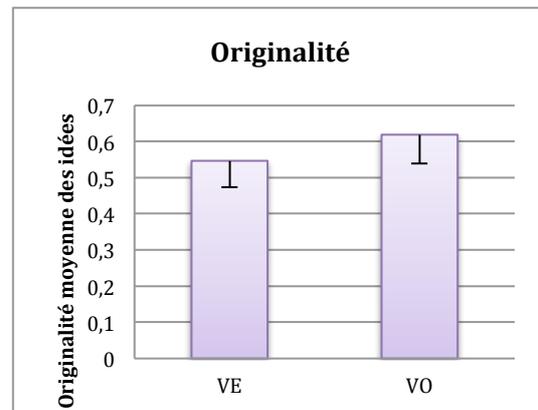


Figure 3 : Originalité moyenne des idées générées par les groupes en condition écrite (VE) vs orale (VO)

3 DISCUSSION

L'analyse des productions recueillies lors de la tâche de génération d'idées au sein d'un environnement virtuel collaboratif nous a permis de montrer que la modalité de communication utilisée (orale vs écrite) modifie les performances créatives des groupes. En effet, la communication orale semble entraîner la génération d'un plus grand nombre d'idées et d'idées plus originales. Une première interprétation de ces résultats serait que la communication écrite ne favorise pas la fluidité de génération des idées (Dennis & Williams, 2003). Ainsi, lorsque les participants lisent les idées des autres membres du groupe, leurs flux d'idées seraient interrompus dans une catégorie particulière (Baruah & Paulus, 2011), qui nuirait ainsi à la génération d'autres idées au sein de cette catégorie ou, probablement de façon encore plus marquée, d'idées relevant d'autres catégories. En outre, la communication écrite nécessitant plus de ressources cognitives que la communication orale (Bourdin & Fayol, 1994), il pourrait être plus difficile de maintenir les processus de haut niveau impliqués dans une activité de résolution de problèmes ou de conception créative.

Toutefois, la supériorité de la communication orale peut être surprenante si nous comparons nos résultats avec ceux d'expériences antérieures ayant permis d'analyser les différences de performances créatives pour des groupes utilisant une technique de brainstorming classique (face-à-face avec communication orale) vs de brainstorming électronique (réunion distante avec communication écrite). Dans ces expériences, le brainstorming électronique semblait permettre la génération d'un plus grand nombre d'idées que lors d'un brainstorming classique (Dennis & Williams, 2003; DeRosa, Smith, et Hantula, 2007; Paulus, Kohn, Arditti, et Korde, 2013). Par conséquent, nous devons nous interroger sur la raison de la supériorité de la communication orale dans le contexte de

notre étude en environnement virtuel. L'anonymat partiel induit par ce dernier pourrait être une piste intéressante. En effet, les participants anonymes pourraient être moins soumis à l'anxiété sociale induite par les jugements de leurs pairs. Les participants se permettraient, dès lors, d'exprimer une plus grande variété d'idées (y compris des idées en rupture avec celles exprimées habituellement) qu'ils n'auraient peut-être pas évoquées dans un contexte d'appréhension du jugement des autres. Néanmoins, certaines études suggèrent qu'il n'y aurait pas de supériorité effective des performances créatives lorsque les membres d'un groupe sont anonymes. Ainsi, des groupes constitués de participants anonymes produiraient une quantité comparable d'idées, d'originalité et de qualité similaires à celles de groupes dont les membres sont identifiés (Connolly, Jessup, et Valacich, 1990; Kahai, Sosik, et Avolio, 2003). Les auteurs de ces études observent mêmes des changements dans la dynamique de la communication, avec une plus grande participation dans la discussion, plus de critiques envers les idées générées par d'autres, et un niveau de satisfaction moindre dans les groupes anonymes (Haines, Hough, Cao, et Haines, 2014; Berger, Briggs, Reinig, Yen, et Nunamaker Jr, 1995).

Il semble, par contre, que la différence majeure entre les systèmes de communication soutenant le brainstorming électronique et les systèmes de messagerie instantanés utilisés dans cette expérience soit la possibilité de discuter librement. En effet, les systèmes de communication utilisés lors de brainstormings électroniques permettent uniquement de partager les idées générées individuellement et au préalable par chaque participant. Au contraire, avec un système de messagerie instantanée, les participants sont libres de discuter, d'échanger des idées, ou de demander des précisions sur la tâche et les idées générées par les autres membres du groupe. Ainsi, la supériorité observée de la communication orale dans notre étude pourrait être due au fait que la communication écrite libre amène les participants à répliquer une discussion orale mais avec une moins grande vitesse de production verbale, ralentissant ainsi l'ensemble de la tâche. Aussi, les prochaines analyses que nous allons réaliser porteront sur les relations entre vitesse de production verbale et performances créatives, ainsi que sur l'effet du mode de communication sur la dynamique de collaboration des groupes et plus particulièrement, sur la qualité de la collaboration au sein de ces groupes.

Pour parvenir à mieux appréhender les effets des modalités de communications dans les groupes de travail impliqués dans des tâches créatives, nous prévoyons, dans de futures expériences, d'analyser les productions de groupes de créativité interagissant à l'oral vs à l'écrit, mais en comparant cette fois-ci des groupes en environnement virtuel avec des groupes en face-à-face dans une salle de réunion réelle. De plus, après avoir étudié les modalités de communication classiques (*i.e.* oral et écrit) individuellement, une perspective intéressante serait d'étudier comment plusieurs autres modalités de communication (*e.g.* gestuel, pictural) peuvent se combiner pour agir sur les processus créatifs et collaboratifs.

4 BIBLIOGRAPHIE

- Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context*. Boulder, CO: Westview Press.
- Baruah, J., & Paulus, P. B. (2011). Category assignment and relatedness in the group ideation process. *Journal of Experimental Social Psychology, 47*(6), 1070–1077.
- Bell, B. S., & Kozlowski, S. W. (2002). A typology of virtual teams implications for effective leadership. *Group & Organization Management, 27*(1), 14–49.
- Benford, S., Greenhalgh, C., Rodden, T., & Pycock, J. (2001). Collaborative virtual environments. *Communications of the ACM, 44*(7), 79–85.
- Bonnardel, N. (2002). Entrée : Créativité. In G. Tiberghien (Ed.), *Dictionnaire des Sciences Cognitives* (pp. 95-97). Paris: Armand Colin/VUEF.
- Bonnardel, N. (2006). *Créativité et Conception : Approches cognitives et ergonomiques*. Bruxelles : Solal/DeBoeck.

- Bonnardel, N. (2012). Designing future products: What difficulties do designers encounter and how can their creative process be supported? *Work, A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*, 41, 5296-5303.
- Bonnardel, N., Forens, M., & Lefevre, M., (2015, avril). Enhancing Collective Creative Design? An exploratory study based on a dynamic persona in a virtual environment. *Proceedings of the 11th congress of European Academic of Design*, Boulogne Billancourt, France.
- Bourdin, B., & Fayol, M. (1994). Is written language production more difficult than oral language production? A working memory approach. *International Journal of Psychology*, 29(5), 591.
- Connolly, T., Jessup, L. M., & Valacich, J. S. (1990). Effects of anonymity and evaluative tone on idea generation in computer-mediated groups. *Management Science*, 36(6), 689–703.
- Cornelius, C. J., Nguyen, M. A., Hayes, C. C., & Makena, R. (2013). Supporting virtual collaboration in spatial design tasks: are surrogate or natural gestures more effective? *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 43(1), 92–101.
- Davis, A., Murphy, J., Owens, D., Khazanchi, D., & Zigurs, I. (2009). Avatars, people, and virtual worlds: Foundations for research in metaverses. *Journal of the Association for Information Systems*, 10(2), 90-117.
- Dennis, A. R., & Williams, M. L. (2003). Electronic brainstorming: Theory, research, and future directions. In P. B. Paulus, & B. A. Nijstad (Eds.), *Group Creativity: Innovation Through Collaboration* (pp. 160–178). New York: Oxford University Press.
- deNoyelles, A., & Kyeong-Ju Seo, K. (2012). Inspiring equal contribution and opportunity in a 3rd multi-user virtual environment: Bringing together men gamers and women non-gamers in Second Life®. *Computers & Education*, 58(1), 21–29.
- DeRosa, D. M., Smith, C. L., & Hantula, D. A. (2007). The medium matters: Mining the long-promised merit of group interaction in creative idea generation tasks in a meta-analysis of the electronic group brainstorming literature. *Computers in Human Behavior*, 23(3), 1549–1581.
- González-Ibáñez, R., Haseki, M., & Shah, C. (2013). Let's search together, but not too close! An analysis of communication and performance in collaborative information seeking. *Information Processing & Management*, 49(5), 1165–1179.
- Guilford, J. P. (1956). The structure of intellect. *Psychological Bulletin*, 53(4), 267-293.
- Haines, R., Hough, J., Cao, L., & Haines, D. (2014). Anonymity in Computer-Mediated Communication: More contrarian ideas with less influence. *Group Decision and Negotiation*, 23(4), 765–786.
- Isaksen, S.C., Murdock, M.C., Firestein, R.L. and Treffinger, D.J. (Eds., 1993). *Nurturing and developing creativity: The emergence of a discipline*. Norwood, NJ: Ablex.
- Kahai, S. S., Sosik, J. J., & Avolio, B. J. (2003). Effects of leadership style, anonymity, and rewards on creativity-relevant processes and outcomes in an electronic meeting system context. *The Leadership Quarterly*, 14(4–5), 499–524.
- Kalika, M., Reix, R., Fallery, B., & Rowe, F. (2011). *Systèmes d'Information et Management des Organisations*-6ème édition. Retrieved from <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00659193/>
- Lubart, T.I. (1994). Creativity. In R.J. Sternberg (Ed.), *Thinking and problem solving* (pp. 289-332). New York: Academic Press.
- Lubart, T.I. (2003). In search of creative intelligence. In R.J. Sternberg (Ed.), *Models of intelligence: International perspectives* (pp. 279-292). Washington DC: American Psychological Association.
- Lubart, T. I., Mouchiroud, C., Tordjman, S., & Zenasni, F. (2003). *Psychologie de la créativité*. Paris : Armand Colin.
- Maznevski, M. L., & Chudoba, K. M. (2000). Bridging space over time: Global virtual team dynamics and effectiveness. *Organization Science*, 11(5), 473–492.
- Osborn, A. F. (n.d.). *Applied imagination*, 1957. New York : Scribner.
- Paulus, P. (2000). Groups, Teams, and Creativity: The Creative Potential of Idea-generating Groups. *Applied Psychology*, 49(2), 237–262.
- Paulus, P. B., Kohn, N. W., Arditti, L. E., & Korde, R. M. (2013). Understanding the group size effect in electronic brainstorming. *Small Group Research*, 44(3), 332–352.

- Shepherd, M. M., Briggs, R. O., Reinig, B. A., Yen, J., & Nunamaker Jr, J. F. (1995). Invoking social comparison to improve electronic brainstorming: Beyond anonymity. *Journal of Management Information Systems*, 12(3), 155–170.
- Torrance, E. P., & Mourad, S. (1978). Some creativity and style of learning and thinking correlates of Guglielmino's Self-Directed Learning Readiness Scale. *Psychological Reports*, 43(3), 1167–1171.
- Vosinakis, S., & Koutsabasis, P. (2013). Interaction design studio learning in virtual worlds. *Virtual Reality*, 17(1), 59–75.
- Vyas, D. M., van der Veer, G.C., Heylen, D. K. J. & Nijholt, A. (2009) Show me, how does it look now: Remote Help-giving in Collaborative Design. In: Leena Norros, Hanna Koskinen, Leena Salo & Paula Savioja (eds) Designing beyond the product - understanding activity and user experience in ubiquitous environments. *Proceedings of European Conference on Cognitive Ergonomics 2009* (pp. 131-135). ACM International Conference Proceeding Series.

La conception pluridisciplinaire d'un logiciel de reconnaissance de formes : le projet MobiSketch

Sylvain Fleury

Université Rennes 2

Place du recteur Henri Le Moal ; CS 24307 ; 35043 Rennes

Sylvain.fleury@uhb.fr

Eric Jamet

Place du recteur Henri Le Moal ; CS 24307 ; 35043 Rennes

Eric.jamet@uhb.fr

RÉSUMÉ

Ce papier décrit la démarche de conception centrée utilisateur mise en œuvre dans un projet de conception d'un logiciel innovant de reconnaissance de formes appliqué aux documents techniques structurés. Ce type de logiciel est susceptible de faire des erreurs d'interprétations. Il est donc crucial qu'un opérateur soit en mesure de les identifier et de les corriger. L'identification des erreurs est une tâche difficile car les opérateurs doivent établir des co-références entre le document initial et son interprétation. De plus, il faut parvenir à vérifier l'ensemble des interprétations sans négliger aucune zone du document.

MOTS-CLÉS

Conception centrée-utilisateur, interprétation automatique, détection d'erreurs, interaction homme-machine, ergonomie

1 PROBLEMATIQUE

Il existe actuellement de nombreux domaines d'applications pour les logiciels de reconnaissance de formes. Par exemple, ils peuvent être utilisés pour reconnaître des plans électriques (Ouyang & Davis, 2009), des cartes routières (Chiang, Leyk, & Knoblock, 2013), des logos (Llados, Valveny, Sanchez, & Marti, 2002), des partitions musicales (Rebelo *et al.*, 2012) ou encore des plans d'architecture (Ahmed, Weber, Langenhan, Dengel, & Petzold, 2013). L'objectif du projet MobiSketch (ANR 09-CORD-015) était l'élaboration d'un système de reconnaissance automatique de documents techniques structuré qui soit capable, à partir d'une esquisse sur papier, de produire une interprétation digitale directement compatible avec les logiciels de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) dédiés. Ce système pouvait porter sur l'interprétation de n'importe quel type de document structuré (circuit électrique, plan de scène, plan d'architecture...).

Dans ce projet, l'équipe Intuidoc de l'Institut de Recherche en Informatique et Systèmes Aléatoires (IRISA) travaillait sur la reconnaissance de forme en prenant comme exemple les plans d'architecture (Ghorbel, Lemaitre, Anquetil, Fleury & Jamet, 2015). La société Script&Go, quant à elle, apportait son savoir-faire sur l'interface utilisateur.

Avec ce type de logiciel d'interprétation, il y a toujours un risque d'erreurs (forme mal dessinée, nouveau symbole, *etc*). Par exemple, des tests préliminaires réalisés par Intuidoc sur le système ont révélé un taux d'erreur de 9% pour des plans d'architecture simples (Ghorbel, Lemaitre & Anquetil, 2012). Une erreur peut être un symbole mal étiqueté (*e.g.* une porte prise pour une fenêtre) ou encore une confusion entre un ouvrant et un mur. Le taux d'erreurs relativement élevé au regard des usages visés par le logiciel implique qu'il est indispensable que les utilisateurs soient en mesure



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

d'identifier ces erreurs. Le repérage des erreurs et la correction des erreurs par l'utilisateur est une tâche spécifique qui nécessite que les caractéristiques de l'interface soient adaptées aux caractéristiques cognitives des utilisateurs. Le rôle du Laboratoire d'Observation des Usages des Technologies de l'information et de la Communication (LOUSTIC) et du Centre de Recherche en Psychologie Cognition et Communication (CRPCC) dans le projet MobiSketch était de mettre en œuvre une série d'études portant sur l'ergonomie de l'interface en vue de proposer des améliorations applicables à la conception de tout système de reconnaissance automatique de formes ou de beautification, *i.e.* de modification des contenus graphiques pour les rendre visuellement plus attrayants sans en changer le sens (Sezgin, Stahovic & Davis, 2007).

En termes d'organisation, le travail sur le projet suivait globalement une démarche de conception centrée-utilisateurs telle qu'elle est décrite dans la norme de 2010 (ISO 9241-210, 2010). Aussi, du début à la fin du projet, les caractéristiques des prototypes évoluaient progressivement en fonction des avancées de l'équipe Intuidoc. Chaque version était évaluée auprès de testeurs par le LOUSTIC et le CRPCC selon une logique itérative.

Une difficulté spécifique a concerné le choix du profil des participants à évaluer. Les plans d'architecture ont été choisis comme objet à interpréter dans le cadre du projet, mais l'interprétation de ce type de plan peut renvoyer à des usages variés (décoration intérieure, rénovation d'un bâtiment ou d'une pièce, travail sur le réseau électrique ou les canalisations...). L'objectif n'était donc pas d'étudier l'interaction des architectes avec un logiciel d'architecture, mais d'étudier l'interaction d'un utilisateur quel qu'il soit (particulier, artisan, professionnels variés) avec un système de reconnaissance de formes. C'est pour cette raison que les études réalisées portaient sur des dimensions cognitives non spécifiques à un domaine professionnel (guidage attentionnel, mémoire de travail, *etc.*).

L'ensemble des évaluations effectuées ont permis de faire émerger une série de spécifications précises pour la conception du logiciel en meilleure adéquation avec les caractéristiques cognitives des utilisateurs potentiels. Dans les parties suivantes, les principaux résultats des recherches menées au cours du projet sont présentés.

2 COMMENT FACILITER LA COMPARAISON DE PLANS ?

Dans un test mené par le CRPCC et par le LOUSTIC, 40 volontaires devaient vérifier les éventuelles erreurs d'interprétations réalisées par un faux prototype qui simulait la fonction de reconnaissance de plans. Les deux images à comparer (l'esquisse manuscrite et son interprétation) étaient alors affichées côte-à-côte. Pour cette tâche, seuls 33% des participants au test sont parvenus à identifier toutes les erreurs. Cette faible performance a conduit à réaliser une seconde étude visant à déterminer un moyen de faciliter la comparaison des plans.

Dans cette étude portant sur un second prototype qui, contrairement au premier, effectuait une véritable reconnaissance de plans, 36 participants ont été répartis dans deux groupes expérimentaux (Fleury & Jamet, 2014). Avant le début de la tâche, l'ensemble des symboles leur était présenté avec le sens de chacun d'entre eux. Les symboles choisis étaient suffisamment explicites pour ne pas constituer de difficulté de compréhension par les participants. Ensuite, il leur était demandé d'entourer les erreurs d'interprétations sur 3 plans différents. Dans le premier groupe, les plans et leurs interprétations étaient disposés côte-à-côte alors que le second groupe devait travailler sur des interprétations qui étaient superposées aux plans (voir Figure 1).

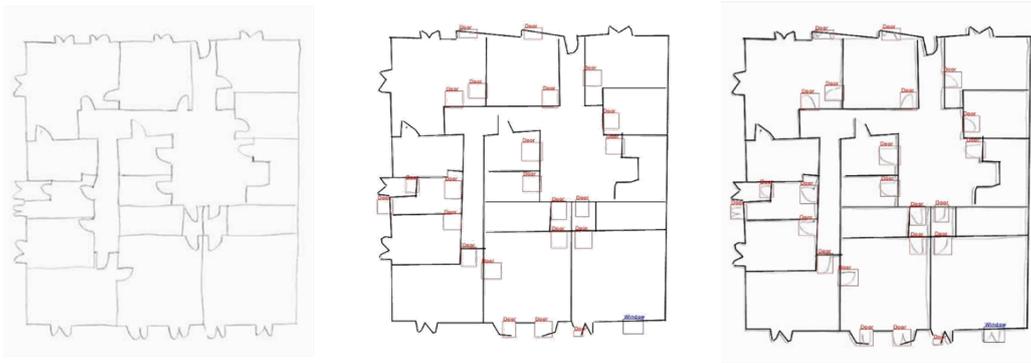


Figure 1 : exemples de plans et de leur interprétation présentés de manière séparés (à gauche) et intégrés (à droite).

Les résultats n'ont pas permis de mettre en évidence une différence significative entre les deux groupes en termes de précision dans le repérage des erreurs. En revanche, les participants qui devaient comparer deux images séparées mettaient significativement plus de temps pour réaliser la tâche que ceux pour qui ces images sont superposées. Ce résultat est cohérent avec le principe de la contiguïté spatiale, selon lequel des sources d'information distantes rendent l'apprentissage plus difficile (Mayer, 2001). Bien que la tâche proposée implique une activité de recherche d'erreurs plutôt que d'apprentissage, ce principe peut être utilisé pour expliquer nos résultats. Lorsque le plan était séparé de son interprétation, les participants devaient stocker en mémoire de travail les informations issues du plan, comme par exemple la localisation d'une porte, et trouver la zone équivalente sur l'interprétation pour effectuer la vérification. Ce type de recherche visuelle est coûteux en termes de ressources cognitives et constitue une perte de temps pour les utilisateurs. La superposition de l'interprétation sur le plan réduit les recherches visuelles et permet aux utilisateurs de gagner du temps.

3 COMMENT FACILITER LA DETECTION DES ERREURS ?

Un troisième groupe de 18 volontaires a pris part à cette étude. Pour eux, l'interprétation apparaissait progressivement à l'écran, superposé au plan, au fur et à mesure du travail de reconnaissance effectué par le logiciel (voir Figure 2). Les résultats montrent que le fait de montrer en temps réel l'interprétation pendant qu'elle se construit augmente de manière significative le pourcentage de participants qui repère toutes les erreurs. L'apparition soudaine d'un item à l'écran tend à générer les captures attentionnelles (Ludwig, Ranson & Gilchrist, 2008). Ainsi, le caractère séquentiel de la présentation conduirait les participants à vérifier toutes les zones du plan successivement, alors que lorsque l'interprétation apparaît tout d'un coup, ils oublient de contrôler certaines zones. Une réplication de cette étude, enrichie par des enregistrements de mouvements oculaires, corrobore cette interprétation en termes de guidage.

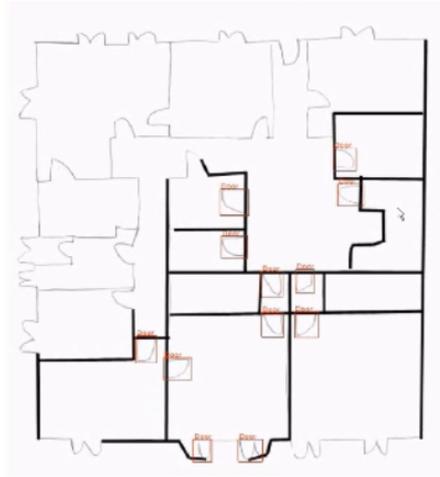


Figure 2 : capture d'écran de l'interprétation en cours de réalisation

Afin d'évaluer les besoins d'indice visuel, une série d'entretiens a été conduite auprès de 18 participants après leur usage du prototype. Plusieurs d'entre eux ont relevés spontanément que les interprétations de symboles n'apparaissaient pas à l'écran selon un ordre logique. Par exemple, le logiciel pouvait interpréter 3 symboles très proches, puis un autre se trouvant de l'autre côté du plan. Du fait des caractéristiques techniques du logiciel, il n'est pas possible d'imposer un ordre d'apparition des symboles. Aussi, un système de pré-guidage a été implémenté dans le système afin de faciliter l'exploration lorsque l'ordre d'apparition n'est pas logique du point de vue de l'utilisateur. Ce pré-guidage consiste en un halo de couleur qui se déplace à l'écran pour signifier la zone sur laquelle le logiciel est en train de travailler à l'instant donné et donc la localisation du prochain symbole dont l'interprétation va apparaître à l'écran. Cet ajout était cohérent avec le critère heuristique de Molich et Nielsen (1990), connu sous le nom de « visibilité de l'état du système », puisqu'il s'agit de montrer à l'utilisateur ce que le logiciel est en train de faire. Le critère de « correspondance entre le système et le monde réel » a aussi été appliqué à travers l'utilisation de couleurs intuitives pour l'interprétation de symboles. Par exemple, les couleurs rouge et verte ont été évitées, car elles pouvaient être interprétées comme des interprétations respectivement fausses ou justes.

4 COMMENT FACILITER LA CORRECTION DES ERREURS ?

Une fois que les utilisateurs ont repéré des erreurs, ils doivent les mémoriser jusqu'à atteindre la fin du processus d'interprétation par le logiciel. Cependant, l'oubli progressif des patterns visuels est amplifié lorsqu'un distracteur visuels vient prévenir les autorépétitions (Washburn & Astur, 1998). Nous avons demandé à 36 volontaires de vérifier les résultats d'un processus de reconnaissance automatique de formes et d'entourer toutes les erreurs qu'ils trouvent. La moitié d'entre eux avaient la possibilité d'interrompre le processus de reconnaissance et d'entourer les erreurs directement lorsqu'ils les repéraient (voir Figure 3). L'autre moitié devait attendre la fin de l'interprétation pour pouvoir entourer les erreurs. Les résultats indiquent que les participants qui interrompent l'analyse finissent en moyenne la tâche plus rapidement que les autres. Les participants qui n'avaient pas la possibilité d'interrompre l'analyse étaient contraints de vérifier l'interprétation une seconde fois après sa fin parce qu'ils étaient conscients d'avoir oublié certaines erreurs (Fleury & Jamet, 2015).

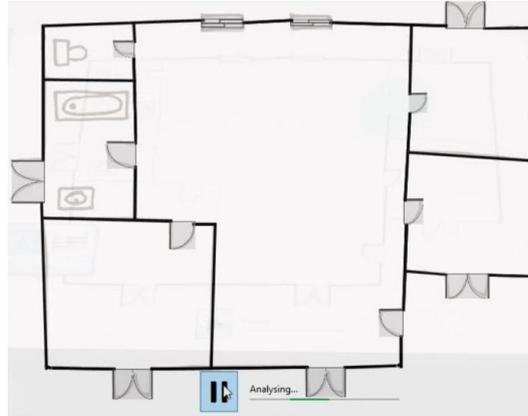


Figure 3 : Analyse en cours avec le prototype incluant la fonction de l'interruption par l'utilisateur

5 COMMENT LE SYSTEME PEUT-IL AIDER L'UTILISATEUR ?

Enfin, la dernière étape d'évaluation de prototype a consisté à tester une fonctionnalité qui consistait à ce que le logiciel demande à l'utilisateur de l'aider lorsqu'il avait des difficultés pour interpréter un symbole. Dans cette étude, quarante-huit participants devaient superviser la reconnaissance automatique de plans. Pour 24 d'entre eux, le logiciel pouvait s'arrêter quelques fois pour demander à l'utilisateur si la dernière interprétation proposée était juste ou non (voir Figure 4). Si elle était fautive, le logiciel proposait alors plusieurs corrections possibles.



Figure 4 : Sollicitation de l'utilisateur par le logiciel

Les 24 autres participants n'étaient pas sollicités de cette manière par le logiciel. Ils devaient simplement rechercher les erreurs et les corriger. Les résultats de cette expérience montrent que ce type de sollicitation par la machine peut permettre un gain de temps, et les erreurs mises en évidence de cette manière sont plus probablement corrigées que les autres erreurs. Cependant, cette fonctionnalité présente aussi un risque de conduire l'utilisateur à réduire sa vigilance vis-à-vis des erreurs à cause d'un phénomène de sur-confiance (Fleury, Jamet, Ghorbel, Lemaitre & Anquetil, 2014). Le bénéfice de ce type d'assistance semble dépendant de sa précision et de l'équilibre trouvé entre des sollicitations trop fréquentes pouvant générer une perte de temps et un relâchement de la vigilance, et des sollicitations trop rare susceptibles de laisser passer des erreurs.

6 DISCUSSION

Dans le projet MobiSketch, l'évolution technique a permis une amélioration des performances du logiciel lui-même, mais aussi une amélioration de l'interaction avec l'utilisateur. Au début du projet, seulement 33% des utilisateurs parvenaient à identifier toutes les erreurs sur des plans simples (*i.e.* avec 15 symboles et moins). A la fin, 75% d'entre eux corrigeaient toutes les erreurs sur

des plans complexes (i.e. 60 symboles). Cette amélioration considérable de l'interaction homme machine au cours du projet est le résultat des multiples itérations d'évaluations et de prise en compte systématique par les concepteurs des résultats de ces évaluations ergonomiques. Les avantages et les contraintes de cette méthode de conception seront discutés lors de la présentation.

La principale limite de ce travail concerne la population évaluée, novice dans l'usage du système et du traitement des documents techniques. En effet, les utilisateurs du logiciel bénéficieront vraisemblablement de performances supérieures à celles mesurées du fait de leur entraînement. Enfin, soulignons la complémentarité dans ce projet de deux thèses menées en parallèle, celle d'Achraf Ghorbel (2012) au sein de l'IRISA et celle de Sylvain Fleury (2014) au CRPCC. Durant le projet, les résultats des travaux d'ergonomies orientaient la conception et en retour, les avancées techniques généraient de nouveaux questionnements en termes d'usages. Le caractère pluridisciplinaire du projet s'est notamment concrétisé à travers des communications scientifiques, communes aux deux équipes de recherche (Fleury, Ghorbel, Lemaitre, Anquetil & Jamet, 2013 ; Fleury *et al.*, 2013 ; Fleury *et al.*, 2014 ; Ghorbel *et al.*, 2015), dans lesquelles chacune des deux approches s'est trouvée enrichie par l'interaction avec la seconde.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Ahmed, S., Weber, M., Langenhan, C., Dengel, A., & Petzold, F. (2013). Automatic Analysis and Sketch-Based Retrieval of Architectural Floor Plans. *Pattern Recognition Letters*, 35, 91-100.
- Chiang, Y. Y., Leyk, S., & Knoblock, C. A. (2013). Efficient and robust graphics recognition from historical maps. *Graphics Recognition. New Trends and Challenges* (pp. 25-35). Springer Berlin Heidelberg.
- Fleury, S. (2014). Le rôle de l'utilisateur dans les systèmes de traitements automatiques (Doctoral dissertation, Université Rennes 2).
- Fleury, S., & Jamet, E. (2014). Facilitating the comparison of multiple visual items on screen: The example of electronic architectural plan correction. *Applied ergonomics*, 45(3), 601-607. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2013.08.004>
- Fleury, S., Jamet, E. (2015). Supervised Automatic Interpretation of Technical Documents: When Interruption is a Time Saver. *Perceptual and Motor Skills*, 120(1), 67-83.
- Fleury, S., Ghorbel, A., Lemaitre, A., Anquetil, E., & Jamet, E. (2013, Août). User-Centered Design of an Interactive Off-Line Handwritten Architectural Floor Plan Recognition. In *Document Analysis and Recognition (ICDAR), 2013 12th International Conference on* (pp. 1073-1077). Washington, USA.
- Fleury, S., Jamet, E., Ghorbel, A., Lemaitre, A., & Anquetil, E. (2014). Application of the Resources Model to the Supervision of an Automated Process. *Human-Computer Interaction*.
- Fleury, S., Jamet, E., Loup-Escande, E., Ghorbel, A., Lemaitre, A., & Anquetil, E. (2013). Towards Specifications for Automatic recognition Software: An Example of a User-Centred Design. *Journal of Software Engineering and Applications*, 6, 1.
- Ghorbel, A. (2012). *Interprétation interactive de documents structurés: application à la rétroconversion de plans d'architecture manuscrits*. (Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées, Rennes). Repéré à "http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/78/88/32/PDF/thA_se_Achraf_Ghorbel.pdf"
- Ghorbel, A., Lemaitre, A., Anquetil, E., Fleury, S., & Jamet, E. (2015). Interactive interpretation of structured documents: application to the recognition of handwritten architectural plans. *Pattern Recognition*.
- Ghorbel, A., Lemaitre, A., & Anquetil, E. (2012). Competitive hybrid exploration for off-line sketches structures recognition. *International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR)*, (pp. 771-576). Bari, Italy.
- International Organization for Standardization 9241-210. (2010). *Ergonomics of Human-system Interaction: Part 210: Human-centred Design for Interactive Systems*. ISO.

- Lladós, J., Valveny, E., Sánchez, G., & Martí, E. (2002). Symbol Recognition: Current Advances and Perspectives. In D. Blostein, & Y.-B. Kwon, *Graphics Recognition. Algorithms and Applications* (Vol. 4, pp. 104-128). Kingston, Canada: Springer Berlin Heidelberg.
- Ludwig, C. J. H., Ranson, A. & Gilchrist, I. D. (2008). Oculomotor Capture by Transient Events: A Comparison of Abrupt Onsets, Offsets, Motion, and Flicker. *Journal of Vision*, 8(114), 1-16.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press, New York.
- Molich, R. & Nielsen, J. (1990). Improving a Human-Computer Dialogue. *Communication of the ACM*, 33(3).
- Ouyang, T. Y., & Davis, R. (2009). A visual approach to sketched symbol recognition. *Proceedings of the 21st international joint conference on artificial intelligence* (pp. 1463-1468). Morgan Kaufman Publisher Inc.
- Rebelo, A., Fujinaga, I., Paszkiewicz, F., Marcal, A. R., Guedes, C., & Cardoso, J. S. (2012). Optical music recognition: state-of-the-art and open issues. *International Journal of Multimedia Information Retrieval*, 1(3), 173-190.
- Sezgin, T. M., Stahovich, T., & Davis, R. (2007). Sketch Based Interfaces: Early Processing for Sketch Understanding. *Proceedings of the ACM SIGGRAPH 2006 COURSES*. New York.
- Washburn, D. A. & Astur, R. S. (1998). Nonverbal Working Memory of Humans and Monkeys: Rehearsal in the Sketchpad? *Memory & Cognition*, 26(12), 277-286.

Déterminants de l'évaluation ergonomique par observation : un exemple pour les objets et environnements domestiques

Benjamin CHATEAU

Université de Poitiers & CNRS (CeRCA, UMR CNRS 7295)
5, rue Théodore Lefebvre - TSA 21103 - F-86073 Poitiers CEDEX 9 - France
benjamin.chateau@univ-poitiers.fr

RÉSUMÉ

L'évaluation ergonomique d'un dispositif implique souvent des utilisateurs en situation d'interaction. En début de conception, une interaction virtuelle s'avère une solution alternative. Cette situation s'avère-t-elle valide si un objet n'est pas évalué sur une perception directe, mais sur une représentation mentale intégrant but, contexte, expériences, etc. Cette étude visait à observer si une prise de perspective par un environnement virtuel est applicable pour un test utilisateur. Les participants devaient utiliser ou observer des objets d'une cuisine, puis les évaluer à l'aide d'un questionnaire (utilisabilité, utilité, risque, acceptabilité). La méthode a permis de discriminer les objets, et ceci de façon analogue entre acteurs et observateurs. Les objets à interface complexe ont été mieux discriminés que les objets à interface simple, ces derniers présentant également un effet plafond sur les évaluations. L'absence de différence entre acteurs et observateurs permet d'envisager de nouvelles instigations sur les environnements virtuels.

MOTS-CLÉS

Test utilisateur, Evaluation, Prise de perspective, Représentation mentale, Simulation virtuelle.

1 PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

1.1 Impliquer l'utilisateur dans la conception à l'aide de simulations réelles et virtuelles

La conception des objets et environnements de vie courante, comme des meubles, des espaces ou des appareils domestiques, suit généralement un processus classique en plusieurs étapes (e.g. cahier des charges, esquisse, maquette, prototype). Beaucoup d'industriels ont aujourd'hui saisi l'enjeu d'une démarche de conception centrée sur l'utilisateur afin notamment de cerner au mieux ses besoins, ses problématiques d'usage et d'utilisation (Brangier & Barcenilla, 2003). Une approche prospective de l'ergonomie permettrait même d'anticiper des besoins et des usages qui n'existent pas encore (Brangier, 2014). Dans tous les cas, un prototype utilisable est rarement disponible en début de conception. Par conséquent, dans quelle mesure une évaluation ergonomique peut-elle être réalisée sans interaction directe, comme c'est le cas avec un environnement virtuel ?

L'évaluation ergonomique consiste souvent à placer l'utilisateur dans une situation d'interaction avec le dispositif ciblé (Brangier & Barcenilla, 2003). L'évaluation peut s'appuyer sur des indicateurs objectifs, à l'aide de mesures telles que l'efficacité ou l'efficience de l'interaction (succès, durée, erreurs, etc.). L'évaluation peut aussi s'appuyer sur des indicateurs subjectifs, à l'aide de questionnaires ou de verbalisations portant par exemple sur l'expérience utilisateur (e.g. Norman, 1988), l'acceptabilité (e.g. Davis, 1989), ou l'utilisabilité (e.g. Brook, 1996). Le contexte de l'étude concerne en particulier une situation virtuelle où l'utilisateur doit évaluer un dispositif sur la base d'indicateurs ergonomiques. L'utilisateur doit exprimer son jugement sur des qualités, c'est une activité qui repose notamment sur une représentation mentale.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

1.2 Construction d'une représentation mentale autour d'un objet

Lorsqu'un utilisateur interagit avec un dispositif (e.g. un four), il code l'objet et l'environnement en mémoire, et active différents concepts liés à l'objet (voir par exemple, Tijus & Cordier, 2003). L'activation de ces concepts est liée à l'expérience, et consiste à se remémorer des objets similaires ou associés, des événements, des émotions, des procédures, des usages, etc. Les caractéristiques de l'objet sont catégorisées au regard des concepts activés. Ce processus de catégorisation peut être associé à un processus de comparaison avec par exemple ce qu'on connaît (e.g. d'autres fours), ce qu'on attend (e.g. caractéristiques, performances), ce qu'on prédit (e.g. interaction, résultat), ce qu'on perçoit dans la situation (e.g. interface, résultat). Cette catégorisation permet ainsi de qualifier l'objet et d'en construire une représentation mentale que l'on peut manipuler et mémoriser.

L'utilisateur peut aussi affiner sa représentation en changeant sa *perspective*, (Tijus & Cordier, 2003). C'est à dire qu'un changement d'angle de vue ou de focale (distance, échelle) permet de percevoir de nouvelles informations, relatives par exemple à des détails ou à l'environnement. La représentation mentale d'un dispositif peut alors être considérée d'une part comme un état ou une « photo » à un moment donné, et d'autre part comme un processus qui fait évoluer cette « photo » à mesure du flux d'informations reçu pendant l'observation ou l'utilisation.

Pour résumer, la représentation mentale repose sur des comparaisons et catégorisations qui permettent à l'utilisateur de *qualifier* l'objet vis-à-vis de son expérience et ses attentes. Dans une situation de test, cette représentation peut être interrogée sur des qualités ciblées et liées notamment à une utilisation réelle. En outre dès le début de conception, il est possible de concevoir des situations de test présentant un contexte d'utilisation réaliste, mais sans interaction directe entre l'utilisateur potentiel et le dispositif ciblé. C'est le cas par exemple avec un film ou une modélisation virtuelle. Dans ce cas, la représentation des caractéristiques liées à l'interaction permet-elle de préfigurer une interaction réelle ?

1.3 Représentation d'une interaction

La différence entre des évaluations avec et sans interaction peut s'exprimer en termes d'exposition de l'utilisateur vis-à-vis de l'action sur/avec le dispositif. Soit il agit sur le dispositif, soit il observe un tiers agir. Des études ont permis de montrer que la tâche et le contexte peuvent avoir un effet important sur un processus fondamental : l'adoption d'un référentiel spatial (e.g. Byrne et al., 2010). Le référentiel spatial est une grille imaginaire en trois dimensions qui permet de déterminer certaines caractéristiques d'un espace et des objets qu'il comporte (e.g. localisation, taille, forme, mouvement). Pour coder un espace plusieurs référentiels sont possibles, notamment le référentiel *exo-centré* basé sur des éléments de l'environnement, et le référentiel *égocentré* basé sur une partie du corps (Holmes & Sholl, 2005). L'adoption d'un référentiel est généralement automatique et liée aux besoins d'une situation. Par exemple si un locuteur doit indiquer l'emplacement d'un objet à un auditeur (e.g. Schober, 1995), il peut utiliser un référentiel exo-centré et dire « la clé est située entre le livre et le jouet ». Dans ce cas, la clé est située en fonction de repères spatiaux partagés par le locuteur et l'auditeur. Si le locuteur est seul, il peut utiliser un référentiel égocentré et dire « la clé est située à droite du livre ». Le référentiel égocentré est utilisé aussi dans une situation d'action effective ou possible (Horst et al., 2011 ; Sholl, 2001). Ce type de référentiel permet une compatibilité entre les mouvements du corps et la perception de l'environnement (Carlson, 2010). Ces études montrent que le codage des informations spatiales, qui est à la base de la représentation d'un objet, peut être impacté par la configuration de la situation et notamment lorsqu'elle implique un tiers qui agit. Un autre processus peut également impacter la représentation mentale d'un objet, c'est la prise de perspective.

Selon Chevalier et al. (2010), la prise de perspective peut être définie comme « la tendance à spontanément adopter le point de vue psychologique des autres et à imaginer comment l'autre est affecté par sa situation ». Autrement dit, la prise de perspective permet de simuler l'activité physique et mentale d'un autre. Différents travaux (e.g. Hard et al., 2006 ; Lozano et al., 2008) ont permis de

mettre en évidence un lien étroit entre la perception d'une action et la prise de perspective : un observateur prendra plus facilement la perspective d'un tiers si ce dernier est engagé dans une action. La prise de perspective de l'acteur est également facilitée si l'observateur a une expérience de l'action. Ce processus permet d'évaluer une situation, et en particulier d'évaluer les intentions de l'acteur. Selon certains auteurs la représentation mentale de la scène se matérialise également en termes d'activations des zones cérébrales, mais aussi des muscles, liés à l'action observées (e.g. Lebon et al., 2008, Lozano et al., 2008).

1.4 Evaluer un concept virtuel pour anticiper un usage réel

Pour résumer, l'évaluation repose sur une représentation mentale de l'objet ciblé. Cette représentation est construite à partir de l'expérience, de la perception sensorielle, du contexte, et elle peut évoluer lors de l'utilisation et/ou de l'évolution du contexte. En outre les situations de test envisagées reposent sur l'évaluation par l'utilisateur, et sur la base d'une interaction impliquant le dispositif. Mais en amont de la conception, un concept *virtuel* n'est pas manipulable, dans ce cas l'interaction peut être observée par l'utilisateur potentiel. Enfin, dans un environnement domestique tous les objets n'ont pas le même statut vis-à-vis de l'interaction. Par exemple on peut distinguer *des objets ayant une interface complexe*, impliqués directement dans une transformation (e.g. rôti, laver) et une interaction ; et des objets ayant *une interface simple*, tel que les meubles, dont les fonctionnalités sont souvent plus simples, mais dont l'impact sur l'espace et sur l'activité est fort.

Le premier objectif de l'étude est de montrer que certaines qualités de l'évaluation ergonomique in situ se retrouvent dans des situations d'observation d'interaction. Le second objectif est d'explorer les facteurs qui peuvent influencer l'évaluation ergonomique tels que la « dégradation » du contexte d'utilisation (ajout de facteurs gênants) ou le type d'objets à évaluer. En l'état actuel des connaissances, les facteurs manipulés sont supposés avoir des effets sur l'évaluation, cependant le sens de ces effets ne peut pas toujours être prédit.

Autrement dit, l'étude devait mettre en évidence les effets du Rôle de l'évaluateur (agir ou observer), du contexte (neutre ou dégradé) et du type d'objet (à interface complexe ou simple) sur les caractéristiques perçues des objets, à travers 4 dimensions d'évaluation de ces objets : *l'utilisabilité, l'utilité, le risque et l'acceptabilité*. Les principales hypothèses étaient les suivantes :

- *Le rôle de l'évaluateur (agir/observer)* : L'évaluation par l'action avec l'objet implique de façon concrète les diverses modalités sensorielles ; l'évaluation par l'observation repose principalement sur l'élaboration d'une représentation mentale subjective de l'utilisation. Par conséquent les évaluations par l'action fournissent des données plus homogènes entre les participants. Ceci est particulièrement vrai pour l'utilisabilité.
- *Le contexte (dégradé/neutre)* : Le contexte dégradé occasionnant potentiellement différentes contraintes dans l'utilisation des objets, l'utilisabilité est évaluée plus favorablement en contexte neutre. Le contexte dégradé doit également souligner davantage les risques.
- *Le type d'objet* : Des objets à interface complexe, (e.g. un four) présenteront plus souvent des risques et des difficultés d'interaction que les objets à interface simple (e.g. meuble).

2 MILIEU D'IMPLANTATION ET METHODE

2.1 Participants

L'échantillon était constitué de 32 femmes et 10 hommes âgés de 21 à 87 ans, répartis en 21 binômes. Deux binômes (4 femmes) ont été éliminés, le premier suite à une erreur de consigne, le second à cause de l'âge trop élevé d'une participante vis-à-vis de l'échantillon.

2.2 Méthode

Les participants répartis en binôme ont évalué 16 objets de la vie quotidienne : 8 objets à interface complexe (e.g. cafetière, lave vaisselle) et 8 objets à interface simple, (e.g. évier, placard).

Les objets ont été mis en situation dans 8 scénarii d'activités domestiques (cf. exemple ci-dessous). Ces scénarii étaient joués par un participant dans l'environnement réaliste d'un living-lab (Calyxis, Niort) tandis que l'autre participant l'observait à l'aide d'une retransmission audiovisuelle.

Exemple de scénario d'activité : Préparer des toasts

- Un grille pain, du pain, une planche à découper, un couteau et du fromage frais sont situés sur le plan de travail.
- Branchez et réglez le grille-pain, et faites griller une tranche de pain.
- Lorsque la tranche de pain est grillée à souhait, placez-la sur la planche à découper.
- Puis découpez-la en 4 petits toasts à l'aide du couteau.
- Enfin, tartinez chaque toast avec le fromage frais.

Pour observer un effet du contexte sur l'évaluation des objets, une solution simple a été de dégrader une situation initialement neutre, en ajoutant des facteurs de risques identifiés par Calyxis : éclairage diminué, désordre, bruit, branchements électriques inadaptés. Ces facteurs de risque étaient faciles à manipuler pour passer d'une condition à l'autre. Chaque scénario a ainsi été réalisé/observé en contexte neutre et en contexte dégradé, alternativement d'un binôme à un autre.

2.3 Procédure

Après la présentation de l'espace de test et des consignes, un premier participant (tiré au sort) devait réaliser une activité de cuisine dans l'espace de test, tandis que le second participant l'observait depuis une autre pièce à l'aide d'une retransmission audiovisuelle. Avant chaque activité, le scénario était fourni à l'écrit et à l'oral. Après chaque activité les participants répondaient individuellement au questionnaire pour évaluer 2 objets présentés durant le scénario. Un visuel de chaque objet était à leur disposition durant l'évaluation. Puis les participants inversaient leurs rôles pour réaliser un nouveau scénario impliquant 2 nouveaux objets à évaluer. En tout l'expérimentation comportait 8 scénarii : chaque participant en jouait 4 et en observait 4.

2.4 Mesures

Les 16 objets ont été évalués à l'aide de questionnaires : TAM3.1 (acceptabilité et utilité, Venkatesh, 2012), SUS (utilisabilité, Brook, 1996), et un questionnaire de risque construit à partir d'une étude antérieure. Les questionnaires (22 items en tout) ont été choisis pour évaluer *rapidement* des objets sur des dimensions relatives à l'utilisation (Utilisabilité, utilité, risque et acceptabilité) et avec la possibilité d'être adaptés à des objets domestiques.

3 PRINCIPAUX RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Différenciation des objets

Les 16 objets évalués étant a priori différents, les questionnaires devaient les discriminer. Une première analyse visuelle des résultats a montré que l'évaluation de l'utilisabilité, de l'utilité, de l'acceptabilité et du risque était différente d'un objet à l'autre (Figure 1).

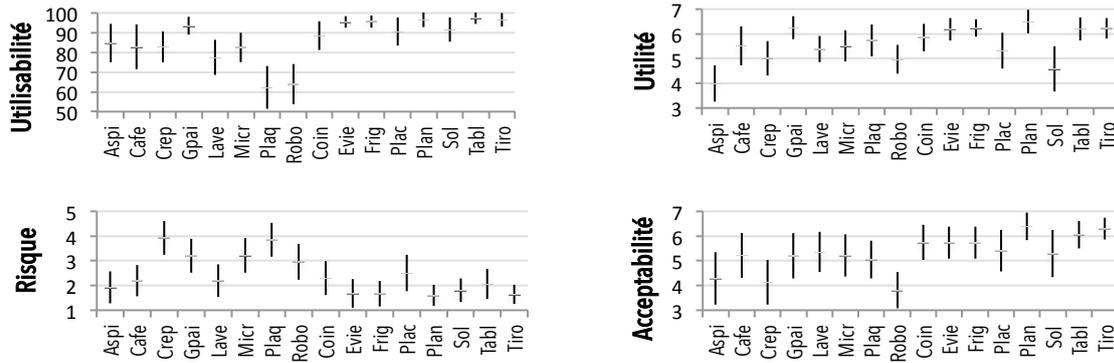


Figure 1 : Scores moyens (et écart-types) des évaluations de chaque objet, dans chaque dimension.

Ces observations globales étaient transposables à chaque rôle des évaluateurs (avec ou sans interaction). La méthode et les dimensions d'évaluation utilisées ont permis d'appréhender l'objet selon la perception par les participants de différentes facettes (dimensions) liées à son utilisation.

3.2 Effets des variables

Les données ont été analysées à l'aide d'une ANOVA avec un plan mixte (modèle linéaire général) précédée d'un test de Levene pour tester l'homogénéité des variables. Aussi bien pour les moyennes que pour l'homogénéité des évaluations, aucun effet du rôle (acteur/observateur), ni du contexte (neutre/dégradé) n'a été observé sur les différentes dimensions d'évaluation des objets (Tableau 1). En revanche, un effet important du type d'objet a été mis en évidence : quel que soit le rôle des évaluateurs les objets à interface simple étaient évalués plus positivement que les objets à interface complexe, et ce sur chacune des dimensions.

Tableau 1 : Scores moyens (et écart-types) des objets, en fonction du contexte (neutre ou dégradé), de la tâche expérimentale (action ou observation) et du type d'objet (structurant ou interface)

Dim°	CONTEXTE			ROLE			TYPE		p
	Neutre	Dégradé		Action	Observa°		OI-	OI+	
SUS	86,1 (7,20)	86,8 (9,80)	ns	85,8 (8,16)	86,8 (8,94)	ns	94,1 (5,90)	78,8 (12,10)	.001
UTI	5,66 (0,62)	5,52 (0,85)	ns	5,59 (0,77)	5,60 (0,64)	ns	5,89 (0,58)	5,29 (0,77)	.001
RSK	2,35 (0,79)	2,49 (0,77)	ns	2,44 (0,78)	2,42 (0,79)	ns	1,90 (0,67)	2,93 (0,88)	.001
ACC	5,35 (0,95)	5,27 (0,97)	ns	5,22 (0,90)	5,34 (1,01)	ns	5,83 (0,85)	4,78 (1,10)	.001

3.3 Discussion

Les deux résultats importants de cette étude concernent les outils de mesures et la différenciation des types d'objets. La méthode dans son ensemble, et notamment les outils de mesures, (échelles d'utilisabilité, d'utilité, d'acceptabilité et de risque) ont permis de différencier les objets aussi bien lorsque le participant était acteur qu'observateur. Les dimensions d'évaluation utilisées permettent d'appréhender la perception de différentes facettes d'un objet par l'utilisateur. Les deux classes d'objets choisies (interface simple/complexe) ont aussi donné lieu à des évaluations différentes dans chacune des dimensions. Ceci indique que la méthode et les mesures permettent bien de discriminer des caractéristiques fondamentales liées aux types d'objets.

Cependant les objets à interface simple ont tendance à présenter un effet plafond et une faible différenciation entre eux. Trois explications peuvent être avancées : (1) Il y a bien des différences perçues entre les objets, mais la méthode ou les outils de mesure ne sont pas adaptés à ce type d'objet ; (2) les objets évalués ont tous été perçus réellement de manière positive et équivalente ; (3) l'évaluation des objets à interface simple, qui avaient ici un fort impact spatial, est influencée par l'évaluation de l'espace dans son ensemble. Par exemple dans cette étude, les participants ont

souvent exprimé (de manière informelle) une attitude positive vis-à-vis du mobilier de la cuisine, à travers des termes comme « J'aimerais bien avoir la même ». Les explications (1) et (3) soulignent la nécessité d'utiliser des questionnaires plus discriminants pour certains types d'objets, et la nécessité de réaliser un pré-test systématique.

Enfin concernant les facteurs *environnement* et *rôle des évaluateurs* aucun effet significatif n'a pu être mis en évidence sur les différentes dimensions d'évaluation. L'absence de différence est particulièrement marquée entre acteurs et observateurs, pour lesquels les scores moyens étaient presque identiques (cf. Tableau 1). La simulation d'utilisation susceptible d'être opérée par l'observateur (prise de perspective de l'acteur) (Hard et al., 2006, Lozano et al., 2008) pourrait suffire à compenser le déficit de perception lié à l'absence de manipulation.

Si il n'est pas possible d'affirmer une égalité entre agir ou observer, les résultats permettent toutefois d'envisager des tests basés sur l'observation de situations réelles ou virtuelles. Cependant les nombreuses possibilités de paramétrage de ces situations offrent un champ de recherche important quant à l'optimisation des situations d'évaluation. Par exemple le type de cadrage d'un film présentant une interaction pourrait impacter l'évaluation d'objets. Un cadrage à la 3^{ème} personne (une vue depuis l'environnement) permet de garder une perspective d'observateur, ou de prendre celle de l'acteur, tandis qu'un cadrage à la 1^{ère} personne (vue de l'acteur) incite à prendre la perspective de l'acteur. Dans ce cas une vue à la 1^{ère} personne permet peut-être aux observateurs de construire des représentations et des évaluations plus homogènes qu'une vue à la 3^{ème} personne.

4 BIBLIOGRAPHIE

- Brangier, E., & Barcenilla, J. (2003). *Concevoir un produit facile à utiliser*. Paris : Editions d'Organisation.
- Brangier, E., & Robert, J.-M. (2014). L'ergonomie prospective : Fondements et enjeux. *Le Travail Humain*, 77 (1), 2-20.
- Brooke, J. (1996). SUS: a "quick and dirty" usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland. *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis.
- Byrne, P. A., Cappadocia, D. C., & Crawford, J. D. (2010). Interactions between gaze-centered and allocentric representations of reach target location in the presence of spatial updating. *Vision Research*, 50, 2661-2670.
- Carlson, L. A., Hoffman, J., & Newcombe, N. (2010). Introduction to the special section on spatial reference frames: Examining what and how information is encoded through the integration of cognitive, behavioral, and neuroscience approaches. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36, 573-575.
- Chevallier, C., Baumard, N., Grèzes, J., & Pouga, L. 2010. Comprendre les actions, émotions et états mentaux d'autrui : psychologie et neurosciences. In A. Berthoz, C. Ossola, & B. Stock (Eds.), *La pluralité interprétative : Fondements historiques et cognitifs de la notion de point de vue*. Paris : Collège de France. Tiré de <http://books.openedition.org/cdf/1464>
- Davis, F.D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly* 13, 319-339.
- Hard, B., Lozano, S. C., & Tversky, B. (2006). Hierarchical encoding of behavior: Translating perception into action. *Journal of Experimental Psychology: General*, 135, 588-608.
- Holmes, M. C., & Sholl, M. (2005). Allocentric Coding of Object-to-Object Relations in Overlearned and Novel Environments. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31, 1069-1087.
- Horst, A. C., van Lier, R., & Steenbergen, B. (2011). Spatial dependency of action simulation. *Experimental Brain Research*, 212, 635-644.
- Lozano, S. C., Hard, B., & Tversky, B. (2008). Putting motor resonance in perspective. *Cognition*, 106, 1195-1220.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Boston: Academic Press.

- Norman, D. (1988). *The Design of Everyday Things*. New York: Basic Books.
- Sholl, M. J. (2001). The role of a self-reference system in spatial navigation. In D. Montello (Ed.), *Spatial information theory: Foundations of geographical information science* (pp. 217-232). Berlin: Springer-Verlag.
- Schober, M.F. (1995). Speakers, addressees, and frames of reference: Whose effort is minimized in conversation about location? *Discourse Processes*, 20, 219-247.
- Tijus C.-A., & Cordier F., (2003). Psychologie de la connaissance des objets. Catégories et propriétés, tâches et domaines d'investigation. *L'année psychologique*, 103, 223-256.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly*. 36, 157-178.

Session 6 : Gestion des situations dynamiques

Contrôle cognitif et prise de décision en environnement dynamique. Cas particulier de la gestion de la traction et du freinage chez des conducteurs de tramway

Mouchel Mathieu^{1,2}, Naveteur Janick^{1,3}, Miglianico Denis²
Anceaux Françoise¹

- 1) Université Nord de France, UVHC, LAMIH, CNRS-FRE 3304, F-59313
mathieu.mouchel@transport.alstom.com
- 2) Alstom Transport, 48 Rue Albert Dhalenne 93482, ST-OUEN
- 3) Université Nord de France, Lille 1, Neurosciences, F-59 655 Villeneuve d'Ascq

RÉSUMÉ

Ce travail s'intéresse à la prise d'informations opérée par les conducteurs de tramway au sein des différents environnements de conduite et aux décisions d'action associées. Dans une optique d'optimisation des interactions entre l'homme et le système, il présente une étude basée sur une analyse d'activité dont les retours montrent l'importance des activités automatisées dans la gestion de la traction et du freinage. Une fois les éléments de terrain complétés et interprétés à partir de données issues de la littérature, ils ont été croisés avec un travail expérimental de laboratoire afin de tester les processus décrits. Les résultats montrent la présence de patterns de prise d'informations et décisions d'action, dont les mécanismes sont redondants chez les conducteurs, en fonction des situations rencontrées. Ainsi, des schémas permettant la reconnaissance de la situation et engendrant une gestion adaptée de la conduite ont été identifiés et validés de manière expérimentale à l'aide d'un protocole de simulation de conduite de tramway..

MOTS-CLÉS

Conducteurs de tramway, prise d'informations, contrôle cognitif, schéma

1 INTRODUCTION

La conduite de tramway s'inscrit dans une logique matérielle et organisationnelle empreinte par son secteur d'appartenance : le domaine ferroviaire. Cependant, cette activité s'opère majoritairement dans des environnements de conduite urbains et partagés (piétons, véhicules, ...). Ainsi, des problématiques peu connues dans le secteur ferroviaire mais bien plus étudiées dans les recherches liées à l'automobile émergent. En effet, il s'agit d'une activité marquée par la gestion d'un environnement dynamique obligeant le conducteur à anticiper les possibles éléments problématiques au sein de l'environnement. De nombreuses informations sont donc à prendre en compte de manière simultanée. De ce fait, et dans le cadre d'ajouts de nouveaux systèmes d'aides (telle que la conduite économique par exemple), la question se pose de la présentation des informations au conducteur lui permettant de générer une décision d'action (ou de non action) adaptée aux contraintes de son activité.

L'analyse de l'activité en tant que prérequis à l'étude expérimentale présentée ci-après renvoie dans un premier temps à une prise en compte du travail de conduite de tramway. Cette dernière a été réalisée au sein de 4 réseaux de tramway et auprès de 60 conducteurs (permettant une diversité des déterminants internes et externes). Ces observations ont mis en exergue l'importance de « macro-buts » au sein même de la réalisation des tâches réelles des conducteurs, certains objectifs



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

sont propres aux conducteurs, bien que relevant d'une certaine tâche attendue (sécurité, confort, respect des horaires) et d'autres sont directement liés au respect de la prescription. Or, il apparaît qu'un versant transversal de l'activité impacte directement l'ensemble de ces « macro-buts » : la gestion de la traction et du freinage, à l'aide du manipulateur. Les échanges avec les conducteurs ont mis en évidence une réelle difficulté à verbaliser les processus de prise d'informations sous-jacents à cette activité (« *c'est dans le ventre* », « *je le sens c'est comme ça, ...* »). Ainsi, des mécanismes bien connus en terme de perception de vitesse (affordances des « flux optique », « aspects vestibulaires ») ont été verbalisés par les conducteurs, ainsi que la prise en compte d'éléments physiques de la situation (infrastructures, piétons, ...). Le choix a alors été fait de centrer l'analyse sur cette activité transversale et apparaissant comme largement automatisée.

Un nouveau recours au terrain a été nécessaire afin d'appréhender plus finement les mécanismes sous-jacents à la prise de décision d'action sur le manipulateur dans le cadre de la gestion de la traction/freinage. L'utilisation de différentes techniques d'analyse (verbalisation durant la conduite ; auto confrontation croisée ; analyse vidéos) a permis de mettre en évidence et de modéliser, sous forme de MAD, de véritables patterns comportementaux (tant en termes de prise d'information que d'actions sur le manipulateur) en fonction des situations rencontrées. La régulation de cette activité particulière en fonction des « macro buts » des conducteurs implique que les conducteurs expérimentés tiennent compte de certaines informations pour déterminer la situation dans laquelle ils se trouvent avant d'agir. Une fois cette dernière caractérisée et en fonction des objectifs de la conduite (sécurité, confort, ...), leur prise de décision d'agir (ou non) sur le manipulateur semble basée sur une vérification de l'adaptation de la vitesse réelle du tramway avec les buts du conducteur : « *dire que je vais trop vite, c'est soit parce que je suis au-dessus de 40, soit parce que je ne me sens pas bien, ça dépend ces endroits* ». Cette vérification renverrait alors à différentes modalités de prise d'informations. Un parallèle avec la description des schémas proposée par Richard (1990) permet de proposer que des schémas de situation (courbe, station, présence d'une école) seraient instanciés à partir d'informations que les conducteurs ont appris à reconnaître dans l'environnement. Et c'est alors en fonction des « macro buts » associés à cette situation que le conducteur prendrait de l'information en vue d'agir de manière adaptée.

2 CADRE THEORIQUE

Dans l'optique d'appréhender plus finement les mécanismes observés et décrits par les opérateurs, une analyse de la littérature orientée sur les travaux en conduite automobile a été réalisée. Le modèle du contrôle cognitif proposé par Hoc et Amalberti (2007) permet de comprendre les processus mentaux sous-jacents à la prise de décision par l'intermédiaire de deux dimensions : le niveau d'abstraction qui est issu d'une interprétation du modèle de Rasmussen (1986), revu par Hoc et Amalberti (1995) et l'origine des données servant au contrôle (à partir du modèle de Hollnagel, 1993). Le modèle du contrôle cognitif met en évidence le fait que, selon le mode de régulation de l'activité, les informations utilisées ne sont pas les mêmes. De manière générale, les activités régulées par les automatismes sont déclenchées par des informations de faible niveau d'abstraction tels que les signaux. Selon Rasmussen (1993), ces activités reposent sur des affordances environnementales telles que décrites dès 1938, dans le cadre de la conduite automobile, par Gibson (Gibson et al., 1938 ; Gibson, 1966). Les activités régulées par les connaissances reposent quant à elles sur l'utilisation de symboles. Enfin, les activités du niveau intermédiaire reposent sur l'utilisation de signes qui prennent un sens en fonction de la situation et servent à choisir le cours d'action le plus adapté. En ce qui concerne l'origine des données servant au contrôle dans le modèle du contrôle cognitif, Hoc et Amalberti (2007) proposent que le contrôle soit fondé soit sur des réactions face à des affordances (Gibson, 1979), soit sur la base de représentations internes ou de connaissances et ce, avec une importance majeure de l'anticipation.

Or, comme déjà évoqué, les analyses d'activité ont mis en évidence l'importance de ce versant anticipatif du contrôle cognitif dans l'évitement des incidents et/ou accidents (« nous, on n'a pas le

coup de volant alors on prend de l'avance »), contrôle cognitif qui se fait dans une grande majorité de cas de manière automatisée. Un premier focus sur le « bas niveau d'abstraction » du modèle du contrôle cognitif (Hoc & Amalberti, 2007), renvoyant à des informations majoritairement sub-symboliques, a donc été réalisé afin de comprendre plus précisément les mécanismes permettant d'extraire de la situation les informations pertinentes et les processus associés à leur interprétation.

Les travaux autour de concepts tels que les schémas (Rumelhart, 1975 ; Richard 1990), les schèmes (Vergnaud 2007) ou les scripts (Schank & Abelson 1977) offrent des éléments permettant d'appréhender ces mécanismes. L'ensemble de ces travaux s'accorde sur l'existence d'un agrégat de connaissances formé avec l'expérience, se composant d'éléments fixes et variables qui sont instanciés, assimilés ou accommodés à partir d'éléments issus de la situation. Leur organisation peut renvoyer à une certaine hiérarchisation en parties et sous-parties. Dans le cadre de cette étude, le concept apparaissant comme le plus approprié est celui du schéma tel que décrit par Richard (1990). Dans son modèle de construction des connaissances relatives à l'action, il propose un mode de construction de connaissances générales (relationnelles ; procédurales) et de connaissances plus spécifiques (événement ; situation ; suite d'actions). Ce mode repose sur la particularisation d'un schéma, par appariement des informations de la situation avec ceux du schéma, permettant le déclenchement d'une activité d'exécution automatisée. Selon Richard (1990), l'appariement est guidé par les **but**s de la personne face à la situation, le schéma contenant également la **procédure** permettant d'atteindre ces buts et les **conditions d'exécution** de cette dernière nécessitant d'être satisfaites. Un certain parallèle peut alors être fait avec la notion de la régulation centrée sur la tâche proposée par Leplat en 2006. Cette dernière nous permet de lier les buts des conducteurs, les diverses formes de prise d'informations et les actions associées. Leplat (2006) décrit différentes fonctions nécessaires à la régulation de l'activité et permettant de caractériser l'écart entre les **but**s (imposés à l'opérateur ou issus de son propre choix) avec les **résultats** de l'action. En fonction de cette comparaison, l'opérateur détermine alors les **actions** à entreprendre pour réduire l'écart.

De manière synthétique, la prise d'informations permet donc l'instanciation d'un schéma particulier en fonction de la situation dans laquelle se trouve le conducteur par l'intermédiaire d'une combinaison entre données externes (issues de l'environnement) et interne (issue des connaissances). Mais elle permet ensuite, par le biais du contrôle cognitif, de caractériser l'écart entre les buts et résultats de l'action et ainsi de prendre les décisions d'actions adaptées en fonction des procédures contenues dans le schéma.

L'objectif du travail présenté ici est donc de mettre en évidence le fait que l'expertise en conduite de tramway impacte les activités de gestion de la traction freinage (vitesses, forces de freinage, ...) et les prises d'informations associées et ce, dans la mesure les comportements des conducteurs de tramway sont contrôlés par de tels automatismes qui reposent sur l'existence de schémas de conduite adaptés.

3 METHODES

Pour mettre à l'épreuve ces question, deux populations de participants ont été choisies : un premier groupe constitué de conducteurs de tramway professionnels et un second constitué de conducteurs automobile ayant obtenu le permis de conduire depuis plus de 5 ans.

3.1 Situations expérimentales

Cette expérimentation s'inscrit dans un projet de recherche global induisant de nombreuses hypothèses de travail qui ne seront pas détaillées ici. Dans ce contexte, 40 conducteurs ont été sollicités (20 conducteurs de tramways professionnels et 20 conducteurs automobiles avec plus de 5 ans d'expérience). L'ensemble des participants a parcouru 2 fois un trajet d'environ 15 minutes (phase d'habituation ; phase de mesure) composé d'une diversité de situations de conduite. Les consignes qui leur étaient données sont issues de l'analyse d'activité et permettaient aux

conducteurs automobile de circuler avec les mêmes objectifs que les conducteurs de tramway. Ces consignes concernaient une conduite sécuritaire, confortable et respectant les limitations de vitesse. Dans le cadre de la présente étude, et afin de tester l'impact de l'identification du schéma de situation sur les comportements des participants en fonction de leur niveau d'expertise, deux situations ont été retenues.

Une première situation que nous appellerons situation « courbe » dans laquelle les conducteurs sont face à une forte courbe qu'ils connaissent puisque déjà parcourue une première fois lors de la phase d'habitation. La prescription à l'approche de ce virage est relativement « large » puisqu'il est demandé d'opérer une vitesse de 35km/h (vitesse très surévaluée pour ce type de courbe). Le choix de cet environnement a été fait à partir des constats de l'analyse d'activité qui a montré que la gestion du passage de courbe est une phase de conduite particulière pouvant impacter très fortement le confort et la sécurité des passagers mais également celle du conducteur.

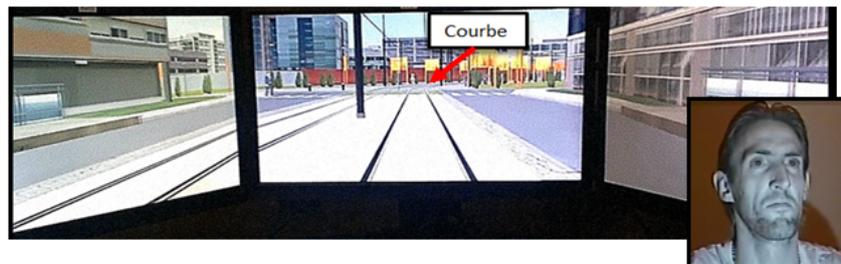


Figure 1 : situation 1, courbe avec prescription faible et visage du conducteur

Dans une seconde situation que nous appellerons situation « virage », les conducteurs font également face à un environnement qu'ils traversent pour la seconde fois, une zone relativement protégée avec très peu de stimulations environnementales et donc propice à la pratique d'une vitesse élevée (limitée à 70km/h), et soudainement marquée par une forte réduction de la vitesse prescrite (30 km/h). Le choix de cette situation a été fait pour rendre compte de certains environnements de conduite dans lesquels la prescription liée à la vitesse est relativement forte et vécue comme contraignante (« ici c'est 10km/h, je peux vous dire que c'est très compliqué à tenir ! »).



Figure 2 : situation 2, forte réduction de vitesse

Notons que, dans un premier temps et pour des raisons techniques, les observations liées à l'identification du schéma global de situation n'ont pas pu être réalisées par l'intermédiaire de ce protocole expérimental. En effet, nous voulions obtenir des données sur les informations prises par les conducteurs et ce, par le biais d'un système d'oculométrie qui, malheureusement, n'a pas fonctionné.

3.2 Mesures

Les mesures effectuées concernent les divers indicateurs comportementaux liés à la prise d'informations et aux actions des conducteurs. Pour réaliser certaines d'entre elles, une zone fixe a

été déterminée en utilisant la distance moyenne à laquelle l'ensemble des participants initie le freinage pour le début et le point kilométrique de l'élément cible de chacune des situations (entrée dans la courbe et passage au niveau du panneau) pour la fin de la zone de mesure. Dans l'optique de vérifier l'hypothèse proposée, les variables dépendantes choisies sont le type d'observations ; l'anticipation du freinage ; la vitesse d'entrée dans la zone de mesure ; la vitesse de passage au niveau de l'élément cible, la vitesse lors de la fin du freinage et la force de freinage.

3.2.1 Type d'observations

Pour cette mesure, une analyse vidéo a été réalisée *a posteriori* des expérimentations. Deux types de prises d'informations ont été caractérisés par leur orientation vers l'intérieur ou vers l'extérieur de la cabine. Il semble intéressant de préciser que, durant la conduite analysée, seul l'afficheur de vitesse était en fonction à l'intérieur de la cabine. Pour la suite de l'étude, il est donc possible de proposer que la présente dichotomie permette de dire que le conducteur détermine la vitesse soit par le biais du compteur de vitesse (observations vers l'intérieur), soit par le biais de l'environnement externe (observations vers l'extérieur).

Pour effectuer ces mesures, une caméra infrarouge a été placée face au visage du conducteur, la vitesse de lecture de la vidéo a été divisée par 3 et un comptage temporel des deux types d'observation a été réalisé à vitesse réduite. Une multiplication des temps bruts a ensuite permis de retrouver les temps réels d'observation, en secondes.

3.2.2 Anticipation du freinage

Dans les deux situations expérimentales, le passage au niveau de l'élément cible (courbe ou panneau) a pour objectif de provoquer une action de freinage (relativement importante). La prise en compte de la distance à laquelle le conducteur initie le freinage à la vue de l'élément cible nous permet de proposer une distance d'anticipation en mètres.

3.2.3 Vitesse d'entrée dans la zone de mesure, de passage au niveau de l'élément cible, et lors de la fin du comportement

Pour chaque participant, la vitesse de passage au point prédéterminé comme le début de la zone de mesure a été considéré. De la même manière, la vitesse de passage au point kilométrique associé à l'entrée effective dans la courbe a été prise en compte. Ce point de passage est très présent dans les verbalisations des conducteurs. Qualifié de « coup de raquette », il correspond au contact des roues (voire du boggie) avec le rail opposé : si la vitesse opérée à ce moment est trop élevée, la rame subit une forte secousse pouvant entraîner des douleurs dorsales chez le conducteur et des chutes de passagers dans la rame. Enfin, nous avons également relevé la vitesse à laquelle circulait le conducteur lorsqu'il choisissait d'arrêter de freiner.

3.2.4 Force de freinage

La vitesse d'entrée dans la zone de mesure, la vitesse de passage au niveau de l'élément cible ainsi que la distance entre ces deux points nous permettent de tenir compte d'une force de freinage entre ces deux points. Cette dernière, exprimée en m/s^2 (valeur positive pour le freinage) s'obtient par l'intermédiaire de la formule suivante :

$$\text{Force de freinage} = \frac{\text{Vitesse A (m/s)} - \text{Vitesse B (m/s)}}{\text{Temps entre A et B (s)}}$$

4 RESULTATS

4.1 Situation « courbe »

L'analyse des résultats de cette première situation montre que l'ensemble des conducteurs initient un certain freinage avant d'arriver au niveau de la courbe. Rappelons que les buts des deux

populations de conducteurs sont *a priori* les mêmes puisque présentés au travers de la consigne issue d'une analyse préalable de l'activité.

Tableau 1 : Comportements des conducteurs en fonction de leur expertise pour la situation « courbe »

Population	Données	Anticipation (m)	Vitesse de passage (km/h)	Fin de comportement (m)	Vitesse de fin de comportement	Force de freinage (m/sec ²)	Prise d'informations Afficheur (sec)
Cond auto	Moyenne	40,16	22,46	498,41	17,64	2,28	1,95
	Ecart type	32,48	7,82	21,95	6,71	1,1	0,99
Cond tram	Moyenne	76,85	16,28	478,9	14,94	1,52	0,77
	Ecart type	25,36	4,9	18,9	3,53	0,52	0,65
Comparaisons		F _{1,38} = 15,86 ; p < .0003	F _{1,38} = 8.95 ; p < .005	F _{1,38} = 9.07 ; p < .005	F _{1,38} = 2,54 ; NS	F _{1,38} = 7,93 ; p < .008	F _{1,38} = 19.64 ; p < .00001

Les résultats présentés dans le tableau 1 montrent que l'expérience de conduite induit une différence au niveau du déclenchement de freinage. En effet, les conducteurs de tramway commencent à freiner en moyenne 36,4 mètres avant les conducteurs automobile. Cette anticipation est suffisamment importante pour leur permettre de freiner de manière plus douce (-0,77m/sec²) et pour que les vitesses de passage (vitesse liée aux objectifs de la tâche) atteintes par les deux populations soient différentes (vitesse moyenne des conducteurs professionnels inférieurs de 6,2 km/h à celle des conducteurs automobile), alors même que leurs vitesses d'approche et leur vitesse de fin de freinage ne présentent pas de différence significative.

En ce qui concerne la prise d'informations associée à la vérification de la valeur de la vitesse en fonction des buts de la tâche, elle diffère entre les deux populations de conducteurs. Les conducteurs de tramway observent moins l'afficheur de vitesse (9,6% du temps total) que les conducteurs automobile (25,4 % du temps total), ce qui semble bien indiquer que la vérification de la vitesse s'appuie sur des données différentes pour les deux populations.

Enfin, les conducteurs de tramway terminent leur freinage environ 10 mètres avant de passer le point d'entrée dans la courbe. Les conducteurs automobile terminent, quant à eux, leur freinage 10 mètres après être effectivement entré dans la courbe. Cette différence significative montre une certaine inadaptation dans les comportements des conducteurs automobile qui n'atteignent un équilibre but/résultat qu'après le point de courbe critique, risquant ainsi d'impacter négativement le confort et la sécurité de tous.

4.2 Situation « panneau »

Pour cette situation, on observe également dans le tableau 2 d'importantes différences entre les deux populations. Les conducteurs de tramway professionnels initient leur freinage en moyenne 62,1 mètres plus tôt que les conducteurs automobile et le terminent également plus tôt (38,09 m). En fait, les conducteurs de tramway terminent leur freinage 27,7 mètres après avoir passé le panneau et ce, à une vitesse en moyenne de 9,4 km/h au-dessus de la limitation ; leur vitesse finale étant en dessous de la vitesse prescrite (29,38 km/h). De leur côté, les conducteurs automobiles semblent se laisser plus surprendre par la variation des vitesses prescrites. En effet, ils terminent de freiner en moyenne 65,8 mètres après avoir passé le panneau et ce, en moyenne à 28,5 km/h au-dessus de la limitation. Contrairement aux conducteurs de tramway, ils ne ralentissent pas pour autant jusqu'à la vitesse prescrite, puisque la vitesse moyenne à la fin de leur comportement de freinage est encore à 5,8km/h au-dessus de la prescription. De la même manière que dans la précédente situation, l'anticipation permet aux conducteurs de tramway de passer le panneau à une vitesse inférieure à

celle des conducteurs automobile en freinant en moyenne de manière plus douce ($-1,97 \text{ m/sec}^2$) et avec une vitesse d'approche qui ne présente pas de différence significative.

Tableau 2 : Comportements des conducteurs en fonction de leur expertise pour la situation « panneau »

		Anticipation (m)	Vitesse de passage (km/h)	Fin de comportement (m)	Force de freinage (m/sec^2)	Vitesse d'approche (km/h)	Prise d'info Afficheur (sec)	Prise d'info Ext (sec)
Cond auto	Moyenne	37,1	58,5	4623,79	5,12	66,46	1,77	5,9
	Ecart type	34,8	6,15	15,87	1,2	2,63	1,04	1,04
Cond tram	Moyenne	99,2	39,4	4585,7	3,16	65,71	3,17	5,36
	Ecart type	48,38	11,74	34,87	1,82	11,26	1,08	1,08
Comparaisons		$F_{1,38} = 21.7$; $p < .0001$	$F_{1,38} = 8.95$; $p < .005$	$F_{1,38} = 19.76$; $p < .0001$	$F_{1,38} = 16,25$; $p < .0003$	$F_{1,38} = 0.52$; NS	$F_{1,38} = 19.64$; $p < .00001$	$F_{1,38} = 2,89$; NS

De plus, il apparaît que la prise d'informations associée à la vérification de la valeur de la vitesse liée aux objectifs diffère également en fonction du niveau d'expertise. Les conducteurs professionnels de tramway se basent plus que les conducteurs automobile sur le compteur de vitesse (en moyenne 14,1% de plus que les conducteurs automobile), alors que leur prise d'informations vers l'extérieur ne présente pas de différence significative avec celle des conducteurs automobile.

4.3 Discussion des résultats

4.3.1 Situation « courbe »

Dans cette situation, le fait que tous les participants aient initié un freinage à l'approche de la courbe nous permet de considérer l'instanciation d'un certain schéma de situation de conduite (au moins générique). Cependant, les résultats montrent que les conducteurs de tramway anticipent plus le freinage que les conducteurs automobile. Cette différence d'anticipation peut s'expliquer de diverses manières :

- les conducteurs de tramway instancient plus vite et en fonction des indicateurs différents le schéma associé à la courbe. Ils déclenchent alors un freinage plus tôt.
- les conducteurs de tramway émettent une suite d'actions sur le manipulateur différente de ceux des conducteurs automobile parce qu'ils disposent d'un schéma spécifique à cette situation.

Le contrôle de l'activité de gestion de la traction/freinage (avec une centration sur la tâche) induit la présence d'une boucle de régulation permettant la comparaison des résultats des actions avec les objectifs initiaux. Rappelons que les consignes qui étaient données aux participants était de conduire dans le respect des limitations de vitesse, en évitant les possibles collisions et en respectant le confort des voyageurs (accélération, décélération, courbe, ...). Les différences entre les vitesses d'entrée dans la courbe pour les deux populations, couplée avec l'absence de différence de vitesse de fin de freinage, indique que les deux populations attribuent des valeurs de vitesse aux buts de leur tâche comparables, mais de manière décalée. Ces résultats semblent aller dans le sens de la seconde explication ci-dessus. Les conducteurs professionnels associent au schéma de courbe des valeurs de vitesse permettant de respecter les buts fixés. Le schéma de la situation « courbe » qu'ils connaissent bien leur permet de considérer le point d'entrée effectif dans la courbe (ou coup de raquette) comme devant être passé à une vitesse particulière et résulter d'un freinage souple. Les conducteurs automobile quant à eux semblent ne disposer que d'un schéma en partie erroné (probablement issu de leur expérience de conduite automobile), puisqu'ils freinent également à la vue de la courbe mais avec une intensité plus forte que les conducteurs de tramway, trop tardivement et ne finalisent leur

freinage qu'après avoir passé le point d'entrée à une vitesse largement supérieure à celle des conducteurs de tramway (risquant probablement en situation réelle de fortes secousses).

En ce qui concerne les observations des conducteurs, une mise en parallèle avec le modèle de Hoc & Amalberti (2007) nous permet de proposer que le schéma des conducteurs de tramway induit une prise d'information basée sur des données d'un niveau d'abstraction plus faible que les conducteurs automobile. Ce constat va dans le sens d'une automatisation forte des comportements associés au schéma de passage de courbe chez les conducteurs de tramway qui connaissent bien ce genre de situation.

4.3.2 Situation « panneau »

Il semble intéressant de noter ici, que lors du premier passage, l'ensemble des conducteurs se sont fait surprendre par cette soudaine réduction de vitesse et ont tous passé le panneau en survitesse. Or, pour les conducteurs professionnels, un tel dépassement a été mal vécu (« *ah c'est pas bon du tout ça* » ; « *ça c'est de l'excès !* » ; « *en vrai je me serais fait tapé sur les doigts* »).

Lors du second passage dans cette situation (phase expérimentale), les conducteurs de tramway initient un freinage alors même que le panneau est très peu visible et la valeur indiquée dessus illisible. Ils passent au niveau du panneau à une vitesse juste au-dessus de la limitation, ce qui n'est pas le cas des conducteurs automobile qui semblent ne freiner qu'à la vue du panneau, passent devant le panneau largement au-dessus de la vitesse prescrite et arrêtent de freiner avant même d'atteindre 30 km/h. De plus, l'anticipation des conducteurs de tramway leur permet de freiner avec une force moins importante que les conducteurs automobile (impactant sur le confort et la sécurité). Ces éléments semblent montrer une différence de valeur de la vitesse acceptable pour l'écart entre buts et résultats entre les deux populations.

Les conducteurs de tramway passent significativement plus de temps que les conducteurs automobile à observer l'afficheur de vitesse. Ils semblent alors sortir d'un mode très automatisé de la vérification vitesse basé sur une perception de faible niveau d'abstraction pour tendre vers une prise en compte plus symbolique (par l'intermédiaire du compteur) et ce, pour s'assurer du respect de l'un des « macros buts » de la tâche : le respect de la vitesse prescrite. Ceci peut s'expliquer par le fait que, dans la seconde situation, la prescription est relativement forte puisqu'elle implique de circuler à une vitesse faible dans un environnement très pauvre et protégé (peu d'impact possible de l'environnement sur le confort et la sécurité). Or les verbalisations issues de l'analyse d'activité rendent compte d'un besoin des conducteurs professionnels de vérifier activement le respect de certaines vitesses plus « contraignantes ».

L'ensemble de ces éléments en lien avec le niveau d'expertise semble ainsi révélateur d'une assimilation probable de la situation à un schéma existant adapté chez les conducteurs professionnels de tramway qui semble absent chez les conducteurs automobile. De plus, le poids de la procédure, plus important en conduite de tramway, peut sans doute également expliquer en partie une différence de valeur associée aux buts de la conduite et des besoins de prise d'informations particulièrement précises (« *au tramway, en cas de problème, on ne tolère aucun dépassement de vitesse* »).

5 CONCLUSION

Nous avons vu que les conducteurs de tramway opèrent dans un environnement empreint d'une forte dynamique et réalisent leurs tâches réelles en tenant compte de buts forts (sécurité, confort, efficacité, ...). La principale activité permettant de réaliser ces tâches, tout en respectant l'ensemble des buts, est l'activité de gestion de la traction/freinage. De manière préalable à cette étude, nous avons réalisé une modélisation précise (formalisme MAD) de l'ensemble des composantes de cette activité au sein des différentes situations afin de décrire les mécanismes de prises d'informations servant au contrôle cognitif (tel que proposé par Hoc et Amalberti en 2007) et

induisant les décisions d'action dont un grand nombre semble relever d'automatismes. Le concept de schéma (Richard, 1990) a alors permis de mettre en évidence l'existence de schémas de situations identifiés à partir d'éléments issus non seulement de l'environnement (données externes et réactives) mais également des connaissances des conducteurs (données internes et anticipatives). Ainsi, en fonction du contexte environnemental et réglementaire, les conducteurs identifient un schéma particulier, tiennent compte de données de niveau d'abstraction plus ou moins faible et déclenchent une suite d'actions prédéterminées. Ce sont donc bien ces activités de prise d'informations qui leur permettent d'agir de manière appropriée en réduisant l'écart entre les conséquences de leurs actions et les objectifs qu'ils se fixent dans une situation donnée. Lors de l'ajout de nouvelles fonctionnalités en cabine, il sera donc nécessaire de prendre en considération ces processus afin de les aider à respecter leurs objectifs actuels voire d'en ajouter de nouveaux.

6 REFERENCES

- Gibson, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. London: George Allen & Unwi.
- Gibson, J.J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston, MA: Houghton-Mifflin.
- Gibson, J.J. & Crooks, L. E. (1938). A theoretical field analysis of automobile-driving. *American Journal of Psychology*, 51, 453-471.
- Hoc, J. M., & Amalberti, R. (1995). Diagnosis and decision making, some theoretical questions raised by applied research. *Current Psychology of Cognition*, 14, 73-101.
- Hoc, J. M., & Amalberti, R. (2007). Cognitive control dynamics for reaching a satisficing performance in complex dynamic situations. *Journal of cognitive engineering and decision making*, 1(1), 22-55.
- Hollnagel, E. (1993). Models of cognition: procedural prototypes and contextual control. *Le Travail Humain*, 56, 27-51.
- Leplat, J. (2006). La notion de régulation dans l'analyse de l'activité. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, (8-1).
- Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction*. Amsterdam. North-Holland
- Rasmussen, J. (1993). Deciding and Doing: Decision Making in Natural Contexts. In G.A.Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, & C. E. Zsombok (Eds.), *Decision making in action: models and methods* (pp. 158-171). Norwood, N.J.: Ablex Publishing Corporation.
- Richard, J. F., & Richard, J. F. (1990). *Les activités mentales: comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris : A. Colin.
- Rumelhart, D. E. (1975). Notes on a schema for stories. In D.G.Bobrow & A. Collins (Eds.), *Language, thought and culture* (pp. 211-236). New York: Academic Press.
- Schank, R. C. & Abelson, R. P. (1977). *Scripts, plans, goals, and understanding*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Vergnaud, G. (2007). Représentation et activité: deux concepts étroitement associés. *Recherches en éducation*, 4, 9-22.

Analyser la cognition d'équipe à la lumière des boucles de communication - Application à l'analyse des processus d'équipe en passerelle de navire

Chauvin Christine

Université Bretagne Sud - Lab-STICC, UMR CNRS 6285
17 rue Flandres-Dunkerque, 56100 Lorient
christine.chauvin@univ-ubs.fr

Clostermann Jean-Pierre

Ecole Nationale Supérieure Maritime
10 Quai Frissard, 76600 Le Havre
jean-pierre.clostermann@supmaritime.fr

RÉSUMÉ

Il est établi que la performance d'une équipe dépend de la qualité de ses processus coopératifs. Par conséquent, il apparaît nécessaire de mesurer la cognition au niveau de l'équipe pour pouvoir comprendre sa performance dans un environnement complexe. Considérant que les communications verbales constituent une "fenêtre ouverte" sur la cognition d'équipe, l'étude présentée ici propose d'analyser les échanges verbaux qui s'établissent entre les membres d'équipes opérant sur un simulateur reproduisant une passerelle de navire pour estimer la qualité des processus d'équipe. Différents aspects des interactions verbales ont été codés (émetteur et récepteur, type de l'interaction, nature de l'activité coopérative, fonction de l'interaction au sein de la "boucle de communication") et différentes métriques ont été calculées. L'étude a porté sur 19 équipes de 3 personnes. Les performances de ces équipes ont également été évaluées. Il apparaît que les équipes les moins performantes sont également celles pour lesquelles les patterns de communication présentent le plus de défaillances.

MOTS-CLÉS

Méthode d'analyse du travail d'équipe, cognition d'équipe, boucles de communication, conduite de navire.

1 INTRODUCTION

Les membres d'une équipe de travail interagissent, de façon dynamique, interdépendante et adaptative pour satisfaire une mission qui leur est commune et qu'ils valorisent ; chacun d'entre eux ayant des rôles ou fonctions spécifiques à réaliser (Salas, Dickinson, Converse, Tannenbaum, 1992). Une équipe en passerelle de navire présente toutes ces caractéristiques. Elle est habituellement composée de 3 ou 4 personnes : un timonier (barreur), un officier, le commandant et, dans les zones qui l'exigent, un pilote. Tous ces acteurs interagissent pour conduire le navire en respectant des contraintes d'horaire et en évitant les accidents (échouements et collisions). L'analyse des rapports d'accidents portant sur les collisions entre navires (Chauvin, Lardjane, Morel, Clostermann, & Langard, 2013) a montré que le fonctionnement de ces équipes pouvait présenter des défaillances : absence de communication en « boucles fermées », absence de surveillance mutuelle, mauvaise répartition des tâches, absence de soutien, communication insuffisante sur les traits saillants de la situation, briefing insuffisant.

L'étude qui est présentée propose une méthodologie d'analyse des processus et de la performance d'équipes. Cette méthodologie a été mise en œuvre pour analyser la cognition d'équipe d'élèves de la marine marchande sur simulateur passerelle.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

2 CADRE THEORIQUE

Il est désormais admis qu'il est nécessaire de comprendre et de mesurer la cognition au niveau de l'équipe, pour pouvoir comprendre sa performance et son efficacité dans des environnements complexes (Salas, Rosen, Burke, Nicholson & Howse, 2007 ; Cooke, Gorman & Kiekel, 2008). L'analyse de la cognition d'équipe (Team Cognition) est nécessaire pour comprendre les causes des défaillances des collectifs. Dans le domaine militaire, Wilson, Salas, Priest et Andrews (2007) ont ainsi identifié les ruptures dans la cognition partagée comme cause essentielle des tirs fratricides.

La cognition d'équipe est un phénomène multi-niveau qui mobilise des structures de connaissances individuelles et des processus d'équipe (Cooke, Salas, Kiekel, & Bell, 2004). Le traitement des connaissances individuelles par les processus collectifs conduit à une compréhension dynamique de l'environnement partagée par l'équipe et à des structures de connaissances collectives et stables à long terme (modèles mentaux partagés). Mathieu, Heffner, Goodwin, Salas et Cannon-Bowers (2000) rappellent que tous les modèles portant sur le fonctionnement des équipes reposent peu ou prou sur un cadre de type Input-Process-Outcome. Les inputs sont les conditions qui caractérisent l'équipe (caractéristiques de l'équipe, de ses membres). Les résultats (outcome) recouvrent les caractéristiques de la performance (en termes de quantité et/ou de qualité) mais aussi la longévité de l'équipe ou encore les réactions affectives de ses membres. Les processus décrivent la transformation des inputs en outputs. Les processus collectifs couramment évoqués sont les processus de communication, de coopération et de coordination.

Cooke et al. (2004) proposent d'utiliser la communication comme une « fenêtre sur la cognition d'équipe ». Leur proposition est la suivante : de la même façon qu'on utilise les verbalisations simultanées pour avoir accès à la cognition individuelle, on pourrait utiliser la communication inhérente au travail d'un collectif pour accéder à la cognition d'équipe. Ils considèrent deux aspects de la communication : le flux et le contenu. Pour analyser le flux de communication, Entin et Entin (2001) retiennent différentes mesures, telles que : le nombre d'échanges par minute, le type de la communication (apport ou demande relatif à une information, une action ou une coordination) ainsi que des ratios (somme des apports divisée par la somme des demandes calculée pour les différents types de communication).

Hoc (2001) ainsi que Hoc et Carlier (2002) analysent également les échanges verbaux entre les membres d'une équipe pour accéder aux processus cognitifs. Ils proposent de réaliser une analyse de contenu consistant à identifier différentes activités de coopération interindividuelles en fonction de l'empan temporel et du degré d'abstraction des informations échangées. Ils distinguent ainsi la coopération « dans l'action », la coopération « dans la planification » et la « métacoopération ». Lors de l'exécution de l'action, les activités de coopération consistent à gérer des interférences : à les créer, à les détecter, à les résoudre, à les anticiper. Au niveau « planification », elles contribuent à élaborer et à assurer le maintien d'une représentation partagée concernant la situation extérieure mais aussi les buts, les plans et l'allocation des fonctions entre les agents. Le niveau de la métacoopération regroupe les activités cognitives qui permettent l'élaboration de représentations compatibles (élaboration d'un code de communication) ainsi que la génération d'un modèle de soi et des autres.

Salas et al. (2007) considèrent, quant à eux, qu'une communication "en boucle fermée" constitue un indice de l'existence de modèles mentaux partagés. Elle comporte trois étapes : a) l'émetteur envoie un message ; b) le récepteur le reçoit, l'interprète et en accuse réception – en « collationnant », c'est-à-dire en répétant le message tel qu'il a été compris ; c) l'émetteur en écoutant l'accusé de réception s'assure que le message a été correctement compris (Salas, Sims, & Burke, 2005). Elle est caractérisée par des patterns standardisés de communication mais aussi par la concision ; Ruffel-Smith a montré dès 1979, dans une expérimentation sur simulateur de vol (Amalberti, Masson, Merritt, Pariès, & al., 2001), que les pilotes ayant communiqué de façon

explicite et en boucle fermée étaient ceux qui avaient réussi le mieux à gérer une situation imprévue générant une forte charge de travail.

Il est certain, également, que la communication permet le partage d'informations et la construction d'une représentation partagée de la situation occurrente et que des ruptures de communication peuvent conduire à sa dégradation. Les défauts de communication peuvent être de différentes natures. Parush, Kramer, Foster-Hunt, Momtahan, Hunter et Sohmer (2011) citent, ainsi, le timing (l'information est délivrée trop tardivement), la nature du contenu (il peut être incomplet ou imprécis), la pertinence du récepteur (des individus clefs ne reçoivent pas toujours l'information dont ils auraient besoin), la suite donnée au message.

L'étude présentée ici propose, à la suite de ces travaux, d'analyser les boucles de communication qui s'établissent entre les membres d'une équipe selon différents critères relatifs au flux (nombre de boucles par minute, ratio) et à la nature de l'activité coopérative sous-jacente à l'échange. Elle cherche à valider l'hypothèse générale selon laquelle ces critères constituent des indicateurs objectifs de la qualité de la cognition d'équipe.

Si cette hypothèse était validée, l'analyse des boucles de communication pourrait être intégrée aux outils de mesure et d'évaluation du travail d'équipe utilisés lors des formations sur simulateur et contribuerait à combler une lacune soulignée par Salas et al. (2007). Ces auteurs notent, en effet, que bien que les formations sur simulateur soient conçues pour améliorer la cognition d'équipe, les formateurs qui les réalisent n'accordent en général pas assez d'importance à sa mesure.

3 METHODOLOGIE

3.1 Participants

L'expérimentation a été menée auprès de 57 étudiants inscrits en 5^{ème} année à l'École Nationale Supérieure Maritime du Havre. Ces étudiants ont été répartis en 19 équipes de 3 personnes (un Commandant, un officier chef de quart, un timonier). Le groupe se compose de 5 femmes et 52 hommes ayant entre 23 et 36 ans (avec une moyenne d'âge de 26 ans). Durant leur période d'embarquement réalisée au cours de la "4^{ème} année" ces étudiants ont navigué en mer et comptabilisent, en moyenne et chacun, 8,3 mois de navigation en tant qu'officier de quart.

3.2 La situation expérimentale

Chaque équipe a assuré la conduite d'un navire sur simulateur passerelle au cours d'un scénario comportant de nombreux aléas : éviter les hauts fonds, gérer des interactions avec plusieurs navires etc. A l'intérieur de ce scénario, nous avons choisi d'étudier une séquence de 15 minutes qui présente la particularité de placer les équipes dans une situation difficile. Cette situation comprend deux périodes. Le navire doit tout d'abord suivre une route qui va le conduire au chenal d'accès à Portsmouth. La deuxième période commence lorsque l'équipage reçoit l'ordre de se rendre à la zone de mouillage. L'équipe doit modifier son plan rapidement, alors que le navire se trouve dans une zone délicate (le chenal est étroit, il y a d'autres navires). Cette situation critique rend impérative la coopération entre les membres de l'équipage ; l'officier doit, notamment, être proactif et apporter au capitaine les informations utiles concernant la situation extérieure, la situation du navire, le plan à suivre, et au besoin solliciter avec insistance une décision car pendant le temps de cette analyse, le navire continue d'avancer.

L'activité des élèves sur le simulateur passerelle a été filmée à l'aide de trois caméras réparties et placées de façon à ne pas les gêner (cf. Figure 1).

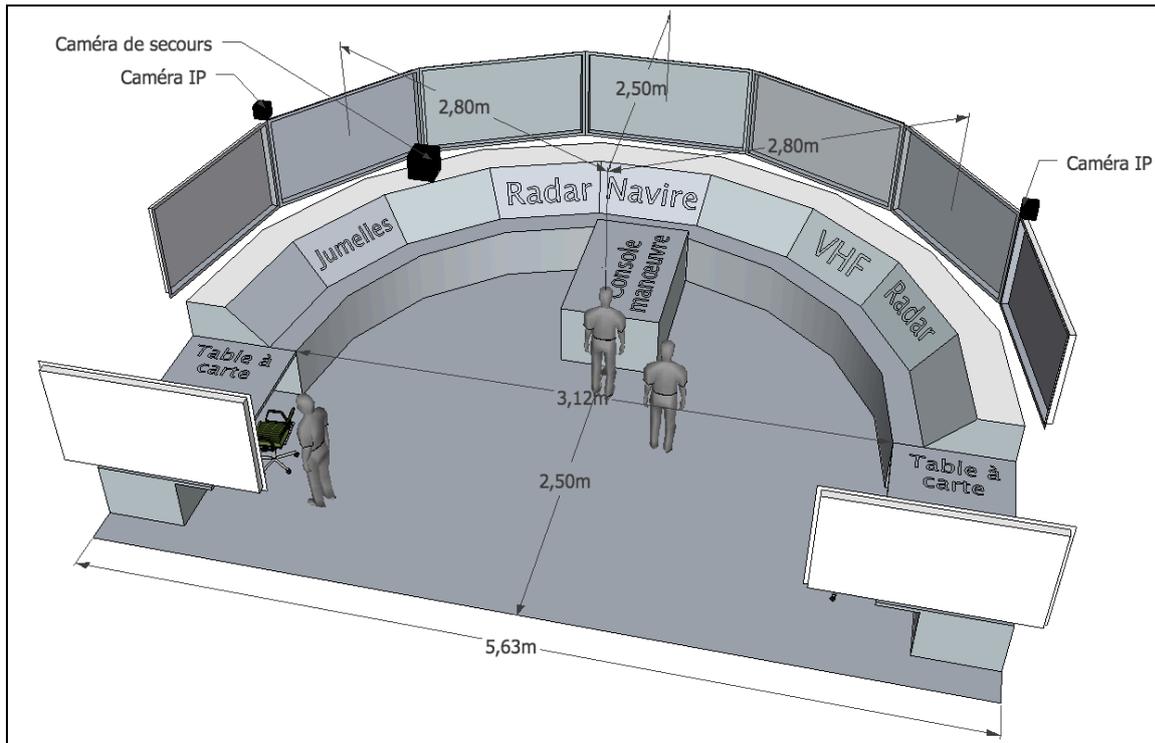


Figure 1 - Configuration du dispositif de recueil des données au simulateur

Les informations figurant sur les écrans radars ont été enregistrées grâce au logiciel de capture d'écran « hypercam » ; celles apparaissant sur l'écran du poste instructeur ont été également enregistrées. Les communications entre les élèves ont été enregistrées puis intégralement retranscrites.

3.3 Le codage des données verbales

Les communications enregistrées ont été découpées en « interactions » entre les membres de l'équipe. Chaque interaction a été codée selon quatre dimensions :

- - Interlocuteurs : émetteur (capitaine, officier ou timonier), récepteur (capitaine, officier ou timonier).
- - Type d'interaction : demande d'information, apport d'information, demande d'action, apport d'action, accusé de réception.
- - Fonction dans la boucle de communication : ouverture (apport d'information ou bien demande d'information ou d'action de la part de l'émetteur), fermeture (accusé de réception ou réponse à la demande de la part du récepteur). Seules deux étapes ont été considérées, car il est rare – en pratique – d'observer des boucles complètes, comportant trois étapes (Härgestam, Lindkvist & Brulin, 2013).
- - Type d'activité coopérative selon la typologie proposée par Hoc (2001) ainsi que Hoc et Carlier (2002) : interférence dans l'action, élaboration ou maintien d'une représentation partagée (sur la situation extérieure, le navire, le plan ou le but de l'équipe). Le tableau suivant présente et illustre ce codage.

Tableau 1 - Codage des activités coopératives selon le schème établi par Hoc (2001)

Type d'activité coopérative	Exemples
Création d'interférence (CR-ITF) : demande d'action sur la barre ou la vitesse.	<i>Midship the Wheel. Port 20. Reduce to Half Ahead please.</i>
Elaboration ou maintien de la représentation partagée sur l'environnement extérieur (MAINT-EXT) : bouées, amers, feux, chenal, trafic, visibilité, courant.	<i>There's a buoy just ahead of us. There are 2 ships coming in front. Visibility is decreasing.</i>
Elaboration ou maintien de la représentation partagée sur la situation propre au navire (MAINT-INT) : cap, route, vitesse, position, clair-sous-quille ⁹ .	<i>What is our present speed? We are here in that position. We are west of the fairway. What is the underkeel clearance? Wheel is hard to port.</i>
Elaboration ou maintien de la représentation partagée du but à atteindre (MAINT-BUT).	<i>We must go to the anchorage area.</i>
Elaboration ou maintien de la représentation partagée du plan (MAINT-PLAN) : route à suivre pour atteindre le but.	<i>Remember that north of this buoy, we have to alter course to the north for the approach fairway. We will keep that one on starboard side and we will go to number 1. Next course over ground: 2-4-7.</i>
Elaboration ou maintenance de la représentation partagée de l'attribution des fonctions et des tâches entre les membres de l'équipe (MAINT-AF)	<i>I take the watch.</i>

3.4 Analyse des données

Pour chaque groupe, l'analyse a porté sur les communications mais aussi sur la performance du groupe. Nous attendons de l'analyse des communications qu'elle nous donne des indications sur la qualité des processus d'élaboration et de maintenance d'une représentation mentale partagée. L'hypothèse générale est la suivante : les groupes enregistrant des performances insuffisantes seront également ceux dont les processus présentent des défaillances.

3.4.1 Analyse des performances

La performance des groupes a été évaluée selon deux critères : la sécurité et la réussite de la mission (réussite de l'arrivée au mouillage dans le temps imparti). Concernant la performance, l'analyse a porté sur la sécurité de la navigation et sur l'atteinte des objectifs.

Pour la partie « sécurité » de la performance, les critères étaient :

- Faible : Le navire a subi un abordage, un échouement, un near-miss, il a heurté une bouée.
- Satisfaisant : Le navire s'est tenu à une distance suffisante des dangers.
- Elevé : la trajectoire a été optimale en termes de sécurité à tout moment pendant l'exercice.

Pour la partie « Atteinte des objectifs », les critères étaient :

- Faible : objectifs non atteints (zone de mouillage) pour cause d'accident ou de vitesse insuffisante eu égard aux conditions régnantes.

⁹ Clair-sous-quille : hauteur d'eau disponible sous la quille du navire.

- Satisfaisant : le navire a progressé à une vitesse adaptée au respect de l'ETA, et s'il s'est s'écarté temporairement de la route la plus directe, il est rapidement revenu sur une trajectoire adaptée.
- Elevé : Le navire a progressé au maximum de ses possibilités eu égard aux conditions régnautes, il est plutôt en avance sur l'horaire, il a atteint la zone de mouillage.

3.4.2 Analyse des communications verbales

L'analyse de la communication a porté sur les boucles (nombre de boucles par minute, pourcentage de boucles ouvertes) et sur le taux d'anticipation (somme des apports divisée par la somme des demandes). Une boucle est dite ouverte lorsqu'une demande d'information ou d'action reste sans réponse ou bien lorsqu'un apport n'est pas suivi d'un accusé de réception.

Cette analyse a été menée sur l'intégralité de chaque protocole, puis sur les interactions traduisant des activités de maintien de la représentation partagée : représentation de la situation propre au navire, de la situation extérieure et du plan.

Le tableau 2 présente et définit les différents indicateurs retenus pour évaluer la qualité du processus de communication.

Tableau 2 - Indicateurs de communication mesurés

Mesures globales	Mesures par type d'activité coopérative
Nombre de boucles par minute.	
% de boucles ouvertes (% de BO)	Nombre de boucles ouvertes divisé par le nombre total de boucles, multiplié par 100. Nombre de boucles relatives à l'élaboration et au maintien d'une représentation partagée sur : - La situation extérieure (MAINT-EXT), - La situation interne au navire (MAINT-INT), - Les plans (MAINT-PLAN), divisé par le nombre total de boucles, multiplié par 100.
Ratios	
Anticipation générale (Apport off / dem cap)	Somme des transferts de l'officier vers le capitaine divisée par la somme des demandes adressées du capitaine vers l'officier.
Anticipation relative à l'élaboration ou au maintien d'une représentation partagée de la situation extérieure (Apport ME/dem ME).	Somme des transferts relatifs à MAINT-EXT divisée par la somme des demandes relatives à MAINT-EXT.
Anticipation relative à l'élaboration ou au maintien d'une représentation partagée de la situation propre au navire (Apport MI/dem MI).	Somme des transferts relatifs à MAINT-INT divisée par la somme des demandes relatives à MAINT-INT.
Anticipation relative à l'élaboration ou au maintien d'une représentation partagée du plan (Apport MP/ dem MP).	Somme des transferts relatifs à MAINT-PLAN divisée par la somme des demandes relatives à MAINT-PLAN.

L'énoncé de ces indicateurs permet d'affiner l'hypothèse générale précédemment posée.

Les groupes enregistrant une performance insuffisante se distingueront des autres groupes en présentant plusieurs des caractéristiques suivantes :

- - un nombre plus faible de boucles par minute ;
- - un pourcentage plus élevé de boucles ouvertes ;
- - un faible taux d'anticipation.

4 RESULTATS

Les résultats sont présentés en deux sections distinctes. La première expose les résultats des groupes en termes de performance. La seconde présente les résultats de l'analyse des communications puis établit les relations existant entre les caractéristiques de la performance et celles des communications.

4.1 Performances des groupes

Cinq groupes se caractérisent par une performance jugée faible tant du point de vue de la performance (le navire n'a pas atteint la zone de mouillage) que du point de vue de la sécurité : le navire a subi un abordage ou un échouement (performance très faible) ou bien il est passé très d'un autre navire ou a heurté une bouée (performance faible).

Sept groupes se distinguent, à l'inverse, parce qu'ils réalisent une performance adéquate et / ou élevée sur les deux critères.

Les sept autres groupes enregistrent une performance faible sur l'un des critères. Leur performance globale peut donc être qualifiée de « mitigée ».

4.2 Analyse des communications

En ce qui concerne les communications, l'analyse a consisté à calculer des valeurs centrées-réduites pour chacune des variables, puis à mettre en évidence les groupes qui enregistrent des valeurs extrêmes :

- Valeurs extrêmes jugées « non satisfaisantes » (en orange sur le Tableau 3) : faible nombre de boucles par minute (valeur inférieure à -1), pourcentage important de boucles ouvertes (valeur supérieure à 1), faible anticipation générale et faible anticipation relative à l'élaboration et à la maintenance d'une représentation partagée de la situation extérieure, de la situation interne et du plan (valeurs inférieures à -1), proportion importante de boucles ouvertes relatives à l'élaboration ou la maintenance de la représentation partagée (valeurs supérieure à 1).
- Des valeurs jugées « bonnes » (en vert sur le Tableau 3): nombre important de boucles par minutes (valeurs supérieures à 1), faibles proportions de boucles ouvertes (valeurs inférieures à -1), forte anticipation (valeurs supérieure à 1).

La lecture du tableau 3 montre que les groupes G1, G3, G7 et G16, qui obtiennent des performances faibles, se distinguent des autres en enregistrant des valeurs extrêmes jugées « non satisfaisantes » pour deux indicateurs au moins. Ces quatre groupes enregistrent, au total, 14 valeurs extrêmes jugées « insatisfaisantes ».

A l'inverse, les groupes qui obtiennent des performances satisfaisantes (G2, G6, G8, G9, G12, G13, G14 et G18) n'enregistrent que 3 valeurs extrêmes de ce type.

La relation entre les indicateurs de la communication et la performance apparaît clairement pour la plupart des groupes.

Un test de Kruskal-Wallis par rangs montre que la relation entre performance (faible, mitigée, ou élevée) et qualité de la communication (jugée au regard du nombre de valeurs extrêmes « non satisfaisantes ») est significative, $H(2,19) = 7.27$, $p = .026$. Les groupes dont la performance est faible

obtiennent plus souvent que les autres des scores extrêmes jugés « non satisfaisants » pour les variables caractérisant la communication au sein de l'équipe.

Tableau 3 - Valeurs prises, pour chacun des groupes, par les différents indicateurs de communication.

Nota : les cases vides correspondent à des divisions par zéro

-	> 1	< 1	> 1	> 1	> 1	< 1	> 1	> 1	< 1	> 1	> 1	< 1
NS	< 1	> 1	< 1	< 1	< 1	> 1	< 1	< 1	> 1	< 1	< 1	> 1
N° de groupe	Nbre de boucles / min	% de Boucles ouvertes	App. Off / dem Cap	App.MI / min	Apport MI / dem MI	% de boucles MI BO	Apport ME / min	Apport ME / dem ME	% de boucles ME BO	Apport de MP / min	Apport MP / dem MP	% de boucles MP BO
G1	0,43	3,27	-0,02	0,67	1,20	1,53	-1,25	-0,68	-0,88	-1,80	-1,67	-0,73
G2	0,49	-0,56	0,24	1,29		-0,07	-0,10	-0,63	-0,38	0,14		-0,15
G3	-2,75	0,01	-0,96	-0,92		-0,61	-0,20	-0,40	2,08	-0,97	-0,33	1,62
G4	-0,17	-0,32	-0,62	-1,38		-1,04	-0,33	-0,09	0,01	0,46	-0,27	-1,10
G5	1,26	0,03	0,58	-0,54	-0,41	0,15	2,08	3,09	0,87	2,37	1,57	0,70
G6	0,02	1,51	-0,08	-0,92		-0,96	0,93	-0,35	0,89	0,57	-0,40	0,56
G7	0,71	0,48	1,19	0,79	-0,41	1,63	1,50		1,62	-0,86		-1,14
G8	1,05	0,20	-0,88	-0,04	0,13	-1,17	-1,00	-0,56	-1,30	-0,91	-0,90	-0,05
G9	-1,16	-0,10	-0,43	1,71		1,57	0,30		0,30	-0,71	0,62	-0,17
G10	-1,07	-0,70	3,14	-0,17	1,73	1,97	-0,50		-1,02	-0,97		-1,81
G11	0,56	-0,79	-0,25	0,96		-0,78	0,35	0,03	0,03	0,40	-0,14	-0,74
G12	-0,75	-0,75	-0,68	1,42	1,47	-0,97	-0,65	-0,80	-1,13	0,51	0,43	0,53
G13	1,18	0,43	0,19	0,38	-0,94	0,26	2,08	1,13	-0,10	2,69	1,88	0,98
G14	0,10	-0,76	-0,02	0,83	-0,54	0,05	-0,38		-0,28	-0,14	0,62	-0,02
G15	0,16	-0,56	-0,88	-0,04	0,93	-0,33	0,23	-0,36	0,36	-0,77	-1,00	-1,01
G16	1,41	0,46	-1,08	-1,50	-1,34	-0,95	-0,73	-0,56	0,92	0,43	-1,00	1,81
G17	-1,02	-0,19	1,03	-1,04	-0,67	0,08	-0,50	0,50	0,51	-0,14	1,38	1,30
G18	0,56	-0,73	-0,48	-0,13	-0,41	-0,50	-0,65	0,26	-1,27	0,31		-0,53
G19	-0,20	-0,90	-0,10	-0,88	-0,76	0,19	-1,10	-0,56	-1,25	0,80		-0,06

Il convient cependant de souligner le cas particulier d'un groupe, pour lequel les caractéristiques de la communication ressortent en positif alors qu'il enregistre une performance très faible puisque le navire s'est échoué. Dans ce cas, le recours à l'auto-confrontation prend tout son sens. Elle montre que l'équipe fonctionnait bien, avec une répartition claire des tâches, l'officier conduisant le navire, le capitaine s'occupant de la navigation et des communications. A un moment délicat, alors qu'une alarme sondeur signale que le navire s'approche des hauts fonds, le capitaine décide de reprendre lui-même la manœuvre et laisse subitement l'officier reprendre la navigation, sans préparation. Ici, c'est un changement de fonction à un moment critique qui a entraîné une rupture soudaine du champ commun.

Après avoir testé la normalité des distributions à l'aide du test de Kolmogorov-Smirnov, des tests de Student ont été réalisés pour les distributions normales, dans le but de comparer les valeurs obtenues par les groupes peu performants et les autres. Les résultats sont non significatifs pour tous

les indicateurs de communication, à l'exception de la proportion de boucles ouvertes relatives à la maintenance de la représentation de la situation extérieure ($t(17) = 2.84, p = 0.011$).

5 DISCUSSION

L'étude présentée ici poursuivait deux objectifs : *a)* identifier des indicateurs des processus cognitifs d'équipe, *b)* valider leur pertinence en montrant qu'ils constituent des prédicteurs de la performance des équipes.

Nous avons fait le choix d'extraire ces indicateurs des communications s'établissant entre les membres d'un équipage de trois personnes et, notamment, des communications s'établissant entre l'officier et le capitaine. L'analyse des communications nous permet d'aborder certaines des compétences non techniques qui sont au cœur du CRM (compétences listées par Flin et al., 2003) et, notamment, la construction de la représentation mentale. De plus, une communication en boucles fermées apparaît comme étant un des mécanismes de coordination centraux pour la réalisation d'un travail d'équipe efficace (Salas et al., 2005).

Les résultats obtenus montrent que les indicateurs retenus sont pertinents. L'analyse des boucles de communication en termes de flux, de type (boucles fermées vs boucles ouvertes) et d'activité coopérative sous-jacente permet effectivement de discriminer la plupart des groupes dont la performance a été jugée insuffisante. Prendre en compte les activités coopératives au travers du schème de codage proposé par Hoc (2001) et Hoc et Carlier (2002) apporte un plus par rapport aux analyses de flux classiques, puisqu'on voit apparaître une relation significative entre la proportion de boucles ouvertes relatives à l'élaboration ou au maintien de la représentation de la situation extérieure et la performance de l'équipe.

L'étude réalisée suggère des applications potentielles pour l'évaluation de la performance des étudiants en marine marchande par le lien significatif mis en évidence entre une défaillance au niveau de la communication intra-équipe et une défaillance en terme de sécurité et de réussite de la mission. En effet, l'exercice auquel ont été soumis les étudiants était complexe et difficile. La communication était nécessaire. Dans des situations plus simples, un défaut de communication a peu d'impact sur la réussite de la mission, et une équipe faiblement coordonnée peut faire illusion. Noter simplement la performance obtenue par le navire n'est donc pas suffisant pour évaluer la qualité du travail d'équipe. En revanche, cette expérimentation tend à montrer qu'un bon travail d'équipe, du moins celui dont témoigne les paramètres surveillés ici, est prédictif d'une bonne performance du navire. Evaluer la qualité du maintien d'une représentation mentale partagée pourrait permettre aux formateurs d'évaluer, dans un exercice simple, la capacité d'une équipe à résister à l'éventuelle dégradation de la coordination et conserver une performance correcte pour le navire en situation dynamique complexe.

Cependant, les résultats obtenus laissent penser que les indicateurs considérés ne sont pas suffisants pour cerner totalement la cognition d'équipe. Il convient donc de débattre de l'intérêt et des limites des indicateurs proposées. L'étude réalisée présente, en elle-même, également des limites qui seront discutées ; elle ouvre la voie à des analyses complémentaires dont les grandes lignes seront exposées.

5.1 Intérêts et limites des indicateurs proposés

L'étude montre que la plupart des groupes dont la performance n'est pas satisfaisante ont adopté un mode de communication qui présente des défaillances. Ces défaillances sont diverses et apparaissent au travers les valeurs prises par plusieurs des variables considérées. Il s'agit d'un faible volume de communication, d'une proportion importante de boucles ouvertes portant sur des points importants (situation extérieure, situation interne, définition du plan), d'un manque de pro activité. Il faut noter que ces groupes présentent des patterns de défaillance différents. Ce constat amène à

dire qu'il faut considérer plusieurs indicateurs pour pouvoir évaluer la qualité du processus de communication.

Pour ces différents indicateurs, les groupes dont la performance est satisfaisante ou très satisfaisante enregistrent essentiellement des valeurs moyennes. Il faut donc, pour une tâche donnée, pouvoir comparer les groupes entre eux. Les seuls indicateurs pour lesquels il serait possible de considérer des valeurs absolues sont les ratios ou indicateurs d'anticipation ; une valeur inférieure à 1 indiquant, en effet, qu'il y a plus de demandes que d'apports.

D'autres aspects, qui peuvent également constituer des prédicteurs de la performance, n'ont pas été pris en compte dans cette étude. Il s'agit du leadership et des compétences managériales ainsi que des caractéristiques de coopération liées à la considération, à l'aide apportées à autrui, à la surveillance mutuelle. Par ailleurs, l'analyse réalisée met en évidence le processus de construction d'une représentation partagée de la situation, des buts et des plans mais elle ne permet pas de vérifier que cette représentation est exacte. Les membres de l'équipe peuvent se mettre d'accord sur des informations fausses et, de ce fait, échouer.

Cette lacune peut expliquer les résultats contradictoires obtenus pour le groupe 5. Elle peut être comblée, comme on l'a vu, par l'analyse d'entretiens d'auto-confrontation et / ou par la comparaison du processus de construction du COFOR avec un modèle de la tâche.

5.2 Limites de l'étude et perspectives

La limite de l'étude menée réside dans la petite taille de l'échantillon ; il est composé de 19 groupes, c'est-à-dire de 19 individus au sens statistique du terme. Elle est liée également à la nature des variables analysées. La littérature portant sur la communication d'équipe laisse penser, en effet, que des performances faibles peuvent être associées à trop peu ou trop d'interactions.

Il serait intéressant de réexaminer les données en considérant les boucles de communication comme des "individus" et en les mettant en parallèle avec des indicateurs de performance plus locaux déduits d'une analyse fine de la tâche. Il serait également intéressant, à cette occasion, de distinguer différents types de boucles fermées, selon les interactions de fermeture (simple accusé de réception, apport d'une réponse à la question, apport d'une réponse partielle, apport d'une information plus riche que la question posée). Bowers et al. ont montré, en effet, qu'il y avait une relation entre des patterns de communication spécifiques et la performance des équipes (Bowers, Jentsch, Salas & Braun, 1998).

Il serait intéressant, enfin, de prendre en compte la variabilité intra-équipe et de considérer la participation au maintien du champ commun réalisé par le barreur. Mais il faudrait, là encore, pour descendre à ce niveau d'analyse, disposer d'un échantillon plus important.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Amalberti, R., Masson, M., Merritt, A., Pariès, J., & al. (2001). *BRIEFINGS, facteurs humains pour les pilotes et les professionnels de l'aéronautique, version 6*. Rungis: Editions Jean Mermoz.
- Bowers, C. A., Jentsch, F., Salas, E., & Braun, C. C. (1998). Analyzing communication sequences for team training needs assessment. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 40(4), 672-679.
- Chauvin, C., Lardjane, S., Morel, G., Clostermann, J. P., & Langard, B. (2013). Human and organisational factors in maritime accidents: Analysis of collisions at sea using the HFACS. *Accident Analysis & Prevention*, 59, 26-37.
- Cooke, N. J., Gorman, J. C., & Kiekel, P. A. (2008). Communication as Team-Level Cognitive Processing. Dans M. P. Letsky, N. W. Warner, S. M. Fiore, & C. Smith, *Macro cognition in Teams* (pp. 51-64). Aldershot: Ashgate.

- Cooke, N. J., Salas, E., Kiekel, P. A., & Bell, B. (2004). Advances in Measuring Team Cognition. Dans E. Salas, & S. M. Fiore, *Team Cognition: Understanding the Factors that Drive Process and Performance* (pp. 83-106). Washington D.C.: American Psychological Association.
- Entin, E. E., & Entin, E. B. (2001). Measures for Evaluation of Team Processes and Performance in Experiments and Exercises. *Proceedings of the 6th International Command and Control research and Technology Symposium*. Annapolis.
- Flin, R., Martin, L., Goester, K. M., Hörman, H. J., Amalberti, R., Valot, C., et al. (2003). Development of the NOTECHS (non technical skills) System for Assessing Pilots' CRM Skills. *Human Factors and Aerospace Safety* 3(2), 95-117.
- Härgestam, M., Lindkvist, M., Brulin, C., Jacobsson, M., & Hultin, M. (2013). Communication in Interdisciplinary Teams: Exploring Closed-Loop Communication during in situ Trauma Team Training. *BMJ Open*, 3:e003525. Doi: 10.1136/bmjopen-2013-003525.
- Hoc, J.-M. (2001). Towards a Cognitive Approach to Human Machine Cooperation in Dynamic Situations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 54, 509-540.
- Hoc, J.-M., & Carlier, X. (2002). Role of a Common Frame of Reference in Cognitive Cooperation: Sharing Tasks between Agents in Air Traffic Control. *Cognition, Technology & Work*, 4, 37-47.
- Mathieu, J. E., Heffner, T. S., Goodwin, G. F., Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. (2000). The influence of Shared Mental Models on Team Process and Performance. *Journal of Applied Psychology*, 85, 273-283.
- Parush, A., Kramer, C., Foster-Hunt, T., Momtahan, K., Hunter, A., & Sohmer, B. (2011). Communication and team situation awareness in the OR: Implications for augmentative information display. *Journal of biomedical informatics*, 44(3), 477-485.
- Salas, E., Dickinson, T. L., Converse, S., & Tannenbaum, S. I. (1992). Toward an Understanding of Team Performance and Training. Dans R. W. Swezey, & E. Salas, *Teams: Their Training and Performance* (pp. 3-29). Norwood, N.J.: Ablex.
- Salas, E., Sims, D. E., & Burke, C. S. (2005). Is there a "big Five" in Teamwork? *Small Groups Research*, 36, 555-599.
- Salas, E., Rosen, M.-A., Shawn Burke, C. S., Nicholson, D., & Howse, W. R. (2007). Markers for Enhancing Team Cognition in Complex Environments: The Power of Team Performance Diagnosis. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 78, B77-B85.
- Wilson, K. A., Salas, E., Priest, H. A., & Andrews, D. (2007). Errors in the Heat of Battle : Taking a Closer Look at Shared Cognition breakdowns through Teamwork. *Human Factors. Special Issue: Classifying and Understanding Human Error* 49(2), 243-256.

Automatisation de la conduite automobile : suppression ou transformation de l'activité du conducteur ?

Céline Poisson

Université Paris 8, Laboratoire Paragraphe/ Équipe C3U-2 rue de la Liberté 93200 Saint Denis, France
Institut de Recherche Technologique System X – 8 Avenue de la Vauve, 91120 Palaiseau, France
VeDeCoM – 77 Rue des Chantiers, 78000 Versailles, France
celine.poisson@vedecom.fr

Stéphane Safin

Université Paris 8, Laboratoire Paragraphe/ Équipe C3U-2 rue de la Liberté 93200 Saint Denis, France
stephane.safin@univ-paris8.fr

Jean François Forzy

VeDeCoM – 77 Rue des Chantiers, 78000 Versailles, France
Renault – 1 Avenue du Golf, 78280 Guyancourt, France
jean-francois.forzy@renault.com

Sabine Langlois

Institut de Recherche Technologique System X – 8 Avenue de la Vauve, 91120 Palaiseau, France
Renault – 1 Avenue du Golf, 78280 Guyancourt, France
sabine.langlois@irt-systemx.fr

Françoise Decortis

Université Paris 8, Laboratoire Paragraphe/ Équipe C3U-2 rue de la Liberté 93200 Saint Denis, France
francoise.decortis@univ-paris8.fr

Anne Bationo-Tillon

Université Paris 8, Laboratoire Paragraphe/ Équipe C3U-2 rue de la Liberté 93200 Saint Denis, France
anne.bationo-tillon@univ-paris8.fr

RÉSUMÉ

Cette étude s'intéresse à comprendre l'activité du conducteur lorsqu'il est placé dans un véhicule autonome, de niveau 3 (NHTSA), qui permet au conducteur de se libérer, pour un temps donné, de la conduite afin de s'investir dans d'autres tâches de vie à bord. Nous comparons les activités de conduite manuelle et autonome prenant place dans un simulateur de conduite, en observant principalement la quantité et la variété des activités de vie à bord (lecture, téléphone, etc.), ainsi que les regards portés sur l'environnement routier simulé, via les rétroviseurs. Nous montrons que le conducteur, en situation de conduite autonome, augmente le temps passé à effectuer des activités de vie à bord, mais mobilise néanmoins de nombreuses activités résiduelles de conduite (contrôles sur le comportement du véhicule). Nous montrons que ces activités de contrôle changent de nature : les contrôles latéraux diminuent en fréquence, alors que les contrôles longitudinaux sont maintenus à une fréquence équivalente. Nous concluons sur les implications de notre étude pour la conception de véhicules autonomes.

MOTS-CLÉS

Véhicule autonome, simulateur automobile, test utilisateur, conduite automobile, paradoxe de conception.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

1 INTRODUCTION

La conception de véhicules autonomes représente un tournant mondial dans le domaine de l'automobile. Le principe du véhicule autonome est de déléguer, tout ou partie de la tâche de conduite, traditionnellement prise en charge par le conducteur, vers le véhicule. L'automatisation des véhicules est un objectif ambitieux inscrit comme l'un des 34 plans de la nouvelle industrialisation du gouvernement français, la Nouvelle France Industrielle (NFI) (Ministère des finances et des comptes publics (2014)). Ce véhicule va bouleverser les habitudes de conduite qui sont les nôtres, c'est la raison pour laquelle les concepteurs s'intéressent à l'expérience de conduite vécue par le conducteur. Il existe plusieurs degrés d'automatisation possible, de l'assistance partielle (ex. ABS) à la délégation complète. Dans notre étude, nous nous intéressons au véhicule autonome de niveau 3 (classification de la NHTSA ; Trimble et al, 2014), qui permet au conducteur de se libérer, pour un temps donné, de la conduite afin de s'investir dans d'autres tâches de vie à bord (lecture, vidéo, détente, etc).

À l'heure actuelle, ce type de véhicule n'est pas encore autorisé à rouler sur les routes françaises. Il est dès lors impossible d'observer les usages de ce type de dispositif en situation, ni de comprendre l'activité réelle de conduite autonome, étant donné que cette dernière n'existe pas encore. C'est ce que l'on appelle le « paradoxe de la conception » (Theureau et Pinsky, 1984). « Il s'agit de produire quelque chose qu'on ne connaît pas encore : au début on sait peu de chose sur la situation future » (Béguin, 2004). À mesure que le projet avance, les équipes la connaissent de mieux en mieux, mais disposent de moins en moins de marges de manœuvre pour influencer la conception (Midler, 1996). Il est nécessaire dès lors, et c'est un des rôles dont l'ergonome doit se saisir, de trouver des situations de référence qui permettent d'anticiper au plus tôt les usages, comportements, conduites des futurs utilisateurs d'un produit en cours de conception. Dans le contexte particulier qui est celui de la conduite autonome, et compte tenu des difficultés mentionnées, deux situations de référence sont mobilisées :

- - Des tests sur piste, où le véhicule est testé par un pilote dans des conditions contrôlées. Cependant, ces situations de conduite sur piste sont beaucoup moins riches que les situations de conduite sur route (environnement, interaction) et leur mise en place coûte très cher.
- - Des tests sur simulateur qui permettent de simuler des situations de conduite plus riches. Mais ces simulations soulèvent des questions quant aux limites en termes de réalisme dans le comportement des conducteurs.

Notre étude, qui a été menée au sein de l'Institut de Recherche Technologique System X dans le cadre du projet « Localisation et Réalité Augmentée », se situe dans le deuxième contexte, celui des simulateurs de conduite. Notre objectif est de comprendre et de documenter l'activité de conduite autonome, d'anticiper les usages largement en amont de la conception, et de voir en quoi la délégation de conduite engendre une modification des activités cognitives et des comportements des usagers. En effet, la situation de conduite autonome constitue une situation nouvelle dans le domaine de la conduite automobile : le conducteur est libéré de l'activité de conduite, pour lui permettre d'effectuer d'autres activités (lire, téléphoner, etc.). Nous pensons cependant que la délégation de conduite induit, à l'instar d'autres processus dynamiques, des modifications de l'activité de conduite plutôt qu'une suppression pure et simple de cette activité. Ce sont ces transformations que nous cherchons à identifier. Notamment, nous cherchons à identifier quelles sont les activités résiduelles de conduite qui subsistent malgré l'automatisation, dont la philosophie consiste à supprimer toute activité de conduite.

Pour ce faire, nous avons mis en place une expérimentation dans laquelle des conducteurs étaient amenés à effectuer un parcours dans un simulateur de conduite automobile en situation de conduite manuelle, puis à reproduire le parcours dans une situation de conduite autonome. Nous comparons ces situations et montrons en quoi elles diffèrent, et en quoi la conduite autonome ne libère pas son conducteur, mais génère de nouvelles activités de supervision du système.

Après avoir exposé le cadre théorique dans lequel s'inscrit notre recherche, nous présenterons la méthodologie nous ayant permis de répondre à notre question de recherche. Enfin, nous discuterons des résultats obtenus et des perspectives de recherche.

2 CADRE THEORIQUE

La conception/commercialisation d'un véhicule autonome est désormais l'un des objectifs de nombreux chercheurs et de nombreux constructeurs automobiles. Ces travaux s'appuient notamment sur des études permettant de mieux comprendre l'activité de conduite automobile et mettent en avant des résultats concernant une automatisation de plus en plus accrue des véhicules. Nous avons alors souhaité positionner notre étude comparativement aux autres travaux réalisés. Ces derniers sont effectués à partir d'analyses expérimentales où les activités de vie à bord sont imposées (que ce soit la réalisation ou encore le type d'activité). Notons également qu'ils ont été réalisés sur des simulateurs de véhicule autonome parfois nettement moins immersifs (trois écrans et une assise avec un volant) que le simulateur que nous avons utilisé (cf. 4.2 Simulateur et conduite automatisée). Enfin, la plupart des résultats existants proviennent d'études réalisées sur des véhicules autonomes (simulés) de niveau 2 (selon la NHTSA) ; c'est à dire que le contrôle du véhicule et par conséquent la sécurité de conduite restent à la charge du conducteur.

2.1 L'activité de conduite automobile

Parmi les premiers travaux cherchant à comprendre l'activité de conduite, Gibson et Crooks (1938) la définissent comme une tâche de guidage, au cours de laquelle le conducteur cherche à maintenir son véhicule dans un « champ de sécurité » et se représente l'espace dans lequel le véhicule peut évoluer sans risque de collision, en fonction des différents obstacles présents le long de son itinéraire. Plus tard, différents auteurs ont proposé une hiérarchisation de la conduite automobile que Michon (1985) a formalisé avec une modélisation à trois niveaux :

- - Le niveau stratégique, qui définit les choix généraux que fait le conducteur sur la planification du parcours, le choix de l'itinéraire. Ces choix requièrent un investissement cognitif élevé, et se font à long terme.
- - Le niveau tactique définit les décisions d'effectuer différentes manœuvres comme un évitement d'obstacle, une prise de virage, ou un dépassement. Ces manœuvres doivent répondre aux objectifs définis au niveau stratégique, mais peuvent également, occasionnellement, contraindre ces objectifs à évoluer. Ces décisions se prennent en l'espace de quelques secondes, et requièrent peu de réflexion.
- - Le niveau opérationnel. Ce niveau définit l'exécution des objectifs fixés aux niveaux supérieurs, ramenés au niveau des contrôles du véhicule (accélération, freinage, changement de vitesse, etc.), dans le but d'effectuer la manœuvre choisie. La durée d'opération est ici de l'ordre de quelques millisecondes.

2.2 Impact de l'automatisation

Selon Bainbridge (1983), l'objectif classique de l'automatisation est de remplacer l'activité de contrôle manuel, la planification et la résolution de problèmes par l'homme par des dispositifs automatiques et des ordinateurs. Cependant, le paradoxe de l'automatisation est que ces systèmes automatisés requièrent des activités indispensables de surveillance, de réglage, de maintenance et d'amélioration de la part de l'homme. Pour l'auteur, l'ironie de cette automatisation est qu'il incombe à l'opérateur de faire les tâches que le concepteur n'a pas pensé à automatiser. Cela revient à surveiller que le système automatique fonctionne correctement et à intervenir lorsque le système dysfonctionne. Freyssenet (1984) met en avant que l'automatisation supprime les tâches ou fonctions déqualifiées et pénibles pour ne laisser à l'homme que celles qui requièrent une compétence élevée et une qualification supérieure. Cela rejoint le point de vue de Bainbridge (1983) selon lequel en enlevant les dimensions faciles de la tâche, l'automatisation peut rendre les dimensions difficiles de la tâche encore plus difficiles.

Les dernières études ont été réalisées sur des véhicules autonomes de niveau 2 (selon la NHTSA). Comme Bainbridge le mettait en avant, le conducteur était toujours responsable du comportement de son véhicule et devait reprendre le contrôle en cas de dysfonctionnement. Merat et al (2012) ont étudié l'effet de la conduite autonome sur le comportement du conducteur. Leurs résultats montrent que les conducteurs répondent de manière similaire à un incident critique (ici, effectuer un changement de voie, ou freiner afin d'éviter une collision avec un véhicule à l'arrêt) en conduite manuelle et en conduite hautement automatisée. Néanmoins, on observe des différences de réponse, face à l'incident critique, entre ces deux modes de conduites, lorsque le conducteur effectue une « activité de vie à bord » (ici le conducteur devait répondre à des questions). Néanmoins, ces auteurs mettent en avant que l'automatisation élevée du véhicule n'aurait pas d'effet sur la conduite si l'attention n'était pas détournée vers une tâche secondaire, ou activité de vie à bord.

Au contraire, Kaber et Endsley (2004) ont mis en avant que le niveau d'automatisation avait un effet sur les performances de la tâche primaire (de meilleures performances avec un faible niveau d'automatisation). Le niveau d'automatisation aurait aussi un effet sur la conscience de la situation qui serait meilleure avec un niveau d'automatisation moyen ; mais il aurait peu d'effet sur la charge mentale. Ces auteurs soulignent également que le temps de l'automatisation est un facteur important à prendre en compte. Plus le temps d'automatisation augmente, plus la charge mentale diminue et, ce qui semble logique, plus les performances de la tâche secondaire augmentent. Néanmoins, il semble qu'une automatisation à plein temps ait des effets négatifs sur la charge mentale.

2.3 Système dynamique : supervision et contrôle

La conduite automobile est un processus dynamique complexe mettant en jeu différentes modalités sensorielles, nécessitant des adaptations contextuelles permanentes (Villame, 2004). Samurçay et Hoc (1988) définissent un environnement dynamique comme étant un système, sur lequel le sujet agit directement ou non, et dont les propriétés vont être modifiées indépendamment des actions propres de ce dernier ; à l'inverse d'un environnement statique. Compte tenu de ces caractères imprévisibles, incertains et comportant de nombreuses variables en interaction (Vicente et al 2004), l'opérateur ne contrôle que partiellement la situation. Pour pallier ce « manque de contrôle » il doit alors disposer, autant que possible, d'une représentation de la situation et l'actualiser en permanence afin de la maintenir dans des limites acceptables. La représentation que les opérateurs se construisent de la situation occupe une place centrale dans l'activité de gestion d'un environnement dynamique (Vicente et al., 2004). La mise à jour de cette représentation pourra se faire de façon automatique ou plus orientée par l'opérateur. Selon Neboit (1982), le conducteur reçoit de l'information qui va lui permettre de prendre des décisions. Il pourra mener son action si les informations sont suffisantes ou au contraire, rechercher d'autres informations si ce n'est pas le cas. Il définit deux types de prélèvement d'informations : le prélèvement d'informations non recherché (nouvel indice restructurant les prévisions du sujet) et le prélèvement d'information recherché (déployée pour valider ou infirmer les hypothèses du sujet). Ces deux notions peuvent être, respectivement, comparées aux notions de détection automatique (processus rapide, parallèle, ne demandant pas d'effort de la part du sujet et n'étant pas sous son contrôle) et de recherche contrôlée (processus lent, en série, exigeant un effort de la part du sujet et utilisé de manière consciente par ce dernier) mis en lumière par Shiffrin et Schneider (1984).

Neboit (1982) a différencié deux types de contrôles sur l'environnement routier : le contrôle en situation problème et le contrôle de routine. Les contrôles en « situation-problème » sont effectués lorsque l'apparition d'un événement est probable ; ils sont orientés par rapport aux hypothèses faites par l'opérateur sur l'événement attendu. Ils sont notamment caractérisés par des regards dans le rétroviseur central lors d'un ralentissement ou les rétroviseurs extérieurs lors d'un changement de trajectoire. Les « contrôles de routine », eux, ne sont pas orientés vers des informations spécifiques ;

ils permettent « d'explorer » systématiquement certains paramètres sans être dirigés par des hypothèses de la part des opérateurs. Il s'agit par exemple de contrôle effectué dans le rétroviseur qui informe le conducteur sur la situation à l'arrière du véhicule (présence/absence d'autre véhicule). Neboit nomme cette activité de « surveillance diffuse ».

3 QUESTIONS DE RECHERCHE

Nous souhaitons comprendre les transformations de l'activité de conduite, dans des situations automatisées (conduite autonome). Alors que les études des situations dynamiques montrent bien que l'automatisation du travail de l'opérateur transforme son activité opératoire en une activité de contrôle, et que ce contrôle prend des formes différentes, la philosophie du véhicule autonome poursuit justement l'objectif inverse. Il s'agit, en effet, de libérer le conducteur de toute tâche relative à la conduite, aussi bien en termes d'opérations qu'en termes de contrôles.

Nous faisons deux hypothèses :

- - Durant la conduite autonome, les conducteurs vont conserver des actions de surveillance de la situation et de contrôle du comportement du véhicule, ce qui va les limiter dans la réalisation d'activités de vie à bord malgré l'automatisation de niveau 3 du véhicule.
- - Ces activités de contrôle de la part du conducteur vont cependant changer de statut lors de la conduite autonome, compte tenu qu'il n'a plus la main sur la conduite.

4 METHODOLOGIE

Pour vérifier nos hypothèses, nous avons analysé l'activité des conducteurs en situation de conduite autonome et celle en situation de conduite manuelle. Ces analyses ont été menées à partir de tests utilisateurs réalisés sur simulateur qui nous ont permis de comparer les deux situations et ainsi d'en dégager les écarts. Deux indices comportementaux ont été particulièrement relevés pour répondre à nos questions : la durée, la quantité et la fréquence des activités de vie à bord (et leurs interruptions), et les prises d'informations explicites dans les rétroviseurs, comme indices des types de contrôles mis en œuvre.

4.1 Participants

La présente étude a été menée auprès de salariés volontaires au Technocentre Renault (Guyancourt, France). Ils ont été recrutés suite à un questionnaire auquel ils avaient répondu pour créer une base de données. Nous avons contacté les conducteurs qui avaient un attrait pour la conduite autonome, l'habitude de conduire sur des trajets d'autoroute embouteillée et à qui il arrivait de réaliser des activités de vie à bord en conduisant. Seize participants (3 femmes, 13 hommes), âgés de 25 à 57 ans (âge moyen : 47 ans), ont alors participé à l'étude. Les participants parcourent en moyenne 27 000 km par an avec leur véhicule. Dix-huit conduisent un véhicule avec boîte manuelle, un participant avec boîte automatique et deux participants conduisent régulièrement avec les deux. Deux participants nous ont permis de réaliser des pré-tests (leurs résultats n'ont donc pas été pris en compte) ; nous avons donc pu analyser l'activité de quatorze participants.

4.2 Simulateur et conduite automatisée

C-CARDS (voir photo 1) est un simulateur de conduite dynamique (utilisé en statique pour notre expérience) développé par le Centre de Réalité Virtuelle de Renault. Trois projecteurs offrent un champ de vision horizontal de 240°. Des écrans LCD assurent la vue arrière des rétroviseurs extérieurs. La vue arrière du rétroviseur central est projetée sur la scène de conduite. Le simulateur est équipé du logiciel de simulation SCANeR® II, qui offre un environnement modulaire complet de simulation de conduite incluant les modules de génération d'images, modélisation dynamique du véhicule, génération de trafic, génération sonore, commande de plate-forme mobile, gestion des entrées/sortie du cockpit, et de nombreux outils de préparation et d'exploitation

d'expérimentations. L'automatisation du véhicule repose sur un système de pilotage qui contrôle à la fois le contrôle latéral et longitudinal du véhicule à une vitesse inférieure à 50 km/h et assure la gestion des transitions. Le scénario de conduite correspond à une conduite sur autoroute périurbaine embouteillée.

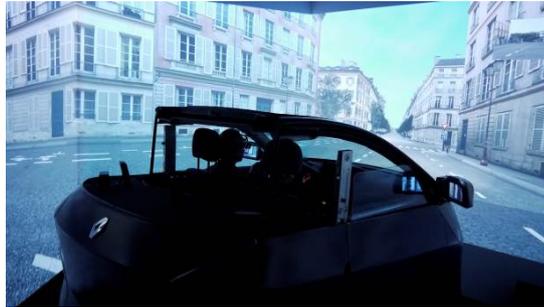


Photo 1 : C-CARDS : Simulateur de conduite dynamique chez Renault

En termes d'interaction, des véhicules s'inséraient et sortaient de l'autoroute (devant ou derrière le véhicule du conducteur), des véhicules effectuaient un dépassement puis se rabattaient devant le véhicule du conducteur et enfin, la vitesse des autres véhicules sur les différentes files n'était pas identique et variait au cours du temps.

La communication entre le système et le conducteur repose sur les principes suivants : lorsque toutes les conditions nécessaires à l'activation de la conduite autonome sont réunies (se placer sur la voie de droite par exemple), un message visuel (affiché sur la scène), accompagné d'une alerte sonore indique aux participants la disponibilité de la conduite autonome. L'interface développée est encore à un stade sommaire, ce qui explique l'affichage des messages dans la scène de conduite. Pour activer la conduite autonome, les participants doivent appuyer sur un bouton se situant sur le volant puis retirer leurs mains du volant à la demande du système. Notons que tous les messages visuels sont accompagnés d'une alerte sonore différente selon le message. Une fois la conduite autonome activée, et ce jusqu'à sa désactivation, un message visuel l'indique aux participants. Ils peuvent reprendre le contrôle du véhicule à tout moment en appuyant sur le bouton se trouvant sur le volant puis en remettant leurs mains sur le volant à la demande du système. À l'approche de la dernière sortie d'autoroute (fin du parcours), un message demande aux participants de reprendre le contrôle du véhicule. Si la reprise du contrôle du véhicule n'est pas effectuée avant la fin de la « zone » autonome, ce dernier s'arrête par mesure de sécurité. Ces procédures ont été définies pour les besoins de l'expérimentation, pour assurer un passage explicite et volontaire de la conduite manuelle à la conduite autonome et inversement. Ces dernières seront amenées à être modifiées/améliorées lors de prochaines études.

4.3 Procédures et matériel

Tous les participants ont passé deux tests de conduite d'un parcours similaire. Le premier test en conduite manuelle constitue à la fois un test de familiarisation au simulateur et une situation de référence pour la comparaison avec le second test, lequel comprend une étape en conduite autonome.

À l'arrivée des participants, l'objectif de notre expérience leur était expliqué, un cadre de confiance était établi et nous les invitons à rouler comme à leur habitude durant les tests. Nous avons également utilisé l'évocation d'une situation récente de conduite sur autoroute embouteillée afin que les participants se remettent le plus possible en situation. Pour le second test, le fonctionnement du système autonome était expliqué aux participants. Pour les deux tests, ils étaient informés de la possibilité de réaliser des activités de vie à bord en conduite manuelle (en fonction de leurs habitudes) et en conduite autonome s'ils le souhaitaient (sans obligation). Différents objets étaient présents dans le simulateur (tablette, magazine, journaux, bouteille d'eau, feuille blanche et

stylo) et nous leur avons proposé, s'ils le souhaitaient, de ramener des objets personnels leur permettant de réaliser des activités de leur choix et se rapprochant au plus de ce qu'ils seraient amenés à faire dans un éventuel futur véhicule autonome (téléphone : lecture d'email, de sms, jeux ; ordinateur professionnel : gestion de l'agenda ; calepin : rédaction, prise de notes ; tablette : information [télévision et article]).

Enfin, chacun des deux tests était suivi d'un entretien semi directif et d'autoconfrontation enregistré puis retranscrit. La procédure expérimentale durait environ 130 minutes. Les tests ont été enregistrés et retransmis en direct à l'aide de caméras infrarouges placées dans le simulateur. Nous avons alors pu analyser l'activité de conduite des conducteurs en direct et revenir sur les enregistrements afin de relever des dimensions de l'activité que nous ne pouvions pas retranscrire lors du test (comptabiliser le nombre de regards dans les rétroviseurs par exemple). Afin d'avoir un autre angle de vue, nous avons disposé une caméra derrière le conducteur qui nous a permis de réaliser des entretiens d'autoconfrontation avec les participants à la suite des tests.

4.4 Analyses

Pour répondre à nos questions de recherche, nous avons analysé deux indices comportementaux particuliers :

- - La réalisation d'activités de vie à bord comme la lecture, l'utilisation d'Internet, le visionnage de vidéos, etc. Nous avons comptabilisé le temps passé à réaliser ces activités, et l'avons mis en lien avec le temps de conduite et le temps de conduite autonome. De plus, nous avons systématiquement relevé la fréquence des interruptions de ces activités de vie à bord (brèves ou de plus de trois secondes), pour jeter un regard furtif sur la route par exemple. Ces activités peuvent nous fournir un premier indice de la confiance de l'opérateur dans la conduite autonome, et les interruptions témoignent du maintien d'une activité de contrôle par le conducteur.
- - Le nombre de regards dans les rétroviseurs (gauche, central, droit), afin de mieux comprendre la nature des activités de contrôle et de supervision portant sur l'environnement routier.

Les regards dans les différents rétroviseurs sont identifiés au travers des vidéos prises dans l'habitacle. (photos 2, 3, 4) ; Afin d'éviter toute ambiguïté, nous avons calibré nos observations pour chacun des sujets en demandant aux conducteurs d'effectuer un regard dans chaque rétroviseur avant de commencer la conduite. Les comparaisons ont été effectuées à l'aide de tests t de Student.



Photos 1, 2 et 3 : Conducteur effectuant un contrôle dans le rétroviseur latéral droit (à gauche), latéral gauche (à droite) et dans le rétroviseur central (au milieu).

5 RESULTATS

Les 14 participants ont effectué deux configurations de conduites : la première, en conduite manuelle uniquement, d'une durée de 15 minutes en moyenne ; et la seconde comprenait de la conduite manuelle (entrée sur l'autoroute et sortie) et de la conduite autonome, pour une durée totale de 14,8 minutes en moyenne, dont 11,8 minutes de conduite autonome (soit 80%).

5.1 Activité de Vie à Bord (AVB)

Tout d'abord, notons que tous les participants ont activé la conduite autonome. Cependant, durant le test comprenant de la conduite autonome, deux participants n'ont pas réalisé d'AVB leur demandant de quitter la route des yeux. Il nous semble important de mettre en avant ce constat étant donné que ces deux participants représentent tout de même 14% de notre échantillon. « *En fait, j'ai pas réussi à faire autre chose que surveiller la conduite. Prendre le téléphone... pas possible. Il n'y avait pas d'arrêt suffisamment long pour prendre le téléphone, commencer à regarder les textos. Ça roule toujours un petit peu. Il y a quand même toujours l'environnement à surveiller, du coup je n'ai pas pu faire quelque chose [...] on est quand même tout le temps entre 30 et 50 km/h donc ça roule suffisamment vite pour que je surveille ce qui se passe* » - « *C'est beaucoup plus reposant, même si je n'ai pas pris le journal. Il faut une confiance complète dans le système quand même [...] là je regardais tout le temps la route [...] C'est une supervision parce que je découvre le système, après si on s'en sert tous les jours je pense que je ne superviserai plus* ». Extraits d'entretien.

La notion de confiance dans le système a donc une grande importance dans la réalisation d'activité de vie à bord. Les autres participants ont réalisé en moyenne 5,8 minutes d'activité de vie à bord ce qui représente 39% sur les 15 minutes de conduite totale et 49% sur le temps de conduite autonome effective.

Une fois la conduite autonome activée, ils ont mis 1,49 minutes pour commencer une AVB.

Tableau 1 : Moyenne et médiane du temps passé à, et mis pour réaliser une AVB, durant la conduite autonome (AD : conduite autonome)

		Moyenne	Médiane
Temps passé à réaliser une AVB	Temps (en minutes)	5,8	5,8
	% du temps de conduite	39	39
	% du temps d'AD	49	51
Temps écoulé avant la réalisation d'AVB (après activation AD) (en minutes)		1,49	0,79

En moyenne, les participants ayant réalisé une AVB durant la conduite autonome l'ont interrompue, en relevant la tête, 33 fois en moyenne, ce qui représente un relevé de tête toutes les 11 secondes avec des interruptions de l'activité de plus de 3 secondes qui ont eu lieu en moyenne 9 fois, soit toutes les 38 secondes.

Les interruptions de l'activité de moins de trois secondes étaient en grande partie destinées à effectuer un bref regard sur la route et à effectuer une « mise à jour » superficielle de leur conscience de la situation. « *Je regardais de temps en temps ce qui se passait pour analyser la situation autour, vérifier que le véhicule avait bien un comportement adapté par rapport aux autres véhicules pour pouvoir agir si besoin* » Extrait d'entretien. Les interruptions prolongées (plus de 3 secondes), avaient également pour but de mettre à jour leur conscience de la situation.

Tableau 2 : Moyenne des interruptions de l'AVB en conduite autonome.

Nombre d'interruptions de l'AVB	Brèves	1/11s
	Prolongées (> 3 s.)	1/38s

Trois des participants ont réalisés des AVB durant les deux tests (comme ils ont l'habitude de le faire dans leur véhicule concernant la conduite manuelle). Nous avons comparé les interruptions de leurs activités de vie à bord en conduite manuelle et autonome. Comme nous pouvons nous y attendre, ils ont passé plus de temps à réaliser des activités de vie à bord en conduite autonome

qu'en conduite manuelle. Sans surprise, nous pouvons également remarquer que le nombre d'interruptions de ces activités (brèves et de plus de 3 secondes) ont diminué en conduite autonome par rapport à la conduite manuelle. Bien que ces interruptions soient moins fréquentes en conduite manuelle qu'en conduite autonome, leur nombre reste relativement important, témoignant du maintien d'une activité de supervision de la conduite par le conducteur.

5.2 Regards dans les rétroviseurs

Nous avons comparé les moyennes du nombre de regards effectués dans les rétroviseurs lors de la conduite manuelle et autonome, et ce, pour le rétroviseur gauche, central, droit mais également pour tous les rétroviseurs confondus (figure 1). En moyenne, les conducteurs effectuent significativement plus de regards au total (tous rétroviseurs confondus) dans l'activité en conduite manuelle que dans celle comprenant de la conduite autonome (83 vs 51, soit un rapport de 61% ; $p < 0.01$). Cependant, le nombre total de regards effectués dans la seconde activité reste conséquent, puisqu'il représente 61% du total des regards effectués en conduite manuelle. À noter que cette seconde activité comprend, comme évoqué plus haut, à la fois de la conduite manuelle et de la conduite autonome (pour un rapport moyen d'environ 20%-80%, respectivement).

Les regards dans les rétroviseurs gauche et droit suivent cette tendance, en étant moitié moins nombreux durant le second test (différence significative pour les deux rétroviseurs, $p < 0.01$). En revanche, les regards dans le rétroviseur central restent stables (23 et 20, différence non significative). Ces observations nous invitent à tirer plusieurs conclusions. Tout d'abord, alors que dans la seconde activité la conduite manuelle représente en moyenne 20% du temps de l'activité, on retrouve néanmoins 61% de regards. Cela témoigne, comme identifié précédemment, du maintien d'une activité de contrôle. Cependant, cette activité de contrôle n'est pas de même nature dans les deux situations : les regards dans les rétroviseurs latéraux diminuent fortement, alors que ceux dirigés dans le rétroviseur central restent stables.

Cette différence montre une différence dans la nature du contrôle : alors que le contrôle longitudinal (avant et arrière, positionnement et vitesse du véhicule) est maintenu, le contrôle latéral (vérification du positionnement latéral du véhicule dans la bande de circulation) diminue.

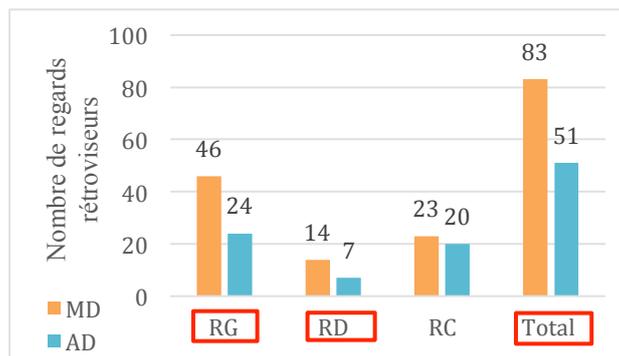


Figure 1 : Nombre moyen de contrôles effectués dans les différents rétroviseurs
 MD (Manual Driving) : Conduite manuelle ; AD (Autonomous Driving) : Conduite autonome
 RG : Rétroviseur gauche ; RD : Rétroviseur droit ; RC : Rétroviseur central
 : Différence significative ($p < 0,05$)

À noter aussi que les regards dans le rétroviseur gauche sont sans doute légèrement sur-représentés dans notre étude, du fait d'un léger défaut technique du simulateur. Plusieurs sujets, lors des entretiens, ont mentionné avoir été intrigués par ce rétroviseur et l'avoir regardé avec attention. Concernant le rétroviseur central, nous pouvons voir que le nombre effectif de regards orientés vers ce dernier est inférieur aux rétroviseurs latéraux. Cela peut être dû à son affichage dans

la scène, contrairement aux rétroviseurs latéraux qui étaient physiquement présents sur le simulateur.

6 DISCUSSION ET CONCLUSION

Notre étude montre que, contrairement à ce qui est défini par la NHTSA concernant l'utilisation de véhicule autonome de niveau 3, durant la conduite autonome, du point de vue du conducteur, l'activité de conduite n'est pas totalement déléguée au système. Bien qu'on observe une large augmentation des activités de vie à bord telles que la lecture, les conducteurs interrompent régulièrement ces activités pour effectuer des activités de supervision ; notamment en effectuant des contrôles dans les rétroviseurs.

En outre, nous remarquons que l'activité de contrôle change de nature : alors que les contrôles latéraux diminuent fortement, les contrôles longitudinaux sont maintenus à un niveau équivalent en conduite manuelle et autonome. Nous interprétons cette observation par le fait que les premiers viseraient à effectuer des contrôles de « situations-problèmes » alors que les seconds concerneraient plutôt de la supervision diffuse. Ainsi, le conducteur placé en situation de conduite autonome maintiendrait une surveillance régulière de l'état général de la route, mais ne se préoccuperait plus de la conduite en tant que telle ni de toutes les prises d'informations qui sont nécessaires pour y parvenir. Ces observations sont bien entendu à approfondir dans d'autres contextes (sur piste et en situation réelle notamment), de manière plus intensive et sur la durée, l'habitation à la conduite autonome pouvant modifier les comportements des conducteurs.

Notre étude montre donc que, malgré les intentions des concepteurs quant à la philosophie du véhicule autonome, nous faisons face au paradoxe de l'automatisation décrit par Bainbridge (1983) : l'automatisation, si elle permet à l'opérateur d'être déchargé des tâches opérationnelles, induit une nouvelle complexité et de nouvelles tâches de contrôle. D'où la nécessité de formation afin de pouvoir gérer des situations automatisées (Freyssenet, 1984). Nous pouvons alors nous demander, si, comme les domaines de la sidérurgie, de l'aéronautique et du nucléaire, les conducteurs auront besoin d'une formation spécifique pour l'automatisation du véhicule. Bien entendu, notre étude ne permet pas de trancher sur ces questions ; d'autant plus qu'il s'agissait d'une première prise en main de la part des participants. Notre prochaine étape est de travailler sur des questions longitudinales relatives à l'usage du simulateur et à la conduite autonome. En outre, en termes de conception, cela nous invite à penser spécifiquement aux dispositifs à inclure dans les véhicules autonomes pour permettre aux conducteurs qui le souhaitent de maintenir des activités de contrôle et de supervision efficaces.

Enfin, et bien que notre question de recherche ne porte pas sur ce sujet, et que nous ne l'avons pas investigué davantage dans notre étude, nous ne pouvons omettre de souligner que les conducteurs ont parfois rencontré certaines « difficultés » lors de la reprise en main du véhicule. D'un point de vue sécuritaire et pour permettre un vécu agréable de l'expérience de conduite autonome, nous envisageons d'analyser les différentes situations de reprise en main. Cela nous permettrait de mieux comprendre ce qui se joue lors de ces moments cruciaux et ainsi proposer des pistes d'amélioration.

7 REFERENCE

- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, 19 (6), 775-779.
- Béguin, P. (2004). L'ergonome, acteur de la conception. Dans P. Falzon (dir.), *Ergonomie* (1ère éd., p. 375-390). Paris, France : Presses universitaires de France (PUF).
- Freyssenet M. (1984). Processus et formes sociales d'automatisation. *Le paradigme sociologique. Sociologie du travail*, n° 4/92, pp 469-496.
- Gibson, J. J. et Crooks, L. E. (1938). A theoretical field-analysis of automobile-driving. *The American Journal of Psychology* 51 (3), 453-471.

- Kaber, D. B. et Endsley, M. R. (2004). The effects of level of automation and adaptive automation on human performance, situation awareness and workload in a dynamic control task. *Theoretical Issues in ergonomics Science*, 5(2), 113-153.
- Merat, N. et Lee, J.D. (2012). Preface to the Special Section on Human Factors and Automation in Vehicles : Designing Highly Automated Vehicles With the Driver in Mind. *Human Factors : The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 54(5), 681-686.
- Merat, N., Jamson, A. H., Lai, F.C.H et Carsten, O. (2012). Highly Automated Driving, Secondary Task Performance, and Driver State. *Human Factors : The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 54, 762-771.
- Michon, J. A. (1985). A critical view of driver behavior models : what do we know, what should we do ? L. Evans et R. C. Schwing (Eds.), *Human behavior and traffic safety*, 485-520. New York : Plenum Press.
- Midler, C. (1996). *Modèle gestionnaires et régulation économique de la conception. Coopération et conception (Cooperation and design)*. Toulouse, Octarès.
- Ministère des finances et des comptes publics. (2014). *La nouvelle France industrielle : point d'étape sur les 34 plans de la nouvelles France industrielle*. Repéré à <http://proxy-pubminefi.diffusion.finances.gouv.fr/pub/document/18/17721.pdf#page=13>.
- Neboit, M. (1982). *L'exploration visuelle du conducteur (cahier d'étude n°56)*. Arcueil, France : Organisme Nationale de Sécurité Routière.
- Samurçay, R., Hoc, J.-M. (1988). La spécification d'aides à la décision dans les environnements dynamiques. *Psychologie Française*. 33, 187-196.
- Shiffrin, R. M. et Schneider, W. (1984). Theoretical Note : Automatic and Controlled Processing Revisited. *Psychological Review*, 91(2), 269-276
- Theureau, J. & Pinsky, L. (1984). Paradoxe de l'ergonomie de conception et logiciel informatique. *Revue des conditions de travail*, 9, 25-31.
- Trimble, T. E., Bishop, R., Morgan, J. F. et Blanco, M. (2014). *Human factors evaluation of level 2 and level 3 automated driving concepts: Past research, state of automation technology, and emerging system concepts*. (Rapport n° DOT HS 812 043). Washington, DC : National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA).
- Vicente, K.J., Mumaw, R.J., Roth, E.M., (2004). Operator monitoring in a complex dynamic work environment: a qualitative cognitive model based on field observations. *Theoretical issues in ergonomics sciences*, 5(5), 359-384.
- Villame, T. (2004). Conception de systèmes d'assistance au conducteur : comment prendre en compte le caractère complexe, dynamique et situé de la conduite automobile ? *Cognition située et conception de systèmes d'assistance au conducteur*. @ctivités, 1 (2), 146-169.

Session 7 : Neuroergonomie

Evaluation comparée de données EEG pour la mesure de la charge cognitive en environnement opérationnel de jeu vidéo

Lucille Lecoutre

Akiani, 109 avenue Roul, 33400 Talence, France
lucille.lecoutre@akiani.fr

Sami Lini

Akiani, 109 avenue Roul, 33400 Talence, France
sami.lini@akiani.fr

Christophe Bey

CNRS IMS UMR 5218, 33400 Talence, France
christophe.bey@ensc.fr

Axel Johnston

Akiani, 109 avenue Roul, 33400 Talence, France
axel.johnston@akiani.fr

Quentin Lebour

Akiani, 109 avenue Roul, 33400 Talence, France
quentin.lebour@akiani.fr

Pierre-Alexandre Favier

CNRS IMS UMR 5218, 33400 Talence, France
pierre-alexandre.favier@ensc.fr

RÉSUMÉ

Lors d'une évaluation d'interface homme-système, on cherche à caractériser l'état de l'opérateur pour évaluer l'efficacité du système à aider l'opérateur dans sa tâche. Il est possible en particulier d'estimer la charge cognitive de l'opérateur grâce à des mesures physiologiques, et l'EEG et un outil prometteur dans cette voie. Le système B-Alert X10 (Advanced Brain Monitoring, Inc) inclut un algorithme interne de traitement du signal calculant une métrique de la charge cognitive, dont nous avons cherché à tester la fiabilité en condition opérationnelle. Il était demandé aux participants de jouer à un jeu vidéo à deux niveaux de difficulté tandis que nous mesurons des indices subjectifs, comportementaux et physiologiques (indice de charge cognitive B-Alert, pupillométrie) de la charge cognitive. Les résultats indiquent que bien que les mesures pointent dans la même direction, la métrique du B-Alert ne parvient pas à capturer les variations de charge cognitive des participants. L'indice de charge du B-Alert seul n'est pas suffisant pour estimer l'état de charge cognitive d'un opérateur avec certitude.

MOTS-CLÉS

Charge cognitive, situation opérationnelle, EEG, NASA-TLX, pupillométrie



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

1 INTRODUCTION

L'intégration de l'Humain dans la conception et l'évaluation de systèmes complexes est une démarche devenant de plus en plus prégnante. Il y a aujourd'hui un réel enjeu à évaluer l'impact de tels systèmes sur les utilisateurs qui les opèrent.

Dans le cadre de cette démarche, le concept de charge cognitive est particulièrement intéressant pour qualifier l'état de l'opérateur. D'après Cegarra & Chevalier (2008), l'idée de charge cognitive présuppose que les processus cognitifs ont un coût puisé dans un réservoir limité de ressources. En conséquence, la charge cognitive est définie comme le rapport entre la demande de la tâche et la capacité de l'Humain à y répondre.

Les situations de surcharge peuvent avoir des conséquences tragiques tant sur la performance de l'opérateur que sur le système auquel il appartient (Wickens 1992). Disposer d'outils appropriés et fiables en conditions opérationnelles pour évaluer son état cognitif constitue donc un enjeu crucial.

Les moyens d'études psychophysiologiques tels que l'électroencéphalographie, électrocardiographie ou l'oculométrie sont de plus en plus employés à cette fin dans des conditions expérimentales de laboratoire. Une difficulté pour l'expert facteurs humains est alors de sortir ces moyens du laboratoire pour les amener sur le terrain opérationnel, au plus proche de la réalité.

L'électroencéphalographie offre des perspectives intéressantes puisqu'elle dispose d'une résolution temporelle fine (inférieure à la seconde) et d'autre part les signaux EEG liés à la charge cognitive sont de mieux en mieux caractérisés. Cet outil est donc un bon candidat pour l'évaluation de la charge cognitive en temps réel.

Le système EEG B-Alert (Advance Brain Monitoring, Inc.) a retenu notre attention par son adéquation à l'évaluation de la charge cognitive en condition opérationnelle. C'est un système sans fil qui peut donc être embarqué et qui permet à l'opérateur de se mouvoir dans son environnement. Il dispose d'une autonomie de 8h et une procédure de décontamination des artefacts en temps réel est intégrée au système. De plus, il est livré avec un algorithme de classification déjà implémenté et calibré, ce qui permet un gain de temps non négligeable pour l'analyse des données et ouvre son utilisation à des utilisateurs non spécialistes de l'électroencéphalographie.

Nous avons donc choisi d'évaluer cet outil selon une approche « boîte noire » : nous ne cherchons pas à évaluer le fonctionnement interne de l'algorithme de classification mais à apporter des éléments de réponse quant à la fiabilité des résultats obtenus par rapport à d'autres mesures couramment utilisées dans l'évaluation de la charge cognitive.

Berka et al. font état dans une étude de 2007 de deux métriques qui nous intéressent dans cette étude : la métrique de charge de travail et la métrique d'engagement fort. La métrique de charge de travail de leur classifieur évalue plus les « processus cognitifs généralement considérés comme relevant du domaine des fonctions exécutives » quand la métrique d'engagement « évalue la demande des processus sensoriels et des ressources attentionnelles ». Cette seconde métrique est basée sur un modèle individuel alors que la métrique de charge de travail est basée sur un groupe d'individus testés par Berka et al. dans le cadre de leur étude. En raison de la dimension perceptive des activités étudiées dans le domaine de l'ergonomie et des facteurs humains, les deux métriques sont étudiées.

Nous avons pour cela mis en œuvre une expérimentation dans le domaine du jeu vidéo. Cet environnement permet de se rapprocher de contraintes opérationnelles : les sujets sont confortablement assis dans une chaise de bureau face à une télévision à écran plat, une manette de PlayStation 3 dans leurs mains et ils sont libres de bouger comme ils le souhaitent. Nous avons utilisé le jeu Rayman Origins (Figure 1) sur PlayStation 3 pour ses caractéristiques de jeu de plateforme :

- Il s'agit d'un jeu en deux dimensions, ce qui limite le degré de liberté (par rapport à un environnement tridimensionnel) et contraint les scénarios ;

- Ce jeu propose un objectif de performance à atteindre (des éléments à collecter le long d'un niveau) ce qui nous a permis de définir deux conditions de charge de travail ;
- Certains niveaux proposent un déroulement automatique du niveau, ce qui impose le rythme d'évolution et contribue à assurer la reproductibilité des scénarios malgré le caractère écologique de l'étude.

Souhaitant nous rapprocher des contraintes rencontrées opérationnellement, nous avons fait le choix d'un recrutement très contraint : peu de sujets, sélectionnés sans autre critère que leur disponibilité pendant une très courte période.

Suivant les recommandations de Cegarra & Chevalier (2008), nous avons croisé les sources de données pour évaluer la charge de travail et éprouver la fiabilité des métriques du B-Alert:

- mesure subjective : il est demandé aux utilisateurs de répondre au NASA Task Load index (NASA-TLX, Hart & Staveland, 1988). Cette mesure constitue une mesure de contrôle
- mesures comportementales : la littérature établit une dégradation de la performance en situation de surcharge de travail ; ainsi, les indices de performance (collecte d'éléments suivant l'objectif poursuivi, nombre d'échecs à finir le niveau) constituent une mesure dérivée de la charge de travail ;
- mesures physiologiques :
 - la pupillométrie est un indicateur indirect de la charge de travail. Validé lors d'une étude précédente (Lini et al., 2013), il constitue une mesure contrôle. La variation du diamètre pupillaire moyen est positivement corrélée avec la variation de la charge de travail ;
 - L'arythmie cardiaque (Heart Rate Variability, HRV) est un autre indicateur dérivé de la charge de travail. Elle est inversement corrélée avec la charge de travail et est calculée à partir d'une mesure continue du rythme cardiaque ;
 - Les métriques d'engagement et de charge cognitive du B-Alert.

Les métriques du B-Alert sont confrontées à deux tests : leur sensibilité à la manipulation expérimentale de la charge de travail et leurs corrélations avec nos mesures contrôles. Nos hypothèses sont donc les suivantes :

(H1) Les mesures de contrôle sont sensibles à la manipulation expérimentale de la charge de travail ;

(H2) Elles sont cohérentes les unes avec les autres ;

(H3) Les métriques du B-Alert sont sensibles à la manipulation expérimentale de la charge de travail ;

(H4) Elles sont cohérentes avec les mesures de contrôle.



Figure 1. Capture d'écran d'un des deux niveaux choisis pour l'expérience

2 METHODE

2.1 Participants

8 sujets en bonne santé (âge moyen: 22.1 ± 2 ans, 7 hommes) ont pris part à l'étude. Ils ont été informés du but de l'étude et ont signé un formulaire de consentement.

2.2 Mesures

2.2.1 Mesure subjective

Les participants jouent à deux niveaux du jeu dans deux conditions différentes. Un niveau du jeu pour une condition de difficulté donnée constitue un run (pour quatre au total, cf procédure). Il était demandé aux sujets d'évaluer leur charge cognitive après chacun des quatre runs de l'expérience à l'aide d'une version française du questionnaire NASA-TLX (Cegarra & Morgado 2009).

2.2.2 Mesures comportementales

Les participants ont rempli en début d'expérience un court questionnaire à propos de leur consommation de nicotine et de caféine, de leur manque de sommeil (ces éléments pouvant moduler les signaux cérébraux) et leur familiarité avec les jeux vidéos. Nous avons relevé comme mesure de performance le nombre d'items collectés pour chaque run ainsi que le nombre de fois où le participant meurt par run.

2.2.3 Mesures physiologiques

- EEG

Nous avons utilisé le système B-Alert X10, un système EEG portable pour mesurer les données de 9 sites (Fz, F3, F4, Cz, C3, C4, POZ, P3, P4), avec les mastoïdes gauche et droite comme référence. L'électrocardiogramme était enregistré grâce à deux électrodes reliées au système. Les données étaient échantillonnées à 256 Hz et un filtre à encoche (50 Hz) leur était appliqué.

La procédure de décontamination et l'algorithme de classification sont déjà implémentés dans le système du B-Alert. Nous nous sommes intéressés à deux mesures particulières : les probabilités

d'être dans un état de charge cognitive (Berka et al., 2007) et d'engagement élevé (Johnson et al., 2011).

Pour la charge cognitive, le modèle est ajusté par rapport à un groupe de participants testés dans leur étude. La mesure d'engagement est quant à elle basée sur un modèle individuel ajusté sur chaque sujet en début d'expérience à l'aide de trois tâches de référence incluses dans la suite logiciel du B-Alert (tâche de vigilance à trois choix, tâche de réponse à un stimulus visuel, tâche de réponse à un stimulus auditif effectuée les yeux fermés).

Quatre états cognitifs sont catégorisés grâce à une analyse discriminante quadratique : somnolence, arrivée du sommeil, engagement faible et engagement fort. Nous étions pour cette étude intéressés uniquement par la mesure d'engagement fort.

Comme conseillé par le fabricant, nous avons exclu de l'étude les échantillons erronés avant de moyenniser les données pour ainsi obtenir un indice moyen de charge cognitive et d'engagement pour chaque run.

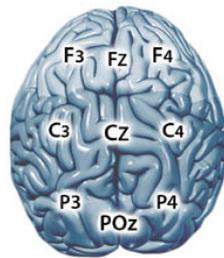


Figure 2. Position des électrodes EEG (Advanced Brain Monitoring, 2013)

- HRV

Nous avons utilisé le canal ECG du système B-Alert pour en dériver une mesure de variabilité du rythme cardiaque (HRV). Nous avons pour cela calculé la densité spectrale de puissance de la transformée de Fourier rapide du tachogramme de chaque run. La HRV retenue est le rapport de la densité spectrale de puissance dans les basses fréquences (0,05 Hz à 0,15 Hz) sur la densité spectrale de puissance dans les hautes fréquences (0,15 Hz à 0,3 Hz). La HRV varie dans le sens opposé à la charge cognitive.

- Données pupillométriques

Les sujets étaient équipés de lunettes Tobii (Tobii Technology), un système d'eye-tracking portatif. Le capteur est monoculaire (œil droit) et échantillonne à 30 Hz avec un angle visuel de 56° x 40°. Le logiciel de traitement de données, Tobii studio, permet de gérer la dilatation pupillaire moyenne, i.e. le pourcentage de dilatation de la pupille comparée à la dilatation de la pupille mesurée pendant la phase de calibration.

2.3 Procédure

Après leur avoir installé l'EEG, les participants ont passé les trois tâches de référence implémentées dans la suite logiciel B-Alert et servant de base au modèle individuel pour l'engagement. Ces trois tâches duraient 5 minutes chacune. L'eye tracker était ensuite calibré.

Les participants devaient jouer sur deux niveaux du jeu, choisis pour leur durée et difficulté similaires. Ces niveaux défilent automatiquement, forçant ainsi le joueur à avancer et ils sont scénarisés, de sorte que les événements surviennent toujours aux mêmes moments, indépendamment des actions du joueur. Ceci permet donc d'assurer des scénarios reproductibles d'une condition à l'autre et d'un participant à l'autre.

Chaque niveau était joué deux fois : une fois dans la condition *facile* (collecter au moins 150 éléments sur 350) et une fois dans la condition *difficile* (collecter au moins 300 éléments sur 350). Un niveau donné (niveaux du jeu choisis pour l'expérience, niveau 1 ou niveau 2) pour une condition de difficulté donnée (*facile* ou *difficile*) constitue un run. Nous disposions ainsi de quatre runs différents. Pour limiter les effets d'apprentissage au niveau des analyses de groupe, l'ordre de présentation des runs suivait un carré latin.

Tableau 1. Ordre de présentation des runs pour chaque sujet.

Sujets 1 & 5	Sujets 2 & 6	Sujets 3 & 7	Sujets 4 & 8
<i>facile</i> 1	<i>difficile</i> 1	<i>facile</i> 2	<i>difficile</i> 2
<i>difficile</i> 1	<i>facile</i> 2	<i>difficile</i> 2	<i>facile</i> 1
<i>difficile</i> 2	<i>facile</i> 1	<i>difficile</i> 1	<i>facile</i> 2
<i>facile</i> 2	<i>difficile</i> 2	<i>facile</i> 1	<i>difficile</i> 1

Dans le jeu utilisé pour l'expérience, le joueur doit recommencer au dernier checkpoint lorsqu'il meurt (en cas de contact avec un ennemi ou en étant rattrapé par le défilement automatique du jeu). Nous avons comptabilisé le nombre de fois où le participant mourrait pour notre mesure de performance. Les sessions étaient enregistrées pour aider à la synchronisation de l'ensemble des mesures.

3 RESULTATS

3.1 Sensibilité des mesures

Le seuil de significativité est fixé à 5%.

Nous avons testé premièrement la sensibilité de chaque mesure à la variation de charge cognitive. Nous avons séparé les données en deux groupes selon la condition *facile* ou *difficile*, indépendamment du niveau joué, et analysé la variabilité interindividuelle à l'aide de tests de Wilcoxon appariés unilatéraux.

Le score de NASA-TLX ($V=17$, $p=0,025$) et la dilatation pupillaire ($V=5$, $p=0,022$) sont significativement sensibles à notre manipulation expérimentale de la charge cognitive, confirmant ainsi leur validité en tant que mesure de contrôle. La mesure de HRV ($V=78$, $p=0,058$) et le nombre d'items collectés ($V=74,5$, $p=0,088$) suivent une tendance dans la direction de nos hypothèses. Les autres mesures ne sont pas significatives.

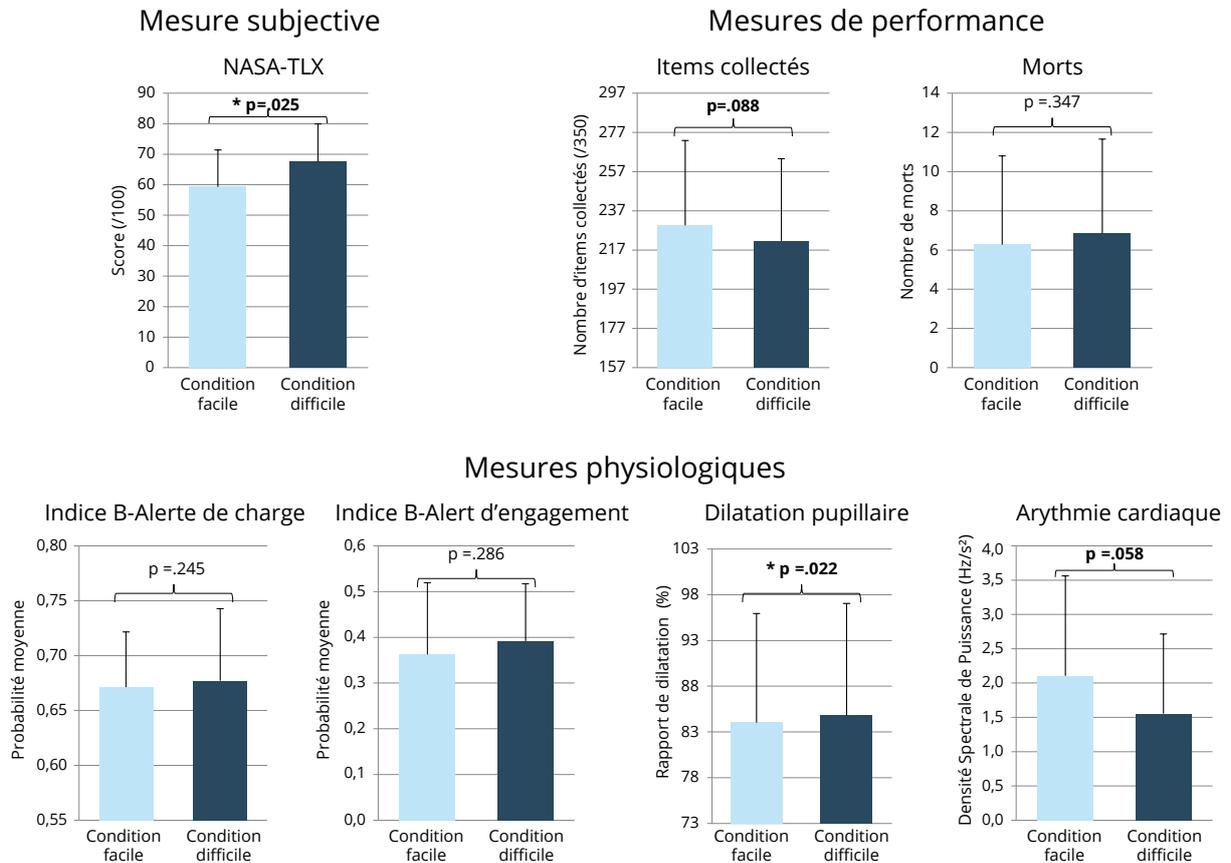


Figure 3. Moyenne de chaque mesure à travers les sujets pour les conditions *facile* et *difficile*. Les barres d'erreur représentent un écart-type à la moyenne. Les valeurs de p affichées résultent des tests de Wilcoxon.

3.2 Cohérence des mesures

Nous avons ensuite analysé les relations entre les mesures en calculant les corrélations de Spearman entre les mesures. Seules les valeurs significatives sont rapportées.

Le score de NASA-TLX est corrélé avec les deux mesures de performances. Plus le score de NASA-TLX est élevé, plus le nombre d'items collectés est faible ($r_s = -0,432$, $p = 0,025$), et plus le nombre de morts est élevé ($r_s = 0,461$, $p = 0,016$).

La mesure de dilatation pupillaire est corrélée à la fois avec le score de NASA-TLX ($r_s = 0,486$, $p = 0,042$) et avec les deux mesures de performances (nombre d'items collectés : $r_s = -0,663$, $p = 0,004$; nombre de morts : $r_s = 0,609$, $p = 0,007$), ce qui confirme le rôle de contrôle de cette mesure. La dilatation pupillaire est aussi corrélée avec l'indice EEG de charge cognitive ($r_s = 0,623$, $p = 0,005$), mais pas avec l'indice EEG d'engagement.

L'indice EEG de charge cognitive est aussi corrélé avec le score de NASA-TLX ($r_s = 0,430$, $p = 0,026$) et avec l'indice EEG d'engagement ($r_s = 0,442$, $p = 0,019$), bien que l'indice EEG d'engagement ne soit corrélé ni avec le NASA-TLX, ni avec la mesure de dilatation pupillaire. La mesure de HRV n'est corrélée avec aucune des autres mesures.

Tableau 2. Matrice de corrélation de Spearman.

Mesure		NASA-TLX	Items collectés	Nombre de mort	Charge cognitive EEG	Engagement EEG	Dilatation pupillaire	HRV
NASA-TLX	r_s	1	-0,432	0,461	0,430	0,317	0,486	0,263
	p	.	0,025	0,016	0,026	0,107	0,042	0,184
Items collectés	r_s	-0,432	1	-0,536	-0,106	0,041	-0,633	-0,048
	p	0,025	.	0,004	0,590	0,836	0,004	0,807
Nombre de mort	r_s	0,461	-0,536	1	0,246	-0,075	0,609	0,133
	p	0,016	0,004	.	0,205	0,702	0,007	0,497
Charge cognitive EEG	r_s	0,430	-0,106	0,246	1	0,442	0,623	-0,153
	p	0,026	0,590	0,205	.	0,019	0,005	0,435
Engagement EEG	r_s	0,317	0,041	-0,075	0,442	1	0,111	0,325
	p	0,107	0,836	0,702	0,019	.	0,649	0,091
Dilatation pupillaire	r_s	0,486	-0,633	0,609	0,623	0,111	1	-0,114
	p	0,042	0,004	0,007	0,005	0,649	.	0,641
HRV	r_s	0,263	-0,048	0,133	-0,153	0,325	-0,114	1
	p	0,184	0,807	0,497	0,435	0,091	0,641	.

4 DISCUSSION

Cette expérience a été conçue pour évaluer la fiabilité du B-Alert dans un contexte opérationnel : petit nombre de sujets, conditions expérimentales difficilement reproductibles.

Nous avons fait l'hypothèse que nos mesures de contrôle reflèteraient la manipulation expérimentale de la charge cognitive : on attend une différence significative entre les conditions *facile* et *difficile* (**H1**), ainsi qu'une corrélation entre les mesures de contrôle (**H2**). De plus, si le système B-Alert est effectivement sensible aux variations de charge cognitive, ses indices devraient être affectés par notre manipulation expérimentale de la charge cognitive (**H3**) et être corrélées avec les mesures de contrôle (**H4**).

4.1 Sensibilité des mesures de contrôle

L'indice subjectif du NASA-TLX et la mesure de dilatation pupillaire sont tous les deux significativement influencés par notre manipulation expérimentale de la charge cognitive, comme cela a été rapporté précédemment dans la littérature (Beatty 1982 ; Klinger 2010).

La HRV présente des résultats tendancieux, ce qui, compte tenu de notre volonté de contraintes opérationnelles avec un faible nombre de sujets, constitue un résultat encourageant.

De la même façon, des mesures de performance choisies, seul le nombre d'items collectés montre une tendance.

Dans l'ensemble, nous avons donc réussi à mettre en œuvre des conditions différentes de charge cognitive à travers notre manipulation expérimentale (**H1** validée).

La mesure de dilatation pupillaire est corrélée avec le score de NASA-TLX, montrant que cet indice est sensible aux variations objectives et subjectives de la charge cognitive, comme rapporté précédemment (Palinko et al. 2010).

La dilatation pupillaire et le score de NASA-TLX sont tous les deux corrélés avec les mesures de performance. Elles sont corrélées négativement avec le nombre d'items collectés et positivement avec le nombre de morts.

La cohérence entre les mesures de contrôle confirme donc que les participants étaient bien dans une situation de surcharge, détériorant leurs performances (**H2** validée).

4.2 Evaluation des indices EEG

Les indices EEG de charge cognitive et d'engagement ne sont pas suffisamment sensibles à notre manipulation de la charge cognitive, comme montré par les tests de Wilcoxon. Il est possible que ce manque de résultats soit dû à une importante variabilité interindividuelle (consommation de caféine et/ou nicotine avant l'expérience, nombre d'heures de sommeil), d'autant plus que nous n'avons pu recruter qu'un petit nombre de participants. Ceci est en partie dû temps nécessaire pour installer chaque session d'enregistrement. Toutefois cette situation est largement rencontrée lors d'études opérationnelles et nous cherchons ici à tester la robustesse du système B-Alert à ces conditions contraignantes.

Pour l'indice de charge cognitive, le modèle est basé sur un groupe d'individus, indépendamment de notre étude, et n'est pas ajusté à chaque participant. Il est donc possible que cet indice soit plus sensible aux facteurs interindividuels (la consommation de caféine par exemple), menant potentiellement à des effets de seuil et masquant la sensibilité de la métrique du B-Alert. Pour la mesure d'engagement, nous interprétons l'absence de différence entre les conditions *facile* et *difficile* par le fait que les deux conditions requièrent un niveau de traitements perceptuel et attentionnel similaire (Berka et ses collaborateurs relèvent que leur mesure d'engagement « évalue la demande des processus sensoriels et des ressources attentionnelles »). (**H3** non validée)

Cependant lorsque l'on confronte l'indice B-Alert de charge cognitive aux mesures de contrôle, on observe que l'indice EEG de charge cognitive est corrélé avec la mesure de dilatation pupillaire et le score de NASA-TLX. Cela suggère que malgré son manque de finesse, cet indice est bien sensible au même phénomène sous-jacent (**H4** partiellement validée).

Une étude récente, menée par un groupe de recherche indépendant d'Advanced Brain Monitoring, a étudié la sensibilité des mesures de charge de travail et d'engagement du B-Alert lors d'une tâche de Stroop (Sciarini et al. 2014). Leurs résultats concernant la métrique d'engagement correspondent aux nôtres puisqu'ils ne relèvent pas de sensibilité de la mesure d'engagement à leur manipulation expérimentale (tâche de Stroop).

En revanche, ils mettent en évidence une différence significative de l'indice de charge de travail entre les conditions congrue et incongrue. La non-concordance de nos résultats peut s'expliquer premièrement par le fait que les tâches mises en œuvre dans leur étude et dans la nôtre ont des caractéristiques sensiblement différentes. Notre tâche est basée sur la poursuite d'un objectif au cours d'un parcours. Il s'agit donc d'une tâche s'inscrivant dans la durée, (chaque run durant 4 à 5 minutes), où le joueur doit maintenir un certain niveau d'alerte. La tâche utilisée par Sciarini et ses collaborateurs est basée au contraire sur la répétition d'essais ponctuels (chaque essai dure 2 secondes et il y a 20 essais par condition). Il est possible que cela ait pour effet d'augmenter la robustesse des données.

Deuxièmement, dans leur étude, les auteurs notent une différence significative essentiellement entre les conditions extrêmes de la tâche de Stroop. Ils comparent une condition conflictuelle (mot et couleur incongrus) à une condition facilitatrice pour la tâche (mot et couleur congrus). Leur résultat permet de confirmer la sensibilité du B-Alert à des manipulations grossières de la charge de travail dans des conditions contrôlées en laboratoire, et ce de manière indépendante.

Notre approche prend le contrepied puisque nous avons choisi de nous rapprocher au maximum de conditions écologiques. Nos résultats ne sont donc pas contradictoires avec ceux de Sciarini et ses collaborateurs, et sont le reflet de contextes expérimentaux très différents. En ce sens, notre procédure se rapproche des conditions que l'on peut rencontrer par exemple dans la conduite de véhicule, et cette étude apporte un résultat pertinent pour l'étude de la charge de travail en condition opérationnelle. À l'heure actuelle, il existe encore des difficultés à sortir les outils du laboratoire pour les amener sur le terrain.

5 CONCLUSION

Nous avons conduit une expérience basée sur une situation de jeu écologique et un faible nombre de sujets pour reproduire des contraintes d'études Facteurs Humains opérationnelles. Nos analyses indiquent que le système B-Alert ne capture pas les variations de charge cognitive comme on peut l'observer avec la mesure subjective et la dilatation pupillaire. Cependant, l'indice de charge cognitive du B-Alert est corrélé avec ces deux mesures, suggérant qu'il varie de manière cohérente avec nos hypothèses, mais n'est pas suffisamment sensible pour capturer notre manipulation de la charge cognitive.

A l'inverse du B-Alert, la pupillométrie montre encore des résultats encourageants mais est évidemment très sensible au bruit environnemental, particulièrement les changements de luminosité. Si le B-Alert n'y est pas sensible, les résultats que nous obtenons, dans des conditions proches de celles rencontrées en situation opérationnelle ne permettent pas de conclure positivement sur son utilisation dans un tel cadre.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Antonenko, P. et al., 2010. Using electroencephalography to measure cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22(4), pp.425-438.
- Backs, R.W., Lenneman, J.K. & Sicard, J.L., 1999. The Use of Autonomic Components to Improve Cardiovascular Assessment of Mental Workload in Flight.. *The International Journal of Aviation Psychology*, 9(1), pp.33-47.
- Beatty, J., 1982. Task-evoked pupillary responses, processing load, and the structure of processing resources. *Psychological bulletin*, 91(2), p.276.
- Beatty, J. & Lucero-Wagoner, B., 2000. The pupillary system. *Handbook of psychophysiology*, 2, pp.142- 162.
- Berka, C. et al., 2007. EEG correlates of task engagement and mental workload in vigilance, learning, and memory tasks. *Aviation, space, and environmental medicine*, 78(Supplement 1), p.B231-B244.
- Berka, C. et al., 2005. Evaluation of an EEG workload model in an Aegis simulation environment. In *Defense and Security*. International Society for Optics and Photonics, pp. 90-99.
- Berka, C. et al., 2004. Real-time analysis of EEG indexes of alertness, cognition, and memory acquired with a wireless EEG headset. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 17(2), pp.151-170.
- Borghini, G. et al., 2012. Measuring neurophysiological signals in aircraft pilots and car drivers for the assessment of mental workload, fatigue and drowsiness. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*.
- Cegarra, J. & Chevalier, A., 2008. The use of Tholos software for combining measures of mental workload: Toward theoretical and methodological improvements. *Behavior Research Methods*, 40(4), pp.988-1000.
- Cegarra, J. & Morgado, N., 2009. Étude des propriétés de la version francophone du NASA TLX. In *Communication présentée à la cinquième édition du colloque de psychologie ergonomique (Epique)*.
- Hart, S.G. & Staveland, L.E., 1988. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *Advances in psychology*, 52, pp.139-183.
- Johnson, R.R. et al., 2011. Drowsiness/alertness algorithm development and validation using synchronized EEG and cognitive performance to individualize a generalized model. *Biological psychology*, 87(2), pp.241-250.
- Kahneman, D. & Beatty, J., 1966. Pupil diameter and load on memory. *Science*, 154(3756), pp.1583-1585.
- Klingner, J.M., 2010. Measuring cognitive load during visual tasks by combining pupillometry and eye tracking.

- Lini, S. et al., 2013. Evaluating ASAP (Anticipation Support for Aeronautical Planning): a user-centered case study. In *Proceedings of the 17th International Symposium on Aviation Psychology*.
- Palinko, O. et al., 2010. Estimating cognitive load using remote eye tracking in a driving simulator. In *Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research & Applications*. ACM, pp. 141-144.
- Sciarini, L. W., Grubb, J. D., & Fatolitis, P. G. (2014, September). Cognitive State Assessment Examination of EEG-based Measures on a Stroop Task. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 58, No. 1, pp. 215-219). SAGE Publications.
- Tsang, P.S. & Vidulich, M.A., 2006. Mental workload and situation awareness. *Handbook of Human Factors and Ergonomics, Third Edition*, pp.243-268.
- Wickens, C.D., 1992. *Engineering psychology and human performance .*, HarperCollins Publishers.
- Wilson, G.F., 2002. An analysis of mental workload in pilots during flight using multiple psychophysiological measures. *The International Journal of Aviation Psychology*, 12(1), pp.3-18.

Réduire le caractère transitoire d'animations procédurales n'améliore pas (toujours) l'apprentissage

Jean-Michel Boucheix

Université de Bourgogne, LEAD-CNRS

Dijon, France

Jean-Michel.Boucheix@u-bourgogne.fr

Claire Forestier

Université de Bourgogne, LEAD-CNRS

Dijon, France

claire.forestier@ifsttar.fr

RÉSUMÉ

When large amount of information is presented in long section animation, subsequent transient information effect has been shown to withdraw, or weaken, the superiority of dynamic visualizations presentation over static graphics in learning a hand-movement origami task (Wong, Leahy, Marcus & Sweller, 2012). In the experiment of these authors, children were allocated to one of four presentation conditions: long section animation, short section animation, long section static graphics and short section static graphics. In this paper, children learnt to tie complex nautical knots from hand movement's video presentation, in a viewing and practicing task. In experiment 1, the study by Wong & al. was replicated with the conventional sequential presentation of the knots, in the four conditions. In experiment 2, transience was reduced using simultaneous presentations. Results showed long section animation did not lose their superiority over static graphics. Explanations in terms of inhibition processes and task affordance are suggested.

MOTS-CLÉS

Animation, Transience, Short-Long sections, knot tying, Sequential/Simultaneous presentation.

1 INTRODUCTION

Dans l'apprentissage de procédures gestuelles techniques, comme par exemple faire un nœud (de marin, de chirurgie etc.), les présentations d'images animées de type vidéo se sont le plus souvent montrées supérieures à des présentations de séquences d'images statiques, fixes. Une des raisons avancées; en relation avec la théorie des neurones miroirs (Rizzolatti, 2005); est la capacité des êtres humains à apprendre des tâches impliquant des mouvements à partir de l'observation des gestes (Ayles, Marcus, Chan & Qian, 2009; Marcus, Cleary, Wong & Ayles, 2013).

Cependant, le caractère transitoire ("transience", Lowe, 2003), ou éphémère des présentations de longues séquences d'images animées entraîne aussi un augmentation de la charge cognitive des apprenants (Wong, Leahy, Marcus & Sweller, 2012) . Quand de grandes quantités d'informations doivent être traitées, les animations transitoires pourraient perdre leur avantage sur des présentations de séquences d'images fixes, statiques permanentes.

Cette hypothèse a été récemment testée dans le domaine de la réalisation de procédures d'origami chez de enfants de 10-11 ans par Wong, Leahy, Marcus & Sweller, 2012 (notamment dans l'expérience 1 sur les deux expériences rapportées dans l'article de 2012). Ces auteurs ont "réduit" le caractère transitoire de longues séquences d'images animées présentant le matériel en une série de courtes séquences d'images animées (correspondant à une segmentation de l'animation longue).



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

Chaque courte séquence d'images était ainsi supposée rester dans les limites des capacités de la mémoire de travail des apprenants. Ainsi, des animations ou des séries d'images statiques étaient présentées soit en une seule longue série d'images ou en plusieurs courtes séries d'images à 4 groupes d'enfants.

Comme prédit par les hypothèses des auteurs, les animations vidéos étaient supérieures aux séquences d'images statique, pour la modalité de présentation en courtes séquences d'images mais non pour la modalité de présentation en une seule séquence longue d'images. Autrement dit, les auteurs mirent en évidence une interaction entre format de présentation de la séquence d'images (animé vs. statique) et la taille des séquences d'image (une seule longue séquence vs. plusieurs courtes séquences d'images).

Cependant, dans ce matériel, pour l'aspect transitoire ou "transience", entre les présentations animées et statiques était limitée à l'intérieur des courtes séquences, le caractère transitoire, la "transience" étant ainsi maintenue entre les courtes séquences d'images sections. Les présentations animées donnèrent lieu à de meilleures performances d'apprentissage, cependant, il n'y avait pas d'effet de la taille (longues vs. courtes) des séquences d'images mais une interaction animation/section. Ainsi, l'étude ne faisait pas état de différence significative entre la longue et les courtes séquences d'images dans le format vidéo animé. Ce dernier résultat semble donc indiquer que dans l'apprentissage de procédures techniques gestuelles, la segmentation de la vidéo en courtes séquences imagées n'a pas réellement d'effet puissant sur l'apprentissage.

(i) Une première question se pose donc sur l'effet de la segmentation dans l'apprentissage de geste techniques en relation avec le format statique vs Dynamique de la présentation ? En effet, si le traitement cognitif des animations peut entraîner des effets de surcharge cognitive, le traitement de longue séries d'images statiques nécessite d'une part l'activation d'inférence entre les étapes des images fixes et d'autre part, peut conduire à une charge attentionnelle liée à la recherche visuelle et nécessaire partage de l'attention entre les images fixes possédant une saillance équivalente. En revanche pour une procédure gestuelle, l'animation vidéo propose un guidage continu de l'attention au bon endroit et au bon moment tout au long du déroulement de l'action. L'effet favorable de la continuité attentionnelle a été récemment souligné par des travaux sur la compréhension des films (Smith, 2012). Une des propriétés favorables des présentations continues, comme par exemple dans les films, pourrait résider dans l'effet de continuité attentionnelle, et donc de guidage, que la séquentialité temporelle maintiendrait au cours de l'apprentissage (Smith, 2012).

Par ailleurs, la méthode d'apprentissage utilisée dans l'expérience de Wong & al., (2012) consistait pour le participant, comme généralement dans ce type de paradigme, à d'abord mémoriser la procédure à partir de la vidéo ou des images fixes (dans un temps limité et sans pratiquer), puis dans un second temps à rappeler la procédure (cette fois en la montrant). **(ii) Une deuxième question se pose à propos de la validité des résultats de l'expérience de Wong & al. (2012) dans le cas de l'utilisation d'une tâche d'apprentissage plus écologique ?** Par exemple, pour ce type de tâche, dans la "vie réelle" l'apprentissage se déroule plutôt selon une alternance entre visionner la vidéo et pratiquer la réalisation du nœud. Ainsi, le plus souvent, l'apprentissage consiste en une combinaison de visionnage et de pratique (Schwan & Riempff, 2004).

Enfin, dans la quasi totalité des études sur la compréhension pour l'apprentissage à partir d'images dynamique (ou même de séries statiques), les animations (ou les séquences d'images fixes) sont généralement présentées de façon séquentielle, l'une après l'autre dans l'ordre chronologique, ce qui a pour conséquence d'une part que le caractère animé des composants (des objets) de la vidéo, est systématiquement confondue avec la séquentialité des étapes de la procédure présentée et d'autre part que la segmentation en séquence ne résout pas le problème de l'aspect transitoire des changements entre les séquences d'images, comme dans l'expérience 1 de l'article de Wong & al. (2012). **(iii) Une troisième question se pose donc, celle de l'effet de la séquentialité dans l'apprentissage de procédure qui possède par nature un forte contrainte temporelle.** Un technique

pour aborder cet effet de séquentialité pourrait être d'exposer l'apprenant à des séries de courtes animations présentant simultanément et de façon permanente (cycle) des étapes clés de la procédure. Une telle présentation pourrait favoriser des activités de comparaison entre les étapes, potentiellement à même de faire diminuer les effets de stockage en MT d'un grand nombre d'informations liés à la séquentialité des informations.

La comparaison pourrait constituer un mécanisme favorable à l'apprentissage (voir par exemple, Kok, de Bruin & Merrienboer, 2013). Cependant, les résultats des recherches sur les présentations simultanées des animations sont contradictoires: pouvoir comparer des animations pourrait se révéler favorable dans le cas de connaissances conceptuelles et déclaratives (Ploetzner & Lowe, 2014); mais comparer pourrait s'avérer plus défavorable dans le cas de connaissances procédurales pour lesquelles les propriétés temporelles et d'ordre des actions à réaliser sont des contraintes très importantes de ces tâches (Groff, Boucheix, Lowe, Argon, Saby, Alauzet & Paire-Ficout, 2014). Si des présentations simultanées permettent des activités de comparaison, elles entraînent également une compétition attentionnelle qui nécessite une inhibition, au bon moment, des informations non pertinentes pour la tâche à réaliser.

La présente étude était composée de deux expériences qui avaient pour but de contribuer à répondre aux trois questions précédemment exposées. Dans l'expérience 1, nous avons tenté d'étendre l'étude de Wong & al. (2012), d'une part à un autre matériel, l'apprentissage de nœuds marins, et d'autre part, à une tâche plus "écologique" que la très fréquente méthode qui consiste à d'abord mémoriser la procédure à partir de la vidéo ou des images (dans un temps limité et sans pratiquer), puis dans un second temps à rappeler la procédure (cette fois en la montrant).

Dans l'expérience 2, une autre méthode que celle consistant à présenter des courtes séquences d'animations ou d'images fixes séquentielles pour réduire l'effet transitoire de l'animation a été testée. Ainsi, dans l'expérience 2, de courtes animations montrant des séquences partielles (étapes) de la procédure étaient présentées l'une à côté de l'autre simultanément. Ces présentations de courtes séquences apparaissaient sur l'écran alternativement l'une après l'autre puis continuaient en permanence simultanément en boucle durant tout le temps de présentation de la procédure. Ce type de présentation permet à l'apprenant de faire des comparaisons entre les séquences, ce que ne permet pas une présentation animée séquentielle complète de type vidéo traditionnelle.

2 METHODE

2.1 Expérience 1

Le design de l'expérience de Wong & al. (2012) a été répliqué avec des nœuds marins. 49 enfants de 10-11 ans (CM2) apprenaient à exécuter deux nœuds marins relativement complexes: le nœud de cabestan et le nœud de chaise (de plus le nœud de huit était utilisé pour une phase de familiarisation). Des vidéos continues ou de séries d'images statiques (sans texte, voir figure 1) étaient présentées selon 4 conditions expérimentales. Les enfants étaient distribués dans 4 groupes indépendants: animation courtes sections (n = 13); images statiques courtes sections (n = 12); animation longue section unique (n = 13); images statiques longue section unique (n = 11).

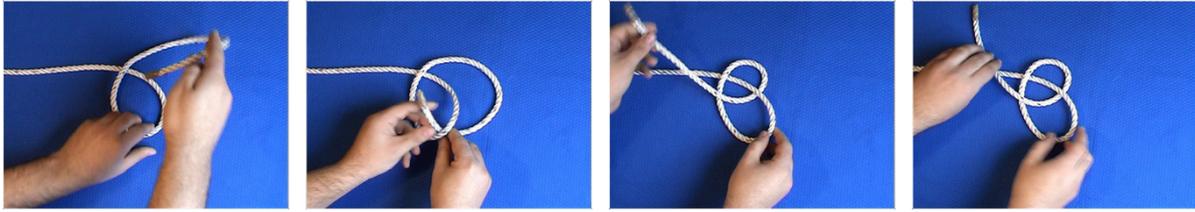


Figure1. Quelques captures d'écran du nœud de chaise prises de la vidéo

Les vidéos montraient les mains d'une personne (vue en première personne) réalisant les nœuds, en 16 étapes pour le nœud de cabestan et 18 étapes pour le nœud de chaise (15 étapes pour nœuds de huit de familiarisation) (figure1). Exactement le même contenu était délivré pour les 4 groupes (les vidéos et les séries d'images statiques avaient la même taille, sur le même écran de 24 pouces, la bonne visibilité en était vérifiée; le temps d'une présentation de la vidéo ou des images statiques était le même dans les 4 conditions: 60 sec. pour le nœud de cabestan et 68 sec. pour le nœud de chaise). L'animation en longue séquence d'images consistait en une seule longue séquence vidéo montrant pour chaque nœud l'ensemble de la procédure présentée séquentiellement.

L'animation en courtes séquences d'images correspondait à l'animation longue séquence divisée en groupes d'étapes. La vidéo du nœud de chaise était divisée en 4 groupes d'étapes, composés chacun de 3 à 6 étapes. Le nœud de cabestan était divisé en 4 groupes d'étapes, composés de 3-4 étapes. Chaque étape consistait en un mouvement simple contenant 3-6 screenshots. Les séquences d'images statiques étaient réalisées à partir des vidéos. Le défilement des vidéos, comme des séries d'images statiques étaient chronométré pour un avancement automatique dans chaque courte séquence et d'une séquence à l'autre. Les apprenants ne pouvaient pas revenir en arrière à un segment précédent.

Pour les images statiques en longue séquence, une seule bande d'images (séquentielle) que l'on peut faire défiler a été utilisée avec un contrôle minimal. Dans toutes les conditions, une exposition aux vidéos ou aux images statiques, correspondait à deux présentations successives du matériel (voir Wong & al., 2012). L'apprenant pouvait pour chaque exposition redémarrer immédiatement après la fin de la présentation.

En ce qui concerne la tâche, en nous inspirant de la méthode utilisée par Schwan & Riempp (2004), l'apprentissage se déroulait selon un combinaison d'observation de la vidéo et de pratique à volonté du nœud avec le matériel de corde mis à disposition de l'enfant. Cependant, celui-ci n'était pas autorisé à regarder la vidéo en pratiquant simultanément. Pour chaque nœud (appris l'un après l'autre - contrebalancement entre les deux nœuds), les participants observaient la vidéo et pratiquaient jusqu'à ce qu'ils soient capables de reproduire le nœud 3 fois de suite devant l'expérimentateur sans la vidéo. La mesure dépendante de l'apprentissage était le temps qu'il fallait à chaque participant avant de pouvoir refaire le nœud avec succès sans la vidéo (ou les images statiques, selon la condition). Plus précisément, comme les deux nœuds (respectivement le nœud de cabestan et le nœud de chaise) n'avaient pas la même durée de présentation, c'est un ratio entre la durée du nœud et le temps d'apprentissage qui définit la variable dépendante.

2.2 Expérience 2

Les mêmes design expérimental, matériel, vidéos, temps de présentation et tâche étaient utilisés pour l'expérience 2, avec une autre population de 54 enfants de 10-11 ans distribués dans les quatre groupes expérimentaux. Cependant, des présentations simultanées des animations, ou des séries d'images statiques, étaient utilisées à la place de présentations séquentielles.

Pour l'animation longue séquence, 4 courtes animations (présentées de gauche à droite sur l'écran) qui montraient les 4 sections du nœud étaient présentées en boucle simultanément sur l'écran. Pour la condition animation courtes séquences d'images, les mêmes 4 séquences étaient

délivrées successivement dans l'ordre (de gauche à droite) de la première à la dernière séquence. Dans cette condition, lorsque qu'une courte séquence se terminait la dernière image restait fixe, et commençait alors la deuxième séquence animée et ainsi de suite jusqu'à la dernière séquence. Pour la condition série d'images statiques en longue séquence, un grille d'images était présentée au participant. Cette grille montrait, dans l'ordre (gauche-droite et haut-bas), toutes les images l'une à côté de l'autre, de toutes les étapes du nœud, de façon permanente. Dans la condition séries d'images statiques courtes séquences, chaque séquence (3-4 étapes) était présentée deux fois et restait visible sur l'écran quand la séquence suivante apparaissait et ainsi de suite jusqu'à la dernière séquence.

3 RESULTATS

Les temps moyens d'apprentissage pour les deux nœuds ensemble sont présentés dans la figure 2.

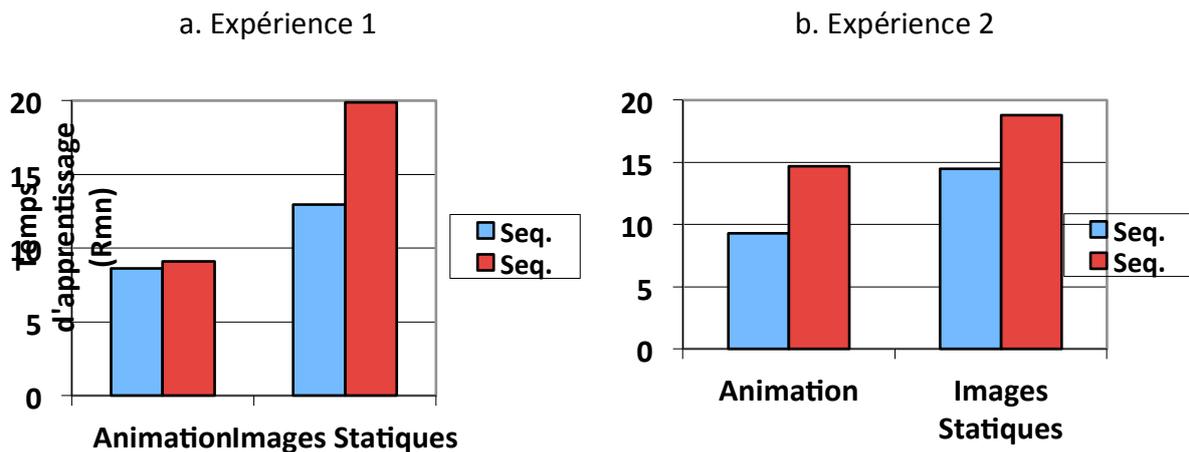


Figure 2. Temps en mn+sec (ratio entre le temps d'apprentissage et le temps de présentation, différent selon les deux nœuds) dans chaque condition et pour les deux nœuds ensemble.

Fig. a. Expérience 1, présentation séquentielle; Fig. b, expérience 2, présentation simultanée.

L'ANOVA réalisée sur les données de l'étude 1 a montré qu'il a fallait beaucoup moins de temps aux enfants pour apprendre les nœuds avec des animations qu'avec des séquences d'images permanentes statiques ($F(1,45) = 24.02, p < .0001, \eta^2 = .35$); mais aussi avec des séries de courtes séquences qu'avec une seule longue séquence ($F(1,45) = 6.16, p = .01, \eta^2 = .12$). De plus, et au contraire des résultats de Wong & al., (2012) nous avons trouvé un effet de la taille de la séquence d'images (série de courtes séquences vs. unique longue séquence) pour les séries d'images statiques mais non pour les animations ($F(1,45) = 4.42, p < .05, \eta^2 = .09$).

Le performances pour le format animée vidéo ne diffèrent pas qu'il s'agisse de série de courtes séquences d'images ou d'une seule longue séquence d'images. En revanche, pour le format statique, les différences entre séquences courtes et séquence longue sont élevées et significatives.

Pour l'expérience 2, l'ANOVA a également montré qu'il fallait moins de temps aux enfants pour apprendre les nœuds avec des animations plutôt qu'avec des séquences d'images statiques, ($F(1,50) = 5.03, p < .03, \eta^2 = .09$); et aussi avec des séquences d'images courtes sections qu'avec une seule longue séquence d'images, ($F(1,50) = 5.8, p < .02, \eta^2 = .10$).

Cependant, cette expérience a aussi mis en évidence un différence importante avec l'expérience 1. La présentation d'animations procédurales divisées en courtes séquence d'images vidéo dynamiques présentées simultanément perturbait l'apprentissage comparativement à une présentation séquentielle des courtes animations qui était plus favorable, ($F(1,50) = 5.20, p = .025$).

La séquentialité, semble donc un facteur déterminant de l'apprentissage de procédures gestuelles.

3 DISCUSSION-CONCLUSION

Dans l'apprentissage de procédures gestuelles, quand la quantité d'information transitoire ("transient") est élevée, les animations, vidéos, ne perdent pas toujours leur avantage sur des séries d'images statiques permanentes.

Les animations séquentielles délivrent l'information pertinente en continue, au bon moment, au bon endroit, et incluent une forme de guidage "naturel" de l'attention. Toutefois, la plupart des nombreuses études portant sur la compréhension des animations s'accordent sur le coût cognitif élevé lié au traitement d'informations dynamiques.

Cependant, dans le cas d'apprentissage de procédures gestuelles par observation de vidéos, cette présentation en continue, pourrait en partie "libérer l'apprenant" de processus de traitement cognitifs parallèles à l'apprentissage et impliqués dans les conditions de présentation permanentes d'images statiques et aussi dans les présentations simultanées de courtes animations, en particulier de (i) la recherche visuelle, avec des activités de comparaison et une compétition attentionnelle entre les images (ii) de l'inhibition des informations non pertinentes en l'absence de guidage direct (iii) de la nécessité de la production d'inférences entre les images (en raison de la discontinuité).

Les présentations séquentielles continues semblent également adaptées à des tâches d'apprentissages de procédures gestuelles plus "écologiques" que des tâches impliquant principalement la mémorisation et le rappel de procédures sans possibilité d'alterner entre visionnage-observation et pratique du geste. De plus, de travaux antérieurs ont montré que l'ajout de dimensions interactives aux présentations animées vidéos (contrôle par l'utilisateur du défilement et du rythme de présentation de la vidéo) conduisent à un effet bénéfique supplémentaire pour l'apprentissage (Schwan & Riempp, 2004).

4 BIBLIOGRAPHIE

- Ayres, P., Marcus, N., Chan, C., & Qian, N. (2009). Learning hand manipulative tasks: when instructional animations are superior to equivalent static graphics. *Computers in Human Behavior, 25*, 348-353. doi:10.1016/j.chb.2008.12.013.
- Groff, J. Boucheix, J.M., Lowe, R.K., Argon, S., Saby, L., Alauzet, A. & Paire-Ficout, L. (2014). Don't miss your train! Just follow the computer screen animation: Comprehension processes of animated public information graphics. *Computers in Human Behavior, 30*, 206-221.
- Kok, M.E., de Bruin, A.B.H, Robben, S.G.F., & van Merriënboer, J.J.G. (2013). Learning radiological appearances of diseases: Does comparison help? *Learning and Instruction, 23*, 90-97. doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.07.004
- Lowe, R.K. (2003). Animation and learning: selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction, 13*, 157-176. doi:10.1016/S0959-4752(02)00018-X
- Plötzner, R., & Lowe, R.K. (2014). Simultaneously presented animations facilitate the learning of higher-order relationships. *Computers in Human Behavior, 34*, 12-22.
- Schwan, S., & Riempp, R. (2004). The cognitive benefits of interactive videos: learning to tie nautical knots. *Learning and Instruction, 14*, 293-305. doi:10.1016/j.learninstruc.2004.06.005.
- Smith, T. J. (2012) The Attentional Theory of Cinematic Continuity, *Projections: The Journal for Movies and the Mind, 6*(1), 1-27
- Wong, A., Leahy, W., Marcus, N., & Sweller, J. (2012). Cognitive load theory, the transient information effect and e-learning. *Learning and Instruction, 22*, 449-457. doi: 10.1016/j.learninstruc.2012.05.004

Expertise et gestion de la multitâche : Examen des patterns d'exploration visuelle pour augmenter l'efficacité de l'expérience des utilisateurs

Valériane DUSAUCY

724 chemin des Vignasses 06410 Biot
valeriane.dusaucy@gmail.com

Yousri MARZOUKI

Faculté ALLSH - 29, avenue Robert Schuman
13100 AIX EN PROVENCE
yousri.marzouki@univ-amu.fr

Thierry RIPOLL

Faculté ALLSH - 29, avenue Robert Schuman
13100 AIX EN PROVENCE
Thierry.Ripoll@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

La recherche présentée porte sur l'étude des stratégies d'exploration visuelle dans un contexte de multitâche sur interface homme machine. L'objectif était d'identifier la manière dont les experts exploraient visuellement l'application afin de pouvoir déterminer des patterns visuels qui pourraient être réutilisés dans la conception d'interface. Dans le protocole nous avons fait varier l'expertise et la charge de travail liée à la tâche secondaire. Cinq experts et 6 novices étaient invités à réserver des billets d'avion en utilisant un eye tracker T120 (tâche principale) tout en réalisant une tâche secondaire.

Les résultats montrent que les experts font moins de fixations et de saccades et que ces dernières sont plus courtes que celles des novices. De même, le diamètre pupillaire est plus important chez les novices que chez les experts ce qui montre qu'ils mobilisent plus de ressources attentionnelles que les experts qui vont faire appel à leurs connaissances stockées en mémoire.

MOTS-CLÉS

Eye tracker – expertise - IHM – Ergonomie – Pattern visuel

1 INTRODUCTION

Le rythme accéléré de la technologie est en train de modifier radicalement notre rapport avec l'environnement. Un des effets de cette accélération est la saillance de la multitâche qui a été rendue possible grâce aux nouveaux outils technologiques, comme par exemple conduire en utilisant son GPS ou encore appeler tout en rédigeant un document.

Néanmoins la multitâche réduit les performances comme le montre Recarte et Nunes (2000) (de même que Tomasi & al. 2007 ; Wickens, 1984, 2002, 2008). Plusieurs auteurs montrent que le succès lié à ces tâches peut être augmenté par l'acquisition d'une expertise mais aussi par l'ergonomie des interfaces (Carroll & al., 2002). En effet, un expert est une personne qui a été confrontée à un domaine précis durant plusieurs années et, aurait développé en mémoire des schémas qui lieraient entre elles les connaissances (Ericsson & Kintsch, 1995). Grâce à ces liens, les experts mettraient en place des stratégies cognitives qui faciliteraient la récupération d'informations



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

et la prise de décision (Shanteau, 1992 ; Cacciabue, 2004 ; Boksem & Tops, 2008). Dès lors, l'expertise pourrait être un atout dans la réalisation de la multitâche, plusieurs recherches montrent que les patterns visuels varient entre experts et novices notamment à travers un nombre inférieur de saccades et des fixations de plus longues durées (Savelsbergh & al., 2005 ; Kalakoski & Saariluoma, 2001 ; Abernethy & al., 1994). Les stratégies cognitives pourraient être à l'origine de la prise d'information.

L'objectif de ce travail est d'augmenter les performances à une tâche principale, dans un paradigme multitâche, par la conception d'une interface qui serait basée sur les patterns d'exploration visuelle des experts. Pour réaliser notre recherche, nous avons sélectionné le domaine d'expertise des voyageurs par avions.

Ces derniers se distinguent par :

- Le nombre de vols réservés par an (6 au minimum)
- La connaissance des meilleurs sièges en fonction du type d'avion
- Par la raison de leur déplacement qui est le travail.
- L'utilisation d'application de réservation d'avion
- Leur comportement lors de la prise d'avion (utilisation d'un boarding pass numérisé, connaissances parfaites des processus d'embarquement)

Au contraire, notre population de novices se distingue par :

- Le nombre de voyage par avion inférieur à 2 fois par
- La raison de leur déplacement qui est pour les vacances
- Leur comportement lors de la prise d'avion (impression des feuilles de réservation, réalisation du parcours complet lors de l'arrivée à l'aéroport – enregistrement – non respect des normes de sécurité – non respect des normes de gating)

Pour ce faire, nous avons réalisé une expérience avec eye tracker auprès de sujets experts (N= 5) et novices (N= 6) réalisant des réservations de billets d'avion dans trois situations de multitâche.

2 PROBLEMATIQUES ET HYPOTHESES

Notre problématique est de savoir comment varient les patterns d'exploration visuelle des experts sur une interface d'ordinateur lorsque la charge cognitive fluctue en fonction de la complexité d'une tâche secondaire.

Nous faisons l'hypothèse que lorsque la tâche secondaire est simple, l'expert fera moins de saccades visuelles avec des durées de fixations plus longues car il va activer ses connaissances stockées en mémoire au contraire du novice qui fera plus de saccades avec des fixations plus courtes.

La tâche secondaire complexe continue entraîne une charge de travail plus importante que les autres modalités du à sa non interruption mais aussi aux classements fait par des juges. De plus la tâche secondaire discontinue se base sur le paradigme de Recarte et Numes (2000) qui montrent que une tâche secondaire mobilisant la même modalité sensorielle que la tâche principale entraîne une baisse des performances.

C'est pour cela que nous faisons l'hypothèse que lorsque la tâche secondaire se complexifie, on s'attend à ce que l'expert active ses connaissances stockées en mémoire dans un premier temps puis, dans un second temps, la charge cognitive devenant trop importante, les patterns d'exploration visuelle de l'expert seraient similaires à ceux des novices.

3 METHODE

Dans cette expérience nous avons fait varier l'expertise (expert vs. novice), la présence d'une tâche secondaire (avec vs. sans) et la complexité de la tâche secondaire (complexe continue vs. complexe discontinue vs. simple discontinue).

Nous avons choisi d'utiliser le site internet www.aeguen.com car il respecte un enchaînement des 4 étapes suivantes pour réaliser une réservation de ticket d'avion : 1. search page – 2. select flight – 3. option - 4. passengers. L'enregistrement oculométrique a été effectué à l'aide de l'eye tracker Tobii 120 sous Windows 7. Les passations se sont déroulées en laboratoire afin de réduire les biais dûs à l'extrême variabilité des conditions externes.

Nous avons recruté 11 participants via une base de données professionnelle de voyageurs. Chaque participant réalisait les 4 scénarios de réservations de billet d'avion.

4 RESULTATS

Nous avons analysé 5 indices : le nombre de fixations, leur durée, le diamètre pupillaire et le nombre de saccades.

a. La première analyse des résultats montrent un effet simple de la complexité de la tâche secondaire sur le nombre de fixations, ainsi qu'un effet simple de la continuité de la tâche secondaire sur le nombre de fixations (*tous les $p < .001$*). De plus, la double interaction est significative entre l'expertise, la complexité et la continuité sur le nombre de fixation (*$p < .001$*).

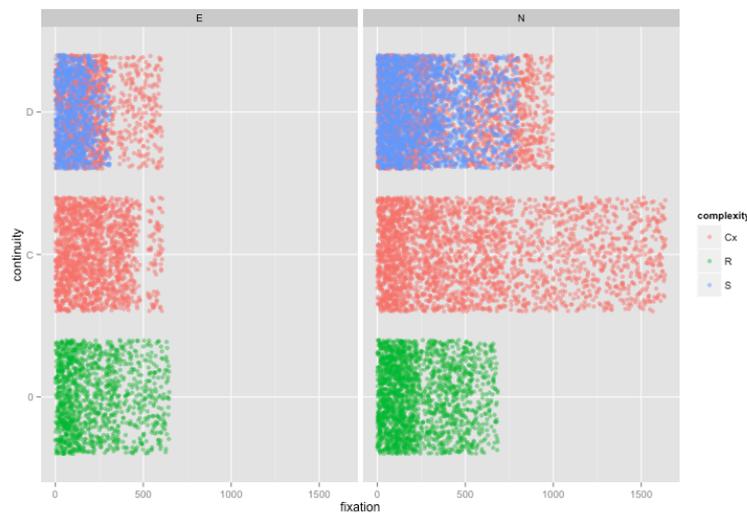


Figure 1 : répartition du nombre de fixations en fonction de l'expertise, de la complexité de la tâche secondaire et de sa continuité

b. Il en va de même pour la durée des fixations. On note un effet simple de la continuité de la tâche secondaire (*$p < .001$*). De même qu'il existe une interaction double significative entre l'expertise, la complexité et la continuité (*$p < .001$*).

A travers ces résultats nous observons que les novices vont réaliser plus de fixations et de plus longue durée que les experts lorsque la charge de travail est plus importante.

c. Pour la mesure du diamètre pupillaire, il y a un effet simple de la complexité de la tâche secondaire (*$p < .001$*) et une double interaction significative entre l'expertise, la continuité et la complexité (*$p < .001$*).

Les résultats montrent que plus la charge de travail est importante plus le diamètre pupillaire du participant va augmenter (comme le montre plusieurs recherches : Draai-Zerbib & Baccino, 2005 ; Recarte & Nunes, 2000).

d. Pour le nombre de saccades, on observe un effet simple de la continuité et un effet simple de la complexité (*$p < .001$ pour chaque comparaison*). Enfin il existe une double interaction significative entre l'expertise, la complexité et la continuité (*$p < .001$*).

Ces différences significatives entre experts et novices montrent qu'en fonction de l'expertise la détection d'informations pertinentes n'est pas la même.

5 DISCUSSION

La réservation de billets d'avion est une tâche complexe (environ 8 min) comprenant des étapes plus ou moins difficiles, ce contexte permet donc d'étudier divers types de charge de travail.

Les premiers résultats confirment une différence de patterns visuels qui sont influencés par les caractéristiques de la tâche secondaire, de l'étape de réservation et de l'expertise. Les stratégies d'exploration visuelles des experts se basent sur l'identification d'information et sur le sens de lecture de ces dernières. En étudiant ces caractéristiques, il nous est possible d'améliorer l'expérience utilisateur en travaillant sur les écrans de réservation de billets afin de mettre en avant les bonnes informations au bon moment pour faciliter la prise en main des applications par les novices et de réduire les erreurs.

Dans cet ordre d'idée, formaliser un processus facilitant l'identification des patterns visuels des experts permettrait d'étudier des environnements critiques comme celui de Kundel (1978) qui travaillent sur la détection, par les médecins, d'anomalies sur des radios de poumons. Avec l'identification des patterns visuels, ils ont permis aux jeunes médecins d'acquérir plus rapidement des réflexes de recherches et de détections ce qui a permis de réduire le nombre d'erreur et d'augmenter le nombre de patients traités.

Ces résultats pourraient être diversifiés dans les contextes impliquant l'expertise ou encore la multitâche comme dans la conduite avec un GPS ou un ordinateur de bord. Une récente étude gouvernementale de la NHTSA, montre qu'un conducteur utilisant un téléphone portable pour envoyer des sms a 23 fois plus de chance d'être impliqués dans un accident et que son temps de réaction se réduirait à 35%. De manière générale l'utilisation d'un outil durant la conduite (GPS, tableau de bord, etc.) augmenterait de 140% les changements de voies injustifiées et que 80% des incidents sur la route provenaient d'une distraction (chiffres intégrant tout type de distraction). En menant des études sur les patterns visuels impliqués dans la conduite et dans l'utilisation de ces outils, il serait possible de réduire le temps de distraction afin de prioriser la conduite.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Abernethy, B., Neal, R. J. and Koning, P. (1994), Visual-perceptual and cognitive differences between expert, intermediate, and novice snooker players. *Appl. Cognit. Psychol.*, 8: 185-211.
- Boksem, M.A.S., Tops, M. (2008). Mental fatigue: costs and benefits. *Brain Research Reviews*, 59, 125-139
- Cacciabue, P.C. (2004). Guide to Applying Human Factors Methods. Human Error and Accident Management in Safety Critical Systems. London: Springer.
- Carroll, C., Marsden, P., Naylor, E., New, J., Dorman, T. (2002). Involving users in the design and usability evaluation of a clinical decision support system. *Computer methods and programs in biomedicine*. Elsevier, 69, pp 123-135.
- Drai-Zerbib V., & Baccino T. (2005). L'expertise dans la lecture musicale : intégration intermodale. *L'année psychologique*, 105(3), 387-422.
- Ericsson, K. A., & Kintsch, W. (1995). *Long-term working memory*. *Psychological Review*, 102, 211-245.
- Kalakoski, V. & Saariluoma, P. (2001). Taxi driver's exceptional memory of street names. *Memory & Cognition* 29(4), 634-638.
- Kundel, H. L., Nodine, C. F., & Carmody, D. (1978). Visual scanning, pattern recognition and decision-making in pulmonary nodule detection. *Investigative radiology*, 13(3), 175-181.
- Tomasi, D., Chang, L., Caparelli, E.C., Ernst, T. (2007). Different activation patterns for working memory load and visual attention load. *Brain Research*, 1132, 158-165.

- Recarte M., & Nunes L. (2000). Effects of Verbal and Spatial-Imagery Tasks on Eye Fixations While Driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 6(1), 31-43.
- Savelsbergh, J. P. , Van der Kamp, J., Williams, A., Ward, P. (2005). Anticipation and visual search behaviour in expert soccer goalkeepers. *Ergonomics*, 48: 11, 1686 — 1697
- Shanteau, J. (1992). The psychology of experts: An alternative view. In G. Wright & F. Bolger (Eds.), *Expertise and decision support*. (pp. 11-23). *Plenum Press*: New York.
- Wickens, C.D. (1984). Processing resources in attention. Academic Press, pp. 63-101.
- Wickens, C.D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomic Science*, 3, 159-177.
- Wickens, C.D. (2008). Multiple resources and mental workload. *Human Factors*, 50, 449-455.

Etude outillée de l'attention visuelle flottante dans la recherche collaborative d'informations sur grands écrans

Damien MARION

109 avenue Roul, CS40007, 33405 Talence Cedex
damien.marion@ensc.fr

Pierre-Alexandre FAVIER

109 avenue Roul, CS40007, 33405 Talence Cedex
pierre-alexandre.favier@ensc.fr

Christophe BEY

109 avenue Roul, CS40007, 33405 Talence Cedex
christophe.bey@ensc.fr

Sami LINI

109 avenue Roul, CS40007, 33405 Talence Cedex
sami.lini@akiani.fr

Jean-Marc ANDRE

109 avenue Roul, CS40007, 33405 Talence Cedex
jean-marc.andre@ensc.fr

RÉSUMÉ

Dans cet article, nous présentons un système basé sur la détection des mouvements de tête qui permet l'affichage sur un écran de grand format du point d'attention de chaque individu. Ainsi, chaque individu sait où regarde à l'écran chacun de ses partenaires. Nous posons l'hypothèse que ce système améliore la recherche collective d'information en introduisant une collaboration implicite entre les individus.

MOTS-CLÉS

Head Tracking, interface adaptative, public display, point d'attention, collaboration implicite

1 PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

La démocratisation récente d'écrans de très grands formats et de la « haute définition » change le rapport de l'utilisateur à l'écran. Ces derniers sont de plus en plus en attente des nouvelles technologies, qui doivent leur offrir de plus en plus de fonctionnalités intuitives et naturelles. De ce fait, on voit émerger de nombreux travaux sur les « interfaces intelligentes », qui s'adaptent, se transforment en fonction du nombre d'individus les utilisant ou encore en fonction de l'intérêt que peut porter un utilisateur à l'interface en question (Schiavo, Mencarini, Vovard, & Zancanaro, 2013).

C'est pourquoi, nous nous intéressons ici au partage collaboratif « implicite » d'une surface d'affichage à l'aide du mécanisme de la vision « flottante ». En effet, Nous posons l'hypothèse générale qu'un groupe de personnes à la recherche d'informations sur un écran de grand format sera plus performant dans leur détection si chaque utilisateur est conscient de l'endroit où regardent ses partenaires. Nos travaux se rapprochent sur ce point de ceux de Khan, Matejka, Fitzmaurice et



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

Kurtenbach (2005), qui ont exploré une technique permettant de focaliser l'attention d'un groupe de personne en projetant un faisceau lumineux sur la zone de l'écran nécessitant l'attention de l'audience. Cette conscience de l'endroit regardé participe à la construction d'une conscience de groupe (Benali, Bourguin, David, Derycke, & Ferraris, 2002). C'est le mécanisme permettant la perception de l'endroit regardé par ses partenaires que nous nommons « vision flottante », par analogie avec le mécanisme dit « d'écoute flottante » qui permet de percevoir des informations dans une conversation dont on est témoin, même si elle ne nous est pas destinée. L'expérience présentée dans cet article consiste en l'affichage d'images très chargées en informations dans lesquelles trois utilisateurs doivent retrouver une liste d'éléments, à la manière des jeux pour enfant du type « Où est Charlie ? ».

La présentation des images se fait selon deux modalités :

- la modalité d'affichage simple (**S**), qui présente la liste des éléments à retrouver et l'image dans laquelle les chercher ;
- la modalité d'affichage avec point d'attention (**PA**), qui présente le même affichage que la modalité **S**, avec en complément la matérialisation du point d'attention de chacun des utilisateurs.

Nous partons du postulat que lors de la recherche collaborative d'informations, la performance du groupe devrait être améliorée et que le temps pour trouver les éléments devrait être moins important lorsque le point d'attention de chaque membre est affiché.

2 MILIEU D'IMPLANTATION



Figure 1 : Photographie de l'expérience

2.1 Méthode

Techniquement, nous utilisons un système de Head Tracking basé sur la détection infra-rouge de marqueurs. La matérialisation du point d'attention est réalisée par l'affichage à l'écran d'une ellipse transparente munie d'une double bordure, une noire et une blanche, afin qu'elle soit toujours visible quelle que soit la couleur du fond des images affichées (figure 1). Les dimensions de l'ellipse sont calculées afin de représenter la zone de discrimination des couleurs, soit 60° en horizontale de part et d'autre de l'axe optique et de 30° en verticale vers le haut et 40° vers le bas (Aw & Rouhet, 2004).

L'expérience se découpe en quatre séquences. La première partie consiste à faire passer le test psychologique informatisé de mesure des styles cognitifs d'indépendance et dépendance au champ, Extended CSA-WA (Peterson & Deary, 2006). Cette mesure des styles cognitifs est essentielle afin de former des groupes de trois utilisateurs les plus homogènes possibles quant aux stratégies d'exploration visuelles mises en place. En effet nous avons formé les groupes d'utilisateurs de sorte que les scores du ratio d'indépendance et dépendance au champ de chaque groupe soient les plus proches possibles.

L'expérience s'est déroulée dans un environnement contrôlé. Les participants sont placés volontairement près de l'écran dans une zone 3,50 mètres de longueur et de 1 mètre de largeur par rapport à l'écran. Cette zone est délimitée physiquement par l'écran et le mobilier de la salle d'expérimentation qui les empêche d'en sortir (figure 2).

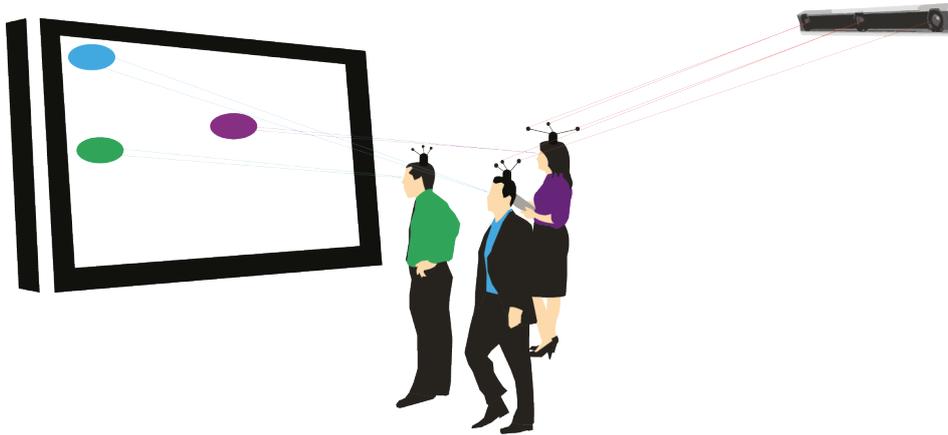


Figure 2 : Schéma du dispositif

Cette contrainte garantit que les sujets restent dans la zone de détection : durant toute cette phase, les mouvements de têtes des 3 sujets sont traqués en temps réel. Aucune consigne les empêchant de se déplacer dans cette zone n'est formulée. Cette contrainte physique est nécessaire afin que le parcours complet de l'image puisse être réalisé « confortablement » seulement en bougeant la tête et non par un simple balayage du regard (tête immobile). Cette proximité à l'écran impose ainsi le recours à des mouvements détectables par notre dispositif de Head Tracking. Des mouvements plus ténus nécessiteraient l'utilisation d'un système d'Eye-Tracking multi-utilisateurs, ce qui serait techniquement complexe et coûteux à mettre en œuvre. D'autre part, nous nous intéressons à la détection de la focalisation sur une zone de l'écran, pas sur un point précis de l'affichage. La précision apportée par notre dispositif est donc suffisante à la mise en évidence de l'impact de la matérialisation de la zone d'attention sur l'élaboration de stratégies de recherche visuelles. Les prises d'information brèves qui engendrent un simple mouvement oculaire sans mouvement de la tête ne correspondent pas à une consultation pertinente dans notre cas d'utilisation. L'exploitation des seuls mouvements de tête intercepte correctement les comportements que nous ciblons.

Les conditions de luminosité sont également maîtrisées, du fait de l'utilisation d'une technologie basée sur des émetteurs et capteurs infrarouges, et afin de garantir la stricte équivalence des conditions de passation entre les groupes. Une souris est placée devant les candidats pour qu'ils puissent cliquer sur l'élément trouvé dans l'image. Quand le clic désigne bien un élément à trouver, la zone cliquée correspondante est mise en surbrillance. Simultanément, l'élément trouvé disparaît de la liste des objets à rechercher du bandeau supérieur. Dans le cas contraire, le clic est comptabilisé comme un mauvais clic et il ne se passe rien à l'écran. A chaque clic des participants, une fenêtre événementielle apparaît sur l'écran de l'expérimentateur qui doit alors renseigner le numéro de l'utilisateur ayant cliqué.

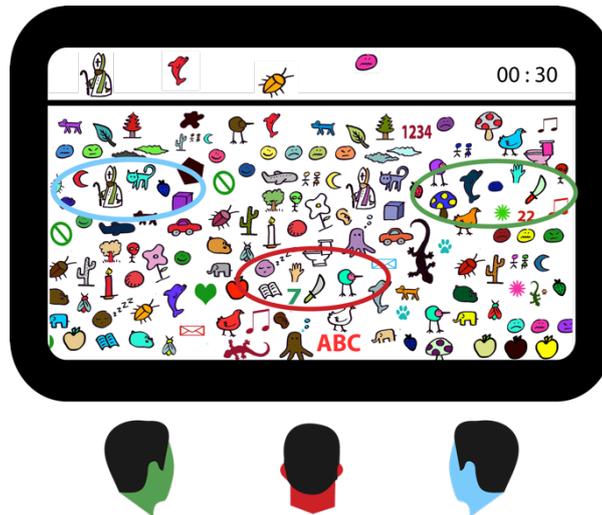


Figure 3 : Schéma de principe de l'expérience

Durant toute l'expérience, les participants ont pour consignes de ne communiquer d'aucune manière que ce soit avec leurs coéquipiers. Cependant, afin de rendre l'expérience plus ludique et de plonger les participants dans la tâche, un score collectif est calculé pendant la troisième partie. Ce score est présenté comme un score d'équipe prenant en compte la date du clic, le nombre d'objets trouvés et le nombre de mauvais clics. Le mauvais clic n'enlève en fait pas de points au score mais la consigne dit explicitement le contraire afin d'éviter les stratégies de clics à l'aveugle pour trouver un maximum d'objets.

Dans la deuxième phase de l'expérience, il est présenté deux images tests en séquence, une image avec la modalité **S** et une image avec la modalité **PA**.

Dans la troisième phase de l'expérience, deux séries de quinze images par groupe sont déroulées. Une série avec la modalité **S** et une série avec la modalité **PA**. L'ordre des séries, et donc des modalités, est contrebalancé pour chaque groupe d'utilisateur. Les numéros de groupe pairs commencent avec la modalité **S** et inversement pour les numéros de groupes impairs. Sur chaque image, les utilisateurs doivent retrouver six éléments en quarante secondes. Les six éléments à retrouver sont affichés au dessus de l'image et placés en nuage pour éviter une répartition implicite des éléments entre les individus. De plus, les utilisateurs sont placés près de l'écran et donc pour éviter les gênes éventuelles, au niveau de la nuque, causées par des mouvements trop répétitifs de haut en bas, les objets à retrouver sont placés dans un bandeau en haut de l'écran ainsi que le compte à rebours de quarante secondes. Sur les six éléments à retrouver, il y a toujours un élément non présent dans l'image, un "leurre", afin d'inciter les participants à chercher pendant toute la durée de présentation d'une image. Entre chaque présentation d'image un écran affichant un compte à rebours de trois secondes s'affiche. De plus, avant le passage d'une série à l'autre, les utilisateurs sont avisés du changement de modalité pour la série suivante, pendant 20 secondes, avec affichage du point d'attention si le groupe a commencé par la modalité **S** ou disparition du point d'attention si le groupe a commencé avec la modalité **PA**. Concernant, l'affichage des points d'attention, nous avons choisi de les symboliser de la même couleur pour les 3 sujets afin qu'il n'y ait pas de stratégie compensatoire vis à vis d'un seul individu du groupe (en cas d'*a priori* sur la performance des autres membres).

Enfin, dans un dernier temps nous recueillons le ressenti immédiat des participants.

En analysant, le nombre d'objets trouvés selon la modalité d'affichage présentée, nous testons les hypothèses suivantes :

(H1) le nombre d'objets trouvés est supérieur pour les groupes ayant commencé l'expérience avec la modalité **PA** ;

(H2) le temps pour trouver le premier objet est plus faible pour les groupes ayant commencé l'expérience avec la modalité **PA** ;

(H3) le nombre d'objets trouvés par image est plus important pour les groupes commençant en modalité **PA** ;

(H4) les groupes commençant en modalité **PA** réalisent moins de mauvais clics.

En effet, nous souhaitons démontrer l'avantage significatif de l'affichage du point d'attention, lors de la première série d'images, permettant ainsi d'établir une stratégie de recherche individuelle, basée sur l'interprétation personnelle de chacun des participants, concernant la stratégie de recherche mise en place par ses coéquipiers et donc par conséquent la meilleure stratégie à adopter pour améliorer sa propre performance, et la performance collective.

Il est important de noter qu'aucun utilisateur ne s'est déplacé dans la zone plutôt restreinte durant l'expérience malgré qu'aucune consigne n'ait été formulée dans ce sens. De ce fait, les utilisateurs sont restés en ligne et ont conservé l'ordre de placement du début à la fin de l'expérience. L'utilisateur numéro un est toujours à gauche, le numéro deux au centre et le numéro trois sur la droite de l'écran.

2.2 Matériel

Les images sont projetées sur un écran de 2.40 mètres de base horizontal, au format 16/9, permettant une projection par l'arrière. Un capteur Optitrack V3 Trio placé derrière les utilisateurs, au plafond de la salle, détecte les mires infrarouges placées sur les casques portés par chacun des participants. L'expérience est filmée à l'aide d'une caméra GoPro afin de lever les éventuelles ambiguïtés durant le dépouillement des données. Le corpus d'images présentées est de type varié : dessins, photos, infographies, nuages de tags. L'utilisation de différents types d'image dans le corpus est en adéquation avec les guides de conception évoqués par Alt, Schneegaß, Schmidt, Müller et Memarovic (2012). Toutes les images utilisées sont libres de droits et vont servir à constituer une banque de données qui sera mise à disposition.

2.3 Participants

Cinquante-quatre personnes ont participé à l'expérience : dix-huit groupes de trois personnes (n=18), majoritairement des étudiants. Les groupes ont été formés au hasard des disponibilités des individus en veillant tout de même à respecter l'homogénéité des ratios de chaque groupe concernant le style cognitif d'indépendance et dépendance au champ comme évoqué précédemment.

3 RESULTATS

Les résultats décrits ci-après n'exposent qu'une première partie des données. Le dépouillement complet étant encore en cours. Les données présentées ici correspondent aux données relatives aux événements enregistrés durant l'expérience. Une étude ultérieure présentera les données relatives aux mouvements de tête et au d'attention des utilisateurs (4,5 Go de données consolidées en cours d'analyse).

		Ordre																	
		PA-S									S-PA								
Modalité	PA	51	51	50	51	53	55	57	48	54	49	50	51	41	52	48	55	47	52
	S	39	39	49	38	51	52	49	36	49	51	51	58	45	54	57	54	39	51

Figure 4 : Nombre d'objets trouvés par groupe selon la modalité

Dans la figure 4, la variable « ordre » correspond à l'ordre d'affichage des modalités durant l'expérience. Elle indique qu'un groupe a commencé l'expérience avec la modalité **PA** puis a terminé avec la modalité **S** et inversement. Nous allons comparer le nombre d'objets trouvés selon la modalité de démarrage de l'expérience, soit 9 groupes ayant démarré en **PA** puis terminé en **S (PA-S)** et 9 groupes ayant démarré en **S** puis terminé en **PA (S-PA)**.

Après, un test de Mann-Whitney, nous n'obtenons pas de différence significative entre le nombre d'objets trouvés par les groupes commençant avec le point d'attention dans la première partie de l'expérience et ceux terminant avec cette modalité. Il nous est donc impossible de vérifier statistiquement H1. Cependant, il est important de noter que la moyenne d'objets trouvés si on commence l'expérience avec la modalité **PA** est supérieure de 5,9 objets à celle des groupes ayant commencé l'expérience par la modalité **S**. Ainsi on obtient une moyenne de 101,7 ($\sigma = 5.9$, $Q1 = 100$, $Med = 101$, $Q3 = 105$) objets pour les groupes en modalités **PA-S** contre une moyenne de 95,8 ($\sigma = 11.8$, $Q1 = 90$, $Med = 100$, $Q3 = 105$) pour les groupes ayant commencé en **S-PA**.

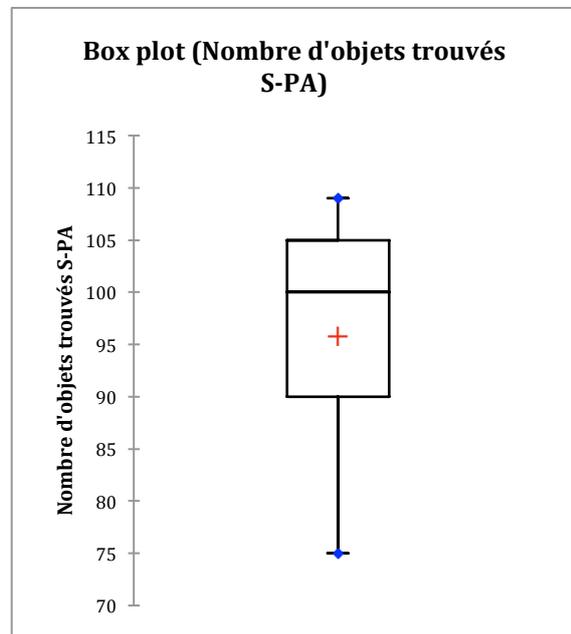
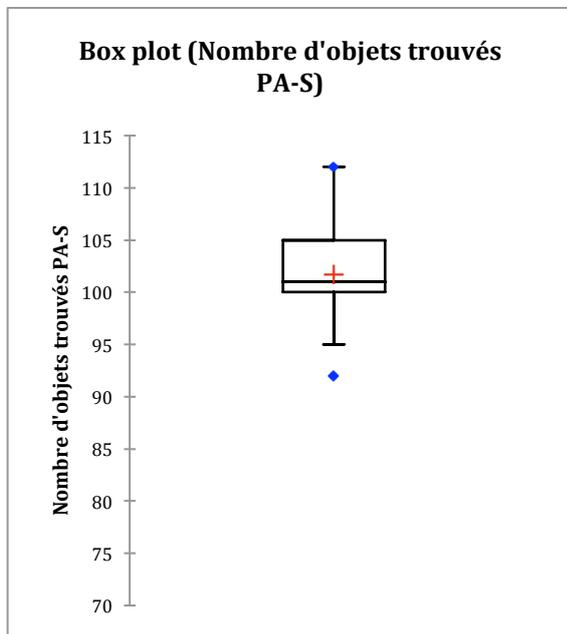


Figure 5 et 6 : Nombre d'objets trouvés en fonction de l'ordre de la modalité de démarrage de l'expérience

Comme le montre les figures 5 et 6 la performance des groupes commençant en modalité **PA** est supérieure mais également moins dispersée que celle des groupes commençant en modalité **S**. Nous constatons donc que l'observation tendancielle conforte H1, mais l'analyse statistique n'autorise pas de conclusion en ce sens.

Concernant l'hypothèse H2, nous étudions le temps pour trouver le premier objet selon l'ordre de réalisation de l'expérience : **PA-S** ou **S-PA**. Dans les résultats qui suivent, la valeur du temps présentée correspond à la valeur du compte à rebours au moment du clic et non au temps mis par les utilisateurs à cliquer sur le premier objet trouvé.

Ainsi, si on veut déterminer le temps écoulé avant le premier clic, il faut soustraire le temps du clic présenté au temps de présentation d'une image qui est de quarante secondes. Les résultats montrent que la moyenne de temps du premier clic sur un objet trouvé pour les groupes en **PA-S** est de 30,8 secondes ($\sigma = 6,1$, $Q1 = 29$, $Med = 33$, $Q3 = 35$). C'est-à-dire qu'en moyenne les groupes en **PA-S** mettent 9,2 secondes après le début de la présentation d'une image pour trouver un objet. Pour les groupes en **S-PA**, on observe une moyenne de 30.7 secondes ($\sigma = 6,1$, $Q1 = 29.75$, $Med = 33$, $Q3 = 34.25$). Il est donc difficile de conclure concernant H2 tant la différence est minime, ce qu'un test de Mann-Whitney confirme.

L'étude du nombre moyen d'objets trouvés par image selon l'ordre de passage de l'expérience **PA-S** vs **S-PA**, permet d'établir une moyenne de 3.4 objets trouvés en moyenne par image ($\sigma = 1,2$, $Q1 = 3$, $Med = 4$, $Q3 = 4$) pour les groupes en **PA-S** contre 3.2 objets trouvés en moyenne par image ($\sigma = 1,2$, $Q1 = 2$, $Med = 3$, $Q3 = 4$) pour les groupes en **S-PA**.

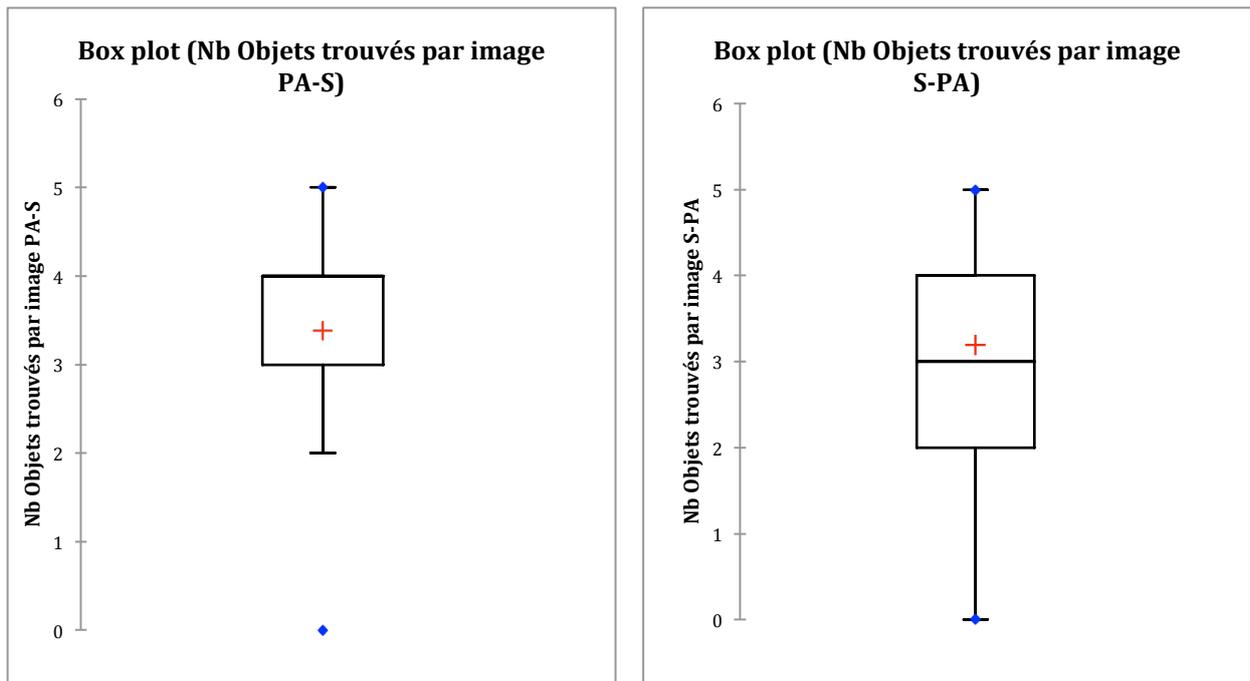


Figure 7 et 8 : Nombre d'objets trouvés par image en fonction de l'ordre de la modalité de démarrage de l'expérience

Les figures 7 et 8 permettent d'observer une performance (en nombre d'objets trouvés) légèrement supérieure pour les groupes en **PA-S**, mais surtout que la performance est moins dispersée.

Concernant l'hypothèse H4, après un test de Mann-Whitney, nous observons une différence significative entre le nombre de mauvais clics entre les groupes ayant réalisé l'expérience en **PA-S** et ceux en **S-PA** ($p < 0,0006$). Nous obtenons une moyenne de 0.5 ($\sigma = 0.9$) mauvais clics par image pour les groupes en **PA-S** et 0.9 ($\sigma = 1.4$) mauvais clics en moyenne pour les groupes **S-PA**.

4 DISCUSSION ET TRAVAUX FUTURS

Cette expérience préliminaire permet d'appuyer l'hypothèse générale soulignant l'avantage de la construction d'une stratégie performante grâce à la matérialisation du point d'attention. Cette tendance est pour le moment timidement soutenue par nos résultats mais nous sommes encore dans l'analyse de ceux-ci. En effet, les résultats montrent que les groupes ayant eu leurs points d'attention affichés en début d'expérience, et donc la possibilité de prendre en compte l'indication des zones que regardaient leurs partenaires et leur manière de rechercher les images, ont trouvé en

moyenne plus d'objets que les groupes n'ayant eu l'affichage du point d'attention que dans un seconde temps. Ils ont également un meilleur taux de découverte d'objets par image et ils réalisent significativement moins de mauvais clics. L'analyse plus complète de nos résultats nous laisse penser que le mécanisme de « vision flottante » doit être étudié plus largement afin de déterminer si celui-ci est une vraie aide quant à l'utilisation d'écran de grand format et à la recherche d'information sur ceux-ci. D'autre part, le gain en termes de performance est certainement lié à la nature de la tâche, ainsi qu'à l'expertise des utilisateurs. De nombreux travaux ont déjà été menés concernant la capture de l'attention des utilisateurs passant devant un écran (Huang, Koster, & Borchers, 2008; Müller, Walter, Bailly, Nischt, & Alt, 2012 ; Müller, Wilmsmann, Exeler, Buzeck, Schmidt, Jay, & Krüger, 2009 ; Wang, Boring, & Greenberg, 2012). Nous comptons nous appuyer sur ces travaux pour améliorer l'expérience utilisateur liée à l'interaction que nous proposons en matérialisant le point d'attention à l'écran. Dans la suite de nos recherches, nous allons ainsi approfondir le concept de matérialisation du point d'attention dans des tâches de coopération en prenant en compte l'expertise des utilisateurs, leur habitude à coopérer dans la réalisation de tâches comparables et/ou à travailler ensemble.

5 REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la Direction Générale de l'Armement qui finance ce programme de recherche, l'ensemble des volontaires qui ont pris part gracieusement à cette expérience, ainsi que Florian TUAL et Yannis MARIE pour leur contribution dans le cadre de leur projet ingénieur.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Alt, F., Schneegaß, S., Schmidt, A., Müller, J., & Memarovic, N. (2012, June). How to evaluate public displays. In *Proceedings of the 2012 International Symposium on Pervasive Displays* (p. 17). ACM.
- Aw, A., & Rouhet, J. C. (2004). Ergonomie. Système homme-machine. *Techniques de l'ingénieur. Informatique industrielle*, 2(S7610), S7610-1.
- Benali, K., Bourguin, G., David, B., Derycke, A., & Ferraris, C. (2002). Collaboration/Coopération. *Information-Interaction-Intelligence, Actes des deuxièmes Assises nationales du GDR I3*, J. Le Maître (Ed.), 247-261.
- Huang, E. M., Koster, A., & Borchers, J. (2008). Overcoming assumptions and uncovering practices: When does the public really look at public displays?. In *Pervasive Computing* (pp. 228-243). Springer Berlin Heidelberg.
- Khan, A., Matejka, J., Fitzmaurice, G., & Kurtenbach, G. (2005, April). Spotlight: directing users' attention on large displays. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*(pp. 791-798). ACM.
- Müller, J., Walter, R., Bailly, G., Nischt, M., & Alt, F. (2012, May). Looking glass: a field study on noticing interactivity of a shop window. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 297-306). ACM.
- Müller, J., Wilmsmann, D., Exeler, J., Buzeck, M., Schmidt, A., Jay, T., & Krüger, A. (2009). Display blindness: The effect of expectations on attention towards digital signage. In *Pervasive Computing* (pp. 1-8). Springer Berlin Heidelberg.
- Peterson, E. R., & Deary, I. J. (2006). Examining wholistic-analytic style using preferences in early information processing. *Personality and Individual Differences*, 41(1), 3-14.
- Schiavo, G., Mencarini, E., Vovard, K., & Zancanaro, M. (2013, April). Sensing and reacting to users' interest: an adaptive public display. In *CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1545-1550). ACM.
- Wang, M., Boring, S., & Greenberg, S. (2012, June). Proxemic peddler: a public advertising display that captures and preserves the attention of a passerby. In *Proceedings of the 2012 international symposium on pervasive displays* (p. 3). ACM.

Session 8 : Aspects psycho-ergonomiques des TIC : utilisabilité

Evaluation ergonomique d'un système d'authentification graphique

Pascal Salembier

ICD-TechCICO, UMR 6281 CNRS, Université de Technologie de Troyes
12, rue Marie Curie, CS 42060, 10004 Troyes Cedex
Pascal.Salembier@utt.fr

Moustafa Zouinar, Christophe Mathias, Guirec Lorant, Jean-Philippe Wary

IMT/OLPS, Orange Labs
38-40 rue du général Leclerc, 92130, Issy les Moulineaux
moustafa.zouinar ; christophe.mathias ; guirec.lorant ; jeanphilippe.wary@orange.com

RÉSUMÉ

Cet article présente les résultats d'une première expérimentation à visée exploratoire menée dans le cadre d'un programme de recherche portant sur la sécurité des systèmes informatiques et ergonomie de l'interaction Homme-ordinateur. Ce programme a pour objectif de concevoir un système d'authentification graphique nommé HSA (Human Semantic Authentication®). La procédure d'authentification consiste à identifier quatre concepts ou mots, qui constituent le mot de passe, dans une image en cliquant sur les zones correspondantes. L'expérimentation a consisté à évaluer certaines dimensions de l'utilisabilité du système dans une situation de laboratoire. Les résultats montrent que ce type de procédure d'authentification ne va pas de soi et qu'il soulève toute une série de problèmes d'ordre perceptifs et cognitifs qui compromettent son utilisabilité. On met en évidence les tensions qui existent entre les critères de sécurité et l'utilisabilité du système et on formule quelques pistes d'amélioration de l'utilisabilité du système.

MOTS-CLÉS

Authentification graphique ; Utilisabilité ; Sécurité ; Catégorisation sémantique

1 INTRODUCTION

La sécurité des systèmes informatiques constitue aujourd'hui un enjeu de plus en plus important à mesure que les usages des applications informatiques et de l'internet se développent. Dans ce contexte, le système d'authentification le plus couramment utilisé (mot de passe alphanumérique) s'avère de plus en plus vulnérable aux attaques dans un monde où les attaquants élaborent des tactiques variées aussi bien humaines qu'automatiques de plus en plus sophistiquées pour les retrouver. Cette vulnérabilité est en grande partie liée aux usages de ce type de système (e.g. la tendance des utilisateurs à choisir de mots de passe facilement identifiables).

Ce problème, qui pose la question de la définition de modes d'authentification à la fois sûrs et utilisables, s'inscrit dans la problématique plus large de la recherche de solutions technologiques permettant d'optimiser le rapport entre ces deux dimensions (Biddle, Chiasson, & Oorschot, 2011). Il est en effet maintenant reconnu que la question de la sécurité des systèmes informatiques (notamment des réseaux) ne peut être réduite à un problème de nature purement technique et qu'elle doit intégrer la composante utilisateur (Wiedenbeck, Waters, Birget, Brodskiy, & Memon, 2005). D'où un essor récent de travaux associant sécurité informatique et interaction Homme-ordinateur (Biddle et al., 2011). La recherche de solutions optimales a ainsi suscité l'exploration de nouveaux systèmes d'authentification. L'authentification graphique a été proposée comme une



Les auteurs conservent les
droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

alternative au système traditionnel d'authentification basé sur la saisie de chaînes de caractères alphanumériques ou spéciaux (authentification alphanumérique). La justification de cette innovation est double (Biddle et al., 2011): un renforcement du niveau de résistance aux attaques (e. g. les mots de passe traditionnels sont prédictibles lorsque c'est l'utilisateur qui les choisit) et une facilité d'utilisation accrue, en particulier du point de vue de la mémorisation (e. g. les mots de passe traditionnels posent des problèmes de mémorisation). Les deux objectifs sont en fait directement liés dans la mesure où un niveau d'utilisabilité moindre peut induire des comportements non souhaitables qui vont impacter directement le niveau de sécurité du système (trop grande facilité à inférer les mots de passe, réplification des mots de passe pour des services différents, utilisation de notes de type « pense-bête », etc.).

2 LES SYSTEMES D'AUTHENTIFICATION GRAPHIQUE

Un enjeu majeur des travaux menés sur la sécurité des systèmes informatiques réside dans la poursuite de deux objectifs potentiellement contradictoires : l'augmentation de la résistance des systèmes aux attaques humaines et automatiques d'une part, et le maintien d'un niveau d'utilisabilité compatible avec l'usage quotidien de systèmes d'authentification sur des terminaux divers (PC, smartphones, tablettes, etc.). Cette tension entre sécurité, utilisabilité mais aussi respect de la vie privée, traverse un large champ de situations : accès physique à des zones protégées, connexion à des services réservés, utilisation de dispositifs dangereux. La multiplication et la disparité des mesures de protection mises en place par les concepteurs conduisent parfois les utilisateurs, qui ne disposent pas forcément d'une représentation adéquate des enjeux, à mettre en œuvre des stratégies de contournement de ces mesures de manière à relâcher les contraintes qui rendent leurs activités quotidiennes plus difficiles, au détriment de la sécurité (Norman, 2009).

On distingue dans la littérature, trois grandes catégories de systèmes d'authentification graphique (voir synthèse dans le tableau 1) selon leurs caractéristiques en termes de mémorisation (Biddle et al., 2011) : les systèmes basés sur la reconnaissance, les systèmes basés sur le rappel, et les systèmes basés sur le rappel indicé. Dans les systèmes basés sur la reconnaissance, dits *cognométriques*, l'utilisateur doit mémoriser un ensemble d'images (par exemple : paysages, visages, dessins, icônes) ; la procédure d'authentification consiste alors à les reconnaître parmi un autre ensemble plus large appelés leurres. Par exemple, dans le système *Passfaces*¹⁰, au moment de la création du mot de passe, l'utilisateur doit sélectionner 4 photographies de visages comme mots de passe ; pour s'authentifier, il doit reconnaître chaque visage séquentiellement parmi des ensembles de 9 photographies de visages contenant des leurres (8 parmi les 9). On suppose que la mémorisation est ainsi facilitée puisqu'elle repose sur la reconnaissance. L'authentification basée sur le rappel consiste pour l'utilisateur à reproduire un dessin secret qu'il a produit à l'aide d'une souris ou d'un stylet au moment de la création de ce mot de passe. *Draw-A-Secret* (Mayer, Monroe, & Rubin, 1999) constitue un exemple canonique de ce type de système appelé *drawmetric*. A la différence des systèmes basés sur la reconnaissance, ce type de systèmes se rapproche de l'authentification alphanumérique du point de vue de la mémorisation car il repose sur le rappel. Plusieurs variantes de ce type de système ont été proposées. Les systèmes basés sur le rappel indicé constituent une autre approche qui vise à donner à l'utilisateur des indices qui lui facilitent la tâche de récupération en mémoire du mot de passe. Ainsi, dans *PassPoints* (Wiedenbeck, Waters, Birget, Brodskiy, Memon, 2005) qui est un exemple de système *locimetric*, l'utilisateur choisit plusieurs points (par exemple, 5) dans une image en cliquant dans différentes zones de celle-ci ; ces points constituent alors son mot de passe. Pour s'authentifier l'utilisateur doit cliquer sur les zones qu'il avait choisies sur l'image ; celle-ci est présentée à chaque fois au moment de l'authentification. L'image constitue ainsi l'indice qui est supposé faciliter la récupération du mot de passe. Différentes options de ce type de système ont également été explorées.

¹⁰ http://www.passfaces.com/enterprise/resources/white_papers.htm

Tableau 1 : Classification des systèmes d'authentification graphique (d'après Biddle et al., 2011)

	Authentification basée sur la reconnaissance	Authentification basée sur le rappel	Authentification basée sur le rappel indicé
Type de mot de passe	Images : visages, paysages, tableaux (<i>Passfaces ; Story System, Déjà Vu</i>)	Dessin ou forme géométrique (<i>Draw-A-Secret</i>)	Zones dans une image ou une série de points (<i>PassPoints</i>) Images (<i>Passhint</i>)
Mode d'authentification	Sélection d'images dans une série	Reproduction du dessin ou de la forme	Sélection de zones Sélection d'images

Les études réalisées sur l'utilisabilité de ces systèmes (Schaub, Walch, Könings, & Weber, 2013) montrent qu'ils impliquent des temps d'authentification en moyenne plus longs que l'authentification alphanumérique mais donnent des résultats globalement meilleurs en termes de mémorisation, en particulier pour les systèmes basés sur la reconnaissance. Un autre résultat notable est que ces systèmes se révèlent peu résistants aux attaques de type « observation à la dérobée » (*shoulder surfing*). Ces résultats illustrent bien la tension qui traverse la relation entre utilisabilité et sécurité.

2.1 Le système HSA®

Le système HSA® (Human Semantic Authentication) a été développé au sein d'Orange. Par rapport à la classification des familles de systèmes d'authentification graphiques HSA® se situe entre les systèmes basés sur le rappel et les systèmes basés sur le rappel indicé. Il vise à proposer un service d'authentification basé sur la mémorisation et l'identification par l'utilisateur de « concepts »¹¹ dans des images (photos, dessins, peintures, etc.). Le principe de fonctionnement imaginé est le suivant : un mot de passe constitué de quatre concepts (par exemple, Jaune, Outil, Animal, Nourriture) est attribué à un utilisateur qui doit les retenir.



Figure 1 : Exemple d'associations à réaliser entre concepts (par exemple, Jaune, Outil, Animal, Nourriture) et image dans le système HSA®

Ces concepts sont « codés » dans des images dans lesquelles des instances de ces concepts sont présentes (figure 1). Le codage consiste à définir les zones qui correspondent à ces concepts et à les rendre ainsi actives. Selon le type de concept, les éléments visuels constituant ces zones peuvent correspondre à des objets, des couleurs, des matériaux, ou des propriétés inférables à partir de la

¹¹ Le terme de « concept » renvoie plus ici à des mots qu'à des structures de connaissance. Il a été néanmoins retenu par les concepteurs du système pour mettre l'accent sur la dimension sémantique du principe d'authentification.

nature des éléments qui composent l'image. Le codage est invisible pour l'utilisateur. La phase d'authentification consiste à cliquer sur les zones qui correspondent au mot de passe (c'est-à-dire à chacun des quatre concepts), sachant que l'image change à chaque nouvelle authentification pour des raisons de sécurité. La tâche d'authentification est réussie lorsque l'utilisateur clique ou pointe sur les « bonnes » zones, et ce dans l'ordre défini au moment de la création du mot de passe.

2.2 Analyse en termes de sécurité

La sécurité constitue un aspect crucial des systèmes d'authentification dans la mesure où ils doivent garantir un certain niveau de protection contre des attaques malveillantes. Cette dimension est non seulement importante d'un point de vue technique mais aussi en termes d'utilisabilité. Il est donc intéressant de comprendre quelles sont les caractéristiques du système HSA[®] en termes de sécurité.

2.2.1 Vulnérabilité aux attaques

La motivation principale du système HSA[®] est de rendre plus difficiles les attaques automatiques par espionnage (via des outils malveillants installés sur le poste client, tel que des *spywares* ou *key loggers*¹²) qui opèrent par captation des données ou par tentatives aléatoires d'authentification.

Concernant les logiciels d'analyse automatique de données multimédia, idéalement, les éléments du mot de passe (appelés « concepts ») ne doivent pas être identifiables par ce type de logiciel. Si par un moyen quelconque, un attaquant récupère les données HSA[®] proposées pour une authentification (par exemple une image) ainsi que la réponse de l'utilisateur (localisation des clics sur l'image), la probabilité d'identification du mot de passe, et donc d'authentification à la place de l'utilisateur lors de la présentation d'une nouvelle image, doit être la plus faible possible. Ce point constitue un différentiateur important par rapport au pinpad proposé actuellement sur de nombreux sites bancaires, et qui se révèle très vulnérable à ce type d'attaque par captation unique du matériel présenté pour l'authentification (i.e. une grille de chiffres disposés aléatoirement) et de la réponse utilisateur (i.e. la localisation des clics).

Pour ce qui est des tentatives aléatoires, dans le cas d'un attaquant (humain ou machine) qui parviendrait à se procurer une image HSA[®] et qui donnerait une réponse complètement aléatoire, la probabilité d'authentification correcte doit être inférieure à 1/10.000 (probabilité pour un code PIN aléatoire sur 4 chiffres)

2.2.2 Pré-requis

Pour être réellement efficace le système doit idéalement respecter un certain nombre de prérequis. Les images proposées à l'utilisateur ne doivent ainsi pas contenir de partie uniforme trop grande. Par exemple si une image comporte un fond rouge uniforme qui recouvre 50% de la surface totale de l'image, les instances relatives aux concepts du mot de passe ne doivent pas être localisés dans cette zone (pour satisfaire le requis précédent). En conséquence de quoi seule 50% de l'image est « utile », ce qui facilite l'attaque.

2.2.3 Limites identifiées

HSA ne permet pas de se prémunir à tout coup contre une attaque humaine ciblée. Ainsi, si un attaquant dispose de suffisamment d'éléments (images et réponses données par un utilisateur) la probabilité qu'il puisse inférer le mot de passe de cet utilisateur va dépasser le niveau de risque acceptable. Une autre limite non négligeable de HSA en termes de sécurité, qui est l'un des points faibles des systèmes d'authentification graphique, est l'observation humaine « à la dérobée »

¹² Logiciels qui captent les actions de l'utilisateur lorsqu'il interagit avec un système.

(*shoulder surfing*). Une stratégie possible pour réduire les risques liés à cette limite peut consister à utiliser des concepts qui ne soient pas trop faciles à identifier par un attaquant humain comme les mots qui désignent de manière spécifique des objets (par exemple, Marteau, Pomme ou Chapeau). Intuitivement, cet aspect n'ayant pas fait l'objet d'une analyse systématique, les concepteurs estiment que ce type de risque pourrait être moindre avec les concepts plus abstraits ou moins spécifiques (par exemple, si un attaquant voit quelqu'un cliquer sur une image de pomme et que le concept du mot de passe est Végétal, la probabilité que l'attaquant trouve le concept est moins grande que si le concept est Pomme).

2.3 Analyse en termes d'utilisabilité

On peut caractériser la tâche d'authentification comme une tâche de recherche et de catégorisation visuelles à partir de concepts. Comparée aux autres systèmes d'authentification graphique, HSA® présente les caractéristiques suivantes : le mot de passe se constitue d'ensembles de chaînes de caractères à priori signifiants, l'authentification s'effectue sur une image, et d'un point de vue cognitif, il implique rappel (il n'y pas d'indices explicites dans l'image) et reconnaissance (e. g. l'utilisateur doit reconnaître des éléments visuels comme des objets ou des couleurs à partir de mots).

Du point de vue utilisateur, ce système soulève un ensemble de questions liées à :

- l'utilisabilité du dispositif d'authentification (le système permet-il à l'utilisateur de s'authentifier de façon efficace et efficiente ? Le mode d'interaction par pointage est-il adapté à différents types de terminal : tablette, smartphone ? Quelles sont les exigences en termes de mémorisation ?)
- l'intelligibilité de la logique d'associations concepts-images (quels types de concepts/mots faut-il fournir aux utilisateurs ? Comment les choisir ?)
- la compatibilité entre utilisabilité et critères de sécurité exigés par le système.

3 EXPERIMENTATION

3.1 Objectifs

L'objectif de cette première expérimentation était de tester l'hypothèse de base sur laquelle repose le système HSA®, qui postule que l'utilisateur sera en mesure d'identifier des « éléments » (couleurs, objets, formes, substances, textures, etc.) codés dans des images à partir d'une liste (pré-définie) de concepts ou mots. Nous avons ainsi exploré les questions suivantes : dans quelle mesure les utilisateurs pourront réaliser les associations attendues ? Qu'est ce qui conditionne, peut gêner ou favoriser la tâche d'association ? Un objectif complémentaire était de tester l'utilisabilité du système dans sa version actuelle.

3.2 Méthode

L'évaluation de l'utilisabilité des systèmes d'authentification porte sur différentes dimensions de la performance : le temps mis pour créer un mot de passe et s'authentifier (efficience), le niveau de réussite de l'authentification (efficacité), et la mémorisation. Dans cette première étude expérimentale, nous nous sommes focalisés sur les deux premières dimensions.

3.2.1 Sujets

La population était constituée de 21 sujets familiarisés avec l'usage régulier de systèmes d'authentification alphanumériques. L'échantillon était composé pour partie d'étudiants, d'enseignants-chercheurs, d'ingénieurs et de personnel administratif. Les sujets étaient tous de langue maternelle française et ne présentaient pas de dyschromatopsie avérée (daltonisme, perception sélective des couleurs,...). La population était constituée de 13 femmes et 8 hommes ; l'âge moyen était de 39 ans (minimum : 22 ; maximum : 60).

3.2.2 Matériel expérimental

Les concepts, les images et l'interface de commande du système sont présentés sur une tablette tactile Android (Samsung GT-N8020, Android 4.1.2). Les 4 groupes (G1, G2, G3, G4) de 4 concepts utilisés pour l'expérimentation sont tirés d'une liste de 21 concepts prédéfinis par les concepteurs du système. Les 12 images utilisées (cf. figure 2), d'une résolution de 608x480 pixels, étaient extraites d'une base constituée en amont de l'expérimentation.



Figure 2 : Images utilisées lors de l'expérimentation

Les concepts ont été codés par deux membres de l'équipe de conception. Une zone de tolérance (extension de la zone cliquable pour un concept donné) de 16 pixels a été définie autour de la zone focale (surface « réelle » occupée par l'instance d'un concept).

3.3.3 Procédure

La session expérimentale se déroulait en 3 phases : familiarisation avec le dispositif ; réalisation de la tâche expérimentale ; évaluation subjective et recueil de verbalisations consécutives à la réalisation de la tâche.

Pour réaliser la tâche, chaque sujet devait associer par pointage tactile une zone de l'image affichée à l'écran à chacun des 4 concepts (C1 à C4) présentés successivement. Il est important de noter que les participants ne devaient pas mémoriser les concepts puisqu'ils étaient présentés avec l'image. Cette opération était répétée pour chacun des 4 groupes de concepts (G1 à G4). Le critère d'arrêt était fixé arbitrairement à 1mn. L'ordre de passage des images était défini de manière aléatoire ; l'enchaînement des 4 groupes de 4 concepts était fixé au départ et était similaire pour tous les sujets. Après chaque pointage, le participant devait appuyer sur un bouton de validation pour passer au concept suivant. Le nombre total de tests réalisés par chaque participant était de 48.

Il était demandé ensuite aux sujets d'évaluer le niveau de difficulté de la tâche d'association pour chaque groupe de concepts sur une échelle subjective de Likert-Osgood en 5 points (de « très facile » = 1 à « très difficile » = 5). Cette évaluation était également accompagnée de verbalisations spontanées ou suscitées par des questions posées par l'expérimentateur.

L'ensemble de la session expérimentale faisait l'objet d'un enregistrement vidéo pour lequel l'accord des sujets était préalablement demandé.

3.3.4 Recueil et traitement des données

Trois types de données ont été recueillis : actions des sujets, évaluations subjectives du niveau de difficulté de la tâche d'association et commentaires consécutifs à la passation.

Les actions des participants (désignation des zones associées à un concept dans une image ; utilisation des commandes du service) étaient enregistrées à distance sur le serveur sur lequel tournait l'application. Elles étaient horodatées et enregistrées dans un fichier log. Ces données ont fourni plusieurs types d'indicateurs : taux de réalisation de la tâche d'association ; taux de correspondance entre le nombre de pixels activés lors de la sélection par le sujet d'une zone de l'écran associée à un concept, et le nombre de pixels codant par conception la zone associée à ce concept ; temps de réalisation ; taux d'authentifications correctes. Les commentaires produits par les participants consécutivement à la réalisation des tâches sur la base de la présentation des images et concepts avaient pour objectif de documenter l'expérience d'interaction avec le système du point de vue du sujet afin de mettre en évidence d'autres composantes de l'activité non identifiables à partir des actions (difficultés éprouvées, raisonnements opérés par les participants, processus de catégorisation, confiance, etc.).

4 RESULTATS

Dans cette partie, nous présentons les résultats factuels de l'expérimentation avec quelques premiers éléments d'analyse.

4.1 Niveau de performance et modalités de réalisation de la tâche d'association

Le taux moyen de réalisation de la tâche d'association entre un concept et une image est de 97%. Les rares abandons observés s'expliquent par des difficultés ressenties à trouver des instances d'un concept dans une image (par exemple, impossibilité pour le participant de trouver une instance pour le concept Lourd).

4.1.1 Taux de correspondance entre zones codées et zones cliquées

Le taux de correspondance moyen entre zone cliquée et zone codée est de 82% (maximum : 92% ; minimum : 70%) dont 69% en zone focale et 13% en zone de tolérance. On observe une variabilité importante selon les concepts et les images (figure 3). Certains concepts (Liquide, Lourd) ne sont associés correctement à une zone prédéfinie de l'image que dans à peu près 50% des cas alors que d'autres (Animal, Jaune, Métal, Nourriture, Rouge, Vert) sont correctement associés dans plus de 90% des cas. On remarque également que la part des associations réussies en zone focale par rapport à la zone de tolérance peut varier de manière importante (de 40% à 100%, pour les concepts Angle Droit et Jaune par exemple).

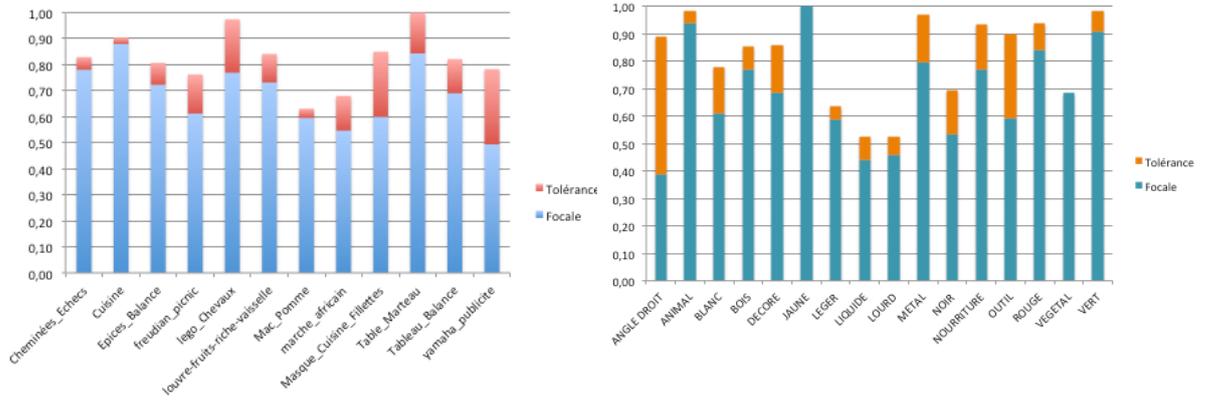


Figure 3 : Taux de correspondance entre zone codée et zone cliquée (par image et par concept)

On retrouve cette variabilité dans les taux de correspondance observés par image. Certaines images font l'objet d'associations correctes dans 100% des cas (Table_Marteau-Image A) alors que le score descend à moins de 70% pour d'autres (Mac_Pomme-Image F , Marché_Africain-Image E).

4.1.2 Temps de réalisation

Le temps moyen de réalisation d'une association concept-image est de 7,16 secondes (avec un maximum de 47 secondes et un minimum de 2 secondes). Les résultats par concepts (figure 4, partie droite) mettent en évidence des temps d'association qui peuvent aller du simple au double (moins de 6 sec. pour les concepts Jaune, Rouge et Vert ; plus de 10 sec. pour le concept Bois). De même, la tâche d'association prend en moyenne 2 fois moins de temps pour l'image Table_Marteau que pour l'image Marché_Africain (les autres valeurs étant contenues dans l'intervalle entre 6 et 8 sec.) (figure 4, partie gauche).

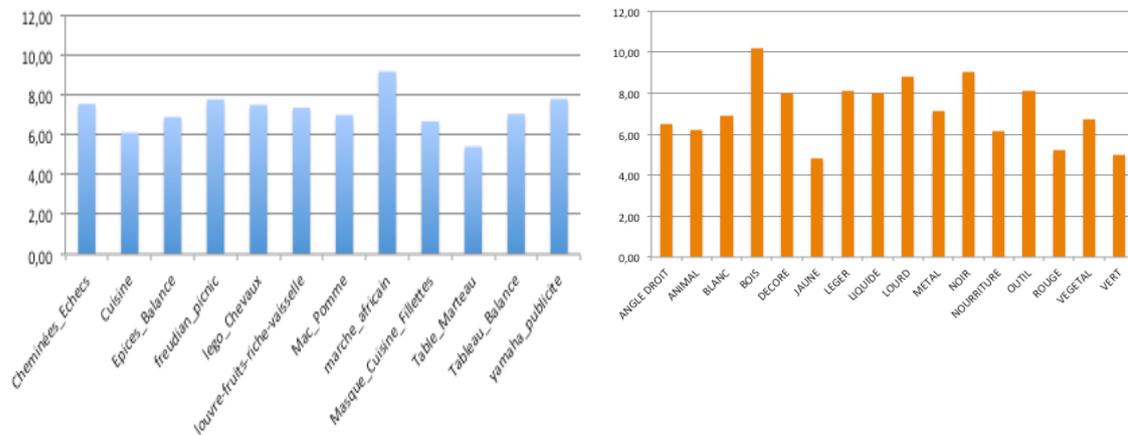


Figure 4 : Temps de réalisation des associations par image (gauche) et par concept (droite)

4.1.3 Interaction entre images et concepts

L'examen des tableaux croisés des résultats pour les indicateurs retenus (taux de correspondance, temps de réalisation) permet de préciser la relation entre niveau de performance et matériel expérimental (concepts et images). Les résultats semblent ainsi montrer l'existence d'une interaction entre images et concepts dans la tâche d'association : un concept donné va ainsi être facilement associé à une image particulière, et beaucoup plus difficilement à une autre image. Le concept Liquide par exemple, qui présente en moyenne le taux de correspondance le plus faible (cf.

figure 3) est associé correctement dans 100% des cas dans l'image Freudian_Picnic (Image D), alors que ce taux descend à 19 et 33% pour les images Mac_Pomme et Marché_Africain (Tableau 2).

On retrouve le même type de tendance pour l'indicateur temps de réalisation (tableau 3). Le concept Végétal voit ainsi son temps d'association moyen passer de moins de 5 sec. (image Marché_Africain) à 10 sec. (image Freudian_Picnic).

Tableau 2 : Taux de correspondance entre zone codée et zone cliquée pour l'ensemble des 12 images et des 16 concepts

TX CORRESPONDANCE	ANGLE DROIT	ANIMAL	BLANC	BOIS	DECORE	JAUNE	LEGER	LIQUIDE	LOURD	METAL	NOIR	NOURRITURE	OUTIL	ROUGE	VEGETAL	VERT	Moyenne
Cheminées_échecs				0,86					0,44					1,00		1,00	0,83
Cuisine		0,95				1,00						0,90	0,76				0,90
Epices_Balance				0,80					0,43					1,00		1,00	0,81
freudian_picnic					1,00			1,00			0,90				0,19		0,77
lego_chevaux		1,00				1,00						0,95	0,94				0,97
louvre-fruits-riche-vaisselle				0,90					0,70					0,81		0,95	0,84
Mac_Pomme					0,76			0,19			0,71				0,86		0,63
marche_africain					0,83			0,33			0,48				1,00		0,66
Masque_Cuisine_Fillettes	0,95		0,41				0,95			1,00							0,83
Table_Marteau		1,00				1,00						1,00	1,00				1,00
Tableau_Balance	0,95		1,00				0,38				0,95						0,82
yamaha_publicite	0,75		0,86				0,57			0,95							0,78
Moyenne globale	0,88	0,98	0,76	0,85	0,87	1,00	0,63	0,51	0,52	0,97	0,70	0,95	0,90	0,94	0,68	0,98	

Tableau 3 : Temps moyens de réalisation pour l'ensemble des 12 images et des 16 concepts (en sec.)

TEMPS DE RÉALISATION	ANGLE DROIT	ANIMAL	BLANC	BOIS	DECORE	JAUNE	LEGER	LIQUIDE	LOURD	METAL	NOIR	NOURRITURE	OUTIL	ROUGE	VEGETAL	VERT	Moy.
Cheminées_échecs				12,33					9,33					4,19		4,52	7,60
Cuisine		6,81				4,86						5,33	7,38				6,10
Epices_Balance				7,30					9,48					4,95		5,81	6,88
freudian_picnic					8,11			6,33			6,60				10,00		7,76
lego_chevaux		5,14				5,67						8,32	11,71				7,71
louvre-fruits-riche-vaisselle				10,85					7,60					6,48		4,62	7,39
Mac_Pomme					6,38			7,52			8,76				5,24		6,98
marche_africain					9,83			10,93			11,62				4,86		9,31
Masque_Cuisine_Fillettes	5,29		10,06				5,48			6,48							6,82
Table_Marteau		6,62				3,90						5,05	5,95				5,38
Tableau_Balance	6,76		4,57				9,95			6,81							7,02
yamaha_publicite	7,50		6,62				8,90			8,10							7,78
Moyenne globale	6,52	6,19	7,08	10,16	8,11	4,81	8,11	8,26	8,80	7,13	8,99	6,23	8,35	5,21	6,70	4,98	

4.1.4 Taux d'association correcte de quatre concepts dans une image (authentification)

Les résultats obtenus pour les associations entre 1 image et un groupe de 4 concepts (situation plus proche de la procédure d'authentification) mettent en évidence un taux d'associations correctes moyen de 40%. Ce qui signifie concrètement que l'authentification est réussie par l'ensemble des sujets moins d'une fois sur deux. On observe une variabilité interindividuelle importante des résultats, les valeurs observées allant de 15% à 65% selon les sujets (figure 5, partie gauche).

Les résultats mettent également en évidence une dispersion importante selon l'image utilisée pour réaliser les 4 associations ; on peut ainsi remarquer que l'image Marché_Africain ne donne lieu à aucune authentification correcte alors que l'image Table_Marteau donne lieu à plus de 90% d'authentification réussie (figure 5, partie droite). Un taux d'authentification réussie supérieur à 50% n'est atteint qu'avec 4 images.

Le temps moyen d'authentification est de 28 secondes (avec un maximum de 60 sec. et un min. de 13 sec.). Si l'on examine le temps d'authentification moyen pour chaque image, les résultats sont concentrés dans un intervalle compris approximativement entre 20 et 30 sec. avec 10 images sur 12 ayant nécessité en moyenne plus de 25 sec. pour réaliser l'authentification. Il ne semble pas y avoir pas de co-variation systématique entre taux d'authentification et temps de réalisation des associations de 4 concepts à une image.

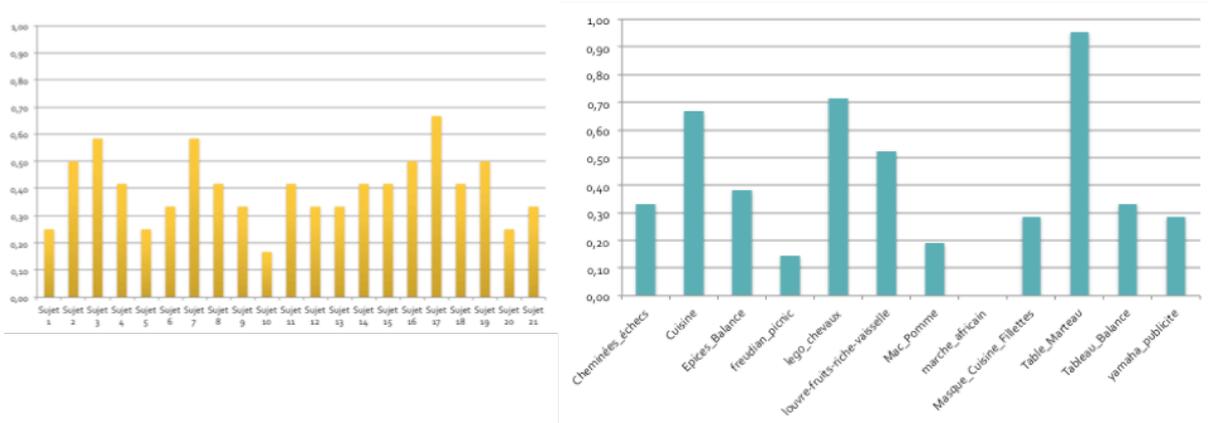


Figure 5 : Taux moyen d'authentification correcte par sujet (gauche) et pour chaque image (droite)

4.2 Analyse de l'appréciation de la tâche par les sujets

4.2.1 Estimation du niveau de difficulté

La moyenne des scores d'évaluation de la difficulté perçue de la tâche d'association par sujet (figure 9) est de 1,67 (avec un minimum de 1,08 et un maximum de 2,38) sur une échelle de 1 à 5 (figure 6, partie gauche).

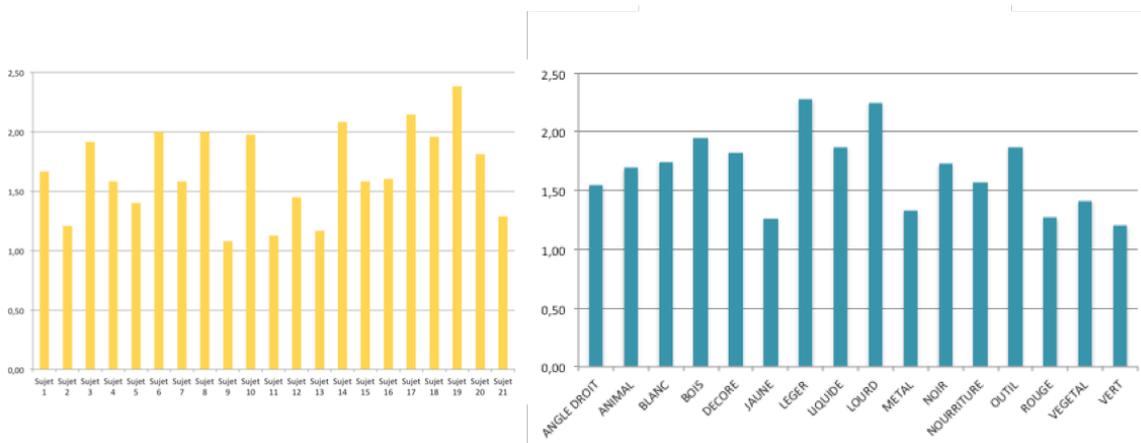


Figure 6 : Evaluation moyenne de la difficulté perçue de la tâche par sujet (gauche) et par concept (droite)

L'estimation de la difficulté perçue selon les images ne varie pas de manière importante ; l'ensemble des valeurs se répartissent autour du score de 1,50, i.e. entre « Facile » et « Très facile ». On note des différences plus accentuées pour l'évaluation moyenne de la difficulté perçue de chaque concept (figure 6, partie droite) sans qu'il soit possible d'effectuer des regroupements par catégories de concepts ; les concepts de couleur par exemple peuvent prendre des valeurs supérieures (Blanc, Noir) ou inférieures (Jaune, Rouge, Vert) à la valeur pivot de 1,50.

4.2.2 Caractérisation des problèmes identifiés

L'analyse des verbalisations des participants et de leurs actions a permis d'identifier plusieurs problèmes d'ordre perceptifs et cognitifs qui éclairent une partie des résultats quantitatifs observés. Ces problèmes peuvent être classés en différentes catégories:

- *La présence d'instances possibles mais non codées de concepts.* Les sujets ont associé un concept à une zone de l'image non codée préalablement soit parce que cette zone avait échappé à l'attention des codeurs soit parce que l'interprétation du sens du concept par les

sujets relativement au contexte de l'image était différente de celle des codeurs. Nous reviendrons sur ce problème de divergence des interprétations.

- *Des problèmes de « saillance » perceptive.* Cette difficulté s'est produite lorsque des instances d'un concept n'étaient pas suffisamment visibles pour les participants en raison de la taille de la surface occupée par l'instance (lorsque les instances occupent de petites surfaces), sa position spatiale dans l'image (les instances situées en périphéries) ou un manque de netteté de celle-ci (par exemple, dans l'image E, certaines zones codées comme instanciant le concept Liquide se sont avérées peu visibles). Ces problèmes se traduisaient le plus souvent par des temps de recherche plus ou moins longs, et, plus rarement, des abandons. Mais il est important de noter qu'il n'y a pas de relation simple et systématique entre caractéristiques de saillance d'une instance et mesure de performance. Par exemple, une instance peut être rapidement identifiée, bien qu'elle occupe une surface peu importante, si dans le même temps elle est située dans une zone de l'image (plein centre) qui favorise son identification, du point de vue des sujets. De même la situation ou scène représentée dans l'image peut induire des attentes sur le type d'objets que l'on va y trouver et sur leur position dans l'image.
- *Des problèmes d'interprétation de concepts et de catégorisation.* L'analyse des verbalisations a montré que les participants mettaient en œuvre des raisonnements plus ou moins complexes selon le type de concept et d'image. Par exemple, dans certains cas, les participants ont éprouvé des difficultés lorsqu'ils devaient trouver des instances des concepts Léger ou Lourd car ils n'étaient pas assurés de la correspondance entre les instances identifiées et leur interprétation de ces concepts. Ce type de situation générait de l'incertitude qui se matérialisait par des temps de recherche plus longs, des hésitations et des choix incertains. Dans d'autres cas, les participants ont réfuté la catégorisation définie par codage. Par exemple, un objet de cuisine (rouleau à pâtisserie dans l'image C) codé comme instance du concept Outil a été considéré par certains participants comme un représentant de la catégorie Ustensile du fait du contexte linguistique induit par la scène représentée dans l'image (une cuisine). D'autres sujets ont choisi des éléments visuels qui n'étaient pas codés comme instances d'un concept. Ils ont également questionné la pertinence de certains codages d'un point de vue perceptif. Ainsi dans l'image L, l'une des zones codées comme instanciation du concept Blanc en référence à une analyse visuelle des couleurs de l'image n'a pas été perçue comme telle par certains sujets mais plutôt comme un reflet, et à ce titre écartée comme représentant acceptable du concept « Blanc ».

5 DISCUSSION ET CONCLUSION

L'objectif de l'étude était d'explorer l'utilisabilité du système d'authentification graphique HSA®. Nous avons plus précisément analysé les aspects suivants : complexité de la tâche d'authentification (les participants ont-ils bien compris et réalisé la tâche ?) et performance des participants dans la tâche d'identification d'instances de concepts, en termes d'efficacité (taux de réussite) et d'efficience (temps mis pour trouver une instance et rapport taux de réussite/temps de réalisation. Les résultats obtenus permettent de tirer plusieurs enseignements sur ces différents points.

Premièrement, comme le montre le taux moyen de réalisation de la tâche (97%), le mode d'authentification du système HSA ne révèle pas de difficultés quant à sa compréhension.. Deuxièmement, si les résultats globaux de la tâche d'association concept/instance peuvent être vus comme globalement satisfaisants (82% d'associations correctes), il apparaît par contre que l'association correcte de 4 concepts à une image, qui approxime une procédure d'authentification basée sur le principe du mot de passe graphique telle qu'instanciée dans le démonstrateur HSA® est

insuffisante (40% d'authentifications réussies au premier essai¹³). Le temps mis par les participants pour identifier quatre instances (28 secondes en moyenne) paraît également peu satisfaisant au regard des seuils de performance considérés comme acceptable dans la littérature (généralement moins de 20 secondes ; (Biddle et al., 2011).

Ces performances encore insuffisantes peuvent s'expliquer de plusieurs manières. Elles sont principalement imputables aux difficultés rencontrées par les sujets dans l'identification d'instances pour certains concepts. Comment nous l'avons vu, trouver des instances visuelles de concepts dans une image riche peut être particulièrement ardu dans certaines conditions (par exemple, lorsque les concepts sont trop abstraits ou nécessitent un travail inférentiel important, lorsque les instances ne sont pas suffisamment saillantes ou quand le système catégoriel du sujet et celui du codeur ne sont pas congruents). Le fait que certaines zones pertinentes en tant qu'instances de concepts n'étaient pas codées par défaut d'attention de la part des codeurs constitue, dans une moindre mesure, une seconde source d'explication des performances obtenues.

De façon générale, les résultats de l'expérimentation montrent donc que la tâche d'identification d'instances de concepts dans une image, base sur laquelle repose le principe d'authentification du système HSA[®], pose des problèmes non triviaux. Ces résultats illustrent par ailleurs la tension entre sécurité et utilisabilité mise en évidence dans plusieurs études. Dans le cas de HSA[®] cette tension peut s'exprimer ainsi : si l'on suit les critères de sécurité, les instances ne doivent pas être facilement identifiables (éviter les objets bien délimités, limiter les surfaces vides), et les concepts ne doivent pas être trop spécifiques (par exemple Chien). Or, au plan de l'utilisabilité, l'étude montre que les meilleurs scores sont obtenus lorsque les instances sont bien délimitées (comme dans l'image A) et/ou lorsque les concepts n'exigent pas un travail inférentiel important ou ne génèrent pas de l'incertitude (contrairement, par exemple, au concept Lourd qui peut impliquer des opérations complexes de comparaison entre les différents objets présents dans l'image). Ceci pose la question du compromis idéal à trouver entre sécurité et utilisabilité, et de la nature de ce compromis dans le cas particulier du système HSA[®]. Un autre résultat notable de cette étude est que l'interprétation par les utilisateurs des concepts composant le mot de passe peut être différente de celle des concepteurs. Ce problème se traduit par le fait qu'il peut arriver que les concepteurs codent des éléments visuels pour un concept, mais que les sujets ne les interprète pas comme instances de ce concept (cf. l'exemple du rouleau à pâtisserie).

Du point de vue de la conception des systèmes de type HSA[®], les différents problèmes repérés constituent des obstacles importants. On peut formuler quelques pistes de réflexion afin d'améliorer l'utilisabilité du système sans trop réduire le niveau de sécurité:

- - Fiabiliser le processus de codage des instances : le codage (c'est-à-dire le choix des instances dans des images) doit être réalisé par plusieurs personnes afin d'éviter les oublis d'instances pertinentes et limiter les possibilités de divergence entre les interprétations des concepts par les utilisateurs et les codages réalisés.
- - Assurer un niveau satisfaisant de saillance des instances : netteté, taille et position spatiale des éléments visuels.
- - Eviter les concepts qui peuvent impliquer un travail inférentiel complexe, trop incertain ou un jugement qui fait appel à une autre modalité sensorielle que la vision.

En conclusion cette première expérimentation permet de dégager un certain nombre de principes susceptibles d'orienter la conception du système HSA[®] de façon à renforcer son utilisabilité. Elle permet également d'interroger la relation entre sécurité et utilisabilité : certains

¹³ Rappelons que dans cette expérimentation, l'objectif se limitait à analyser l'association entre concepts et images. Il n'était donc pas demandé aux sujets de faire plusieurs essais pour un concept au sein d'une même image. Rappelons également que dans la littérature, l'évaluation des systèmes d'authentification se centre principalement sur l'authentification réussie au premier essai.

choix dans la définition du matériel (images et concepts) peuvent ainsi conduire à favoriser une des deux dimensions au détriment de l'autre. L'enjeu consiste à tenter de définir un équilibre optimal entre ces deux dimensions. D'autres points critiques (effet sur la mémorisation, déclinaison sur différents dispositifs présentant des modalités de désignation et d'affichage différentes comme les smartphones) seront étudiés dans la suite du projet.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Biddle, R., Chiasson, S., & Oorschot, P. C. v. (2011). Graphical Passwords: Learning from the First Twelve Years (pp. 25 p.): School of Computer Science, Carleton University.
- Mayer, I. J. A., Monroe, F., & Rubin, M. K. R. A. D. (1999). The Design and Analysis of Graphical Passwords *Proceedings of the 8th USENIX Security Symposium, Washington*.
- Norman, D. A. (2009). THE WAY I SEE IT When security gets in the way. *Interactions*, 16(6), 60-63.
- Schaub, F., Walch, M., Könings, B., & Weber, M. (2013). Exploring the design space of graphical passwords on smartphones *Proceedings of the Ninth Symposium on Usable Privacy and Security* (pp. 11): ACM.
- Wiedenbeck, S., Waters, J., Birget, J.-C., Brodskiy, A., & Memon, N. (2005). PassPoints: Design and longitudinal evaluation of a graphical password system. *International Journal of Human-Computer Studies*, 63(1), 102-127.

Mesurer la formation de la première impression d'une interface à l'aide du test des 5 secondes

Guillaume Gronier

Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST)
5, avenue des Hauts-Fourneaux
L-4362 Esch/Alzette, Luxembourg
guillaume.gronier@list.lu

Carine Lallemand

Université du Luxembourg
ECCS Research Unit - Route de Diekirch
L-7220 Walferdange, Luxembourg
carine.lallemand@gmail.com

Adélaïde Chauvet

Université Rennes 2
Rue du Recteur Paul Henry
35000 Rennes, France
chauvet.adelaide@gmail.com

RÉSUMÉ

Cette étude se propose de mesurer la validité scientifique d'une méthode souvent utilisée, mais peu formalisée en évaluation ergonomique d'une Interface Homme-Machine : le test des 5 secondes. Ce test consiste à présenter à un utilisateur, pendant exactement 5 secondes, une page fixe (page web, écran de logiciel) qu'il doit explorer visuellement. Après 5 secondes, la page disparaît et sa première impression est généralement recueillie à l'aide de quelques questions ouvertes. Afin de mesurer la validité de la méthode, un protocole expérimental a été mis en place afin de comparer les éléments qui sont les plus retenus lors d'un affichage pendant 5 secondes ou pendant une durée illimitée. L'hypothèse qui est posée est que l'utilisateur portera tout d'abord son attention sur les éléments propres à la qualité non-instrumentale de l'interface au cours des premiers instants de l'interaction ; puis au delà de 5 secondes, ce sont les qualités instrumentales qui seront mieux perçues. Les résultats obtenus valident en partie cette hypothèse, et montrent selon nous tout l'intérêt du test des 5 secondes que la recherche doit poursuivre de valider.

MOTS-CLÉS

Test des 5 secondes, utilisabilité, qualité perçue, expérience utilisateur, méthode d'évaluation d'interface.

1 INTRODUCTION

De nombreuses méthodes existent pour évaluer l'utilisabilité des Interactions Homme-Machine (IHM), et plus généralement son expérience utilisateur (UX). La norme ISO 16982 (2002) a par exemple sélectionné un ensemble de 12 méthodes fondamentales, classées selon différents critères comme la participation directe des utilisateurs ou la phase du cycle de vie du système. De même, dans un article référençant les principales méthodes qui viennent encadrer une Conception Centrée sur l'Utilisateur (CCU), Maguire (2001) distingue 36 méthodes qu'il classe selon les grandes étapes de la démarche. Bien d'autres références s'attachent à accompagner l'évaluation des IHM (voir par exemple Koutsabasis, Spyrou et Darzentas, 2007 ; Stanton, Salmon, Walker, Baber et Jenkins, 2006).



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

Toutefois, parmi toutes celles-ci, mais aussi si l'on effectue une recherche dans les principales bases de données en IHM (ACM, Sciencedirect, IEEE Xplore, CiteSeer, etc.), il n'est jamais question du Test des 5 Secondes (dont nous utiliserons l'acronyme T5S au cours de cet article pour en faciliter la lecture), aussi appelé *5 Seconds Test* dans sa terminologie anglo-saxonne. Le T5S est pourtant la seule méthode, à notre connaissance, à permettre de recueillir la première impression des utilisateurs vis-à-vis d'une interface. Nous reviendrons plus loin sur l'importance que revêt la première impression au cours des interactions homme-machine, ainsi que sur ses fondements théoriques.

Si nous n'en trouvons aucune trace dans les recherches scientifiques, le T5S est néanmoins repris dans plusieurs blogs traitant de l'ergonomie des IHM, comme ceux de Perfetti, Ferront ou encore Akin. Le site www.fivesecondtest.com propose même d'acquérir une licence payante d'un logiciel en ligne qui reprend le protocole du T5S.

Dès lors, il convient de s'interroger sur l'intérêt de cette méthode en tant que mesure de la première impression, et de tenter de combler le manque de validation scientifique à son sujet. C'est ce que cette étude se propose de réaliser : à partir d'une réflexion générale sur les fondements théoriques du T5S, cette méthode a été comparée à la présentation d'un écran extrait d'un site web sans durée limitée. Les premières impressions des utilisateurs pour les deux temps d'affichage (5 secondes ou sans durée limitée) ont été recueillies du point de vue des objectifs du site web identifiés par les utilisateurs, de sa qualité perçue, de l'expérience utilisateur et de son utilisabilité perçue. Les résultats sont présentés et discutés, afin de poser les premières bases scientifiques du T5S et sa contribution à la mesure ergonomique des IHM.

2 PRESENTATION DU TEST DES 5 SECONDES

2.1 Protocole d'application du T5S

Le T5S est présenté comme un test d'utilisabilité rapide, s'apparentant au test utilisateur dans son principe général puisqu'il requiert une participation des utilisateurs finaux. Par son caractère rapide et peu coûteux en termes de matériel (une maquette d'un écran en haute fidélité suffit), il peut être intégré très tôt dans le processus de conception et ce de manière itérative.

Le protocole d'utilisation du T5S est simple, mais diffère parfois un peu d'un auteur à l'autre. Pour Perfetti et Akin, la méthode requiert de dégager tout d'abord l'objectif d'une page (une page web ou un écran d'une application), puis de se baser sur cet objectif pour construire un contexte et définir des tâches qui seront présentés aux utilisateurs. Ainsi, le protocole se déroule de la manière suivante :

- on présente pour commencer le contexte de la page qui sera évaluée par l'utilisateur (un site de commerce, l'écran d'un logiciel expert, etc.), ainsi qu'une courte liste de tâches ;
- on l'informe qu'une page va lui être présentée pendant 5 secondes, et qu'il doit essayer de se rappeler de tout ce qu'il voit pendant cette courte durée ;
- la page est alors affichée pendant 5 secondes ;
- on demande ensuite à l'utilisateur de décrire tout ce dont il se souvient, et comment il aurait pu réaliser telle ou telle tâche.

D'autres auteurs ne décrivent pas exactement le même protocole. Pour Ferront, le T5S nécessite de présenter une page fixe sans en caractériser le contexte ni spécifier de tâches qui peuvent être potentiellement réalisées. Une fois la page affichée pendant 5 secondes, on demande simplement à l'utilisateur quel est selon lui l'objectif de la page ou ce qu'il pourrait faire avec cette page.

Aussi, selon ces deux protocoles, l'exploration d'une page est-elle orientée par la tâche. A l'aide de l'un ou l'autre de ces protocoles (Akin, Perfetti ou totalement libre, Ferront) méthodologiques, il sera quoiqu'il en soit possible de recueillir des informations relatives à la compréhension immédiate

d'une page par ses utilisateurs, et des éléments perçus les plus saillants. Ces éléments sont constitutifs de la formation de la première impression.

2.2 Apports théoriques à la méthode du T5S : la formation de la première impression

Le T5S repose sur le postulat que l'utilisateur peut se construire une représentation et se forger une première impression du contenu d'une interface en 5 secondes. Si ce postulat semble admis par les ergonomes, aucun fondement théorique n'a toutefois jamais été avancé pour expliquer ou vérifier ce postulat. Nous nous proposons ainsi de positionner le T5S vis-à-vis du cadre théorique qui explique l'élaboration de la première impression, tout d'abord dans ses fondements issus de la psychologie sociale, puis par rapport aux études menées en Interactions Homme-Machine qui mobilisent des concepts similaires.

2.2.1 La première impression en psychologie sociale

La première impression est un processus sociocognitif, individuel et subjectif complexe, qui est depuis longtemps étudié en psychologie sociale (Asch, 1946). Elle représente l'idée que nous nous faisons d'une personne, à partir des tout premiers instants de l'interaction avec celle-ci. Elle repose sur les premiers éléments perçus à partir desquels nous nous forgerons un jugement positif ou négatif.

Pour les besoins du cadre théorique de notre recherche, nous résumerons le processus de la formation de la première impression autour de l'articulation de quatre paradigmes psycho-sociaux interdépendants :

1. les théories implicites de la personnalité (Beauvois, 1982 ; Schneider, 1973) ;
2. la formation d'impression (Asch, 1946 ; Gollin, 1954 ; Hamilton & Sherman, 1996) ;
3. l'effet de halo (Clifford & Walster, 1973 ; Dion, Berscheid, & Walster, 1972 ; Lemay, Clark, & Greenberg, 2010 ; Thorndike, 1920) ;
4. le biais de confirmation (Nickerson, 1998 ; Snyder & Swann, 1978).

Les théories implicites de la personnalité (TIP) ont posé les bases aux processus sociocognitifs de jugement d'autrui. Elles décrivent comment, à partir d'un ensemble de traits de personnalité issus d'informations lacunaires, un individu se construit des attentes envers un autre individu. Beauvois (1982) souligne qu'il s'agit d'une activité d'inférence, puisqu'à partir d'un nombre restreint d'informations sur autrui, d'autres informations relatives à sa personnalité sont inférées. Par exemple, un collègue décrit comme dynamique, ambitieux et sérieux, sera-t-il plus facilement considéré comme fiable.

La formation d'impression s'inscrit dans la continuité des théories implicites de la personnalité. Dans une série d'expériences désormais célèbres, Asch (1946) a soumis à différents groupes un ensemble d'adjectifs censés décrire les traits de la personnalité d'un individu. La liste des adjectifs était identique d'un groupe à l'autre, sauf pour un seul adjectif. Par exemple, dans sa première expérience, Asch a transmis à deux groupes les 6 adjectifs suivants : intelligent, habile, travailleur, déterminé, pratique, prudent. En plus de ces adjectifs, le premier groupe disposait de l'adjectif « froid », et le second de l'adjectif « chaleureux ». Les deux groupes étaient ensuite invités à, d'une part, décrire en un paragraphe l'impression qu'ils avaient de la personne à qui correspondait la liste d'adjectifs, et d'autre part associer un score (allant de 0 à 100) à une autre liste de 18 adjectifs selon l'impression qu'ils avaient de cette personne. Les résultats montrent notamment que le groupe à qui avait été soumis l'adjectif « chaud » juge la personne généreuse à 91%, joyeuse à 90% et imaginative à 51%, alors que le groupe qui disposait de l'adjectif « froid » juge la même personne généreuse à 8%, joyeuse à 34% et imaginative à 19%. Les recherches de Asch ont ainsi montré qu'à partir d'un ensemble restreints de traits de personnalité conjugués entre eux, les individus se formaient une impression générale et unifiée d'autrui.

Les biais de jugement d'autrui relevés au cours de la première impression ont été approfondis par les recherches sur l'effet de halo (Clifford & Walster, 1973 ; Dion et al., 1972 ; Lemay et al., 2010 ; Thorndike, 1920). L'effet de halo consiste à généraliser la première impression induite par l'apparence physique d'une personne à des traits de sa personnalité (Dion et al., 1972). Ainsi, une personne jugée physiquement attirante sera plus facilement considérée comme ayant une vie sociale plus épanouie et une vie professionnelle plus stimulante qu'une personne jugée peu attirante. L'expérience de Clifford (1973) auprès d'enseignants américains illustre l'effet de halo : après avoir présenté un ensemble de photographies d'enfants à un panel d'enseignants d'école primaire, il leur était demandé de d'évaluer chaque enfant d'après sa photo selon plusieurs dimensions comme son quotient intellectuel (QI) ou sa chance de réussite à l'école. Les résultats de cette étude ont montré que les enfants jugés attirants étaient évalués comme plus intelligents et ayant plus de chance de réussite à l'école que les enfants jugés peu attirants.

Pour finir, le biais de confirmation est la tendance pour un individu à chercher ou interpréter toute preuve comme étant en faveur de sa première impression (Nickerson, 1998). Ainsi, si la première impression est positive, l'individu aura tendance à minimiser les aspects négatifs des éléments qui l'entourent et à exagérer les aspects positifs. Inversement, plus la première impression sera négative, plus l'individu aura tendance à minimiser les aspects positifs et accentuer les aspects négatifs.

Le processus général de formation de la première impression a été décrit dans sa dimension temporelle par Fiske et Neuberg (Fiske & Neuberg, 1990). Ces auteurs ont en effet défini un modèle continuum de formation d'impression (Continuum model of impression formation) appliquée à la perception d'autrui. Brièvement, ce modèle repose sur le principe de catégorisation : quand un individu rencontre une personne, il la catégorise immédiatement selon ses caractéristiques saillantes, c'est-à-dire des traits physiques centraux comme la tenue vestimentaire, le sourire, la coiffure, etc. En fonction de cette catégorisation, l'individu détermine des attributs affectifs, cognitifs ou comportementaux à la personne rencontrée. Ce jugement d'autrui est réalisé très rapidement. Willis et Todorov (2006) l'estiment à environ 100 millisecondes.

2.2.2 La première impression en interaction homme-machine

Le processus de formation de la première impression décrit précédemment selon les théories psycho-sociales peut être transposé à la formation de la première impression en interaction homme-machine. Différents auteurs ont en effet relevé des phénomènes très semblables.

Pour commencer, Liu, White et Dumais (2010) ont observé que les premiers instants de visite d'un site étaient un moment très critique qui conditionnait la loyauté de l'utilisateur envers le site, c'est-à-dire sa volonté d'y retourner ou non. Les auteurs décrivent un comportement de « screen-and-glean » : l'utilisateur explore tout d'abord la page très rapidement afin de s'en faire une première idée, et décide ensuite d'y rester ou non pour rechercher plus précisément les informations qui seraient susceptibles de l'intéresser. Aussi, la première impression que l'utilisateur se fait d'une page web est-elle prépondérante pour ses interactions futures. Elle conditionne directement sa loyauté et sa satisfaction envers le site.

Tout comme l'effet de halo consiste à s'appuyer sur les caractéristiques physiques d'une personne pour en déduire ses traits de personnalité, ce sont les éléments relatifs à l'esthétisme d'une interface à partir desquels se forge la première impression et sur lesquels se focalise l'attention de l'utilisateur. Les travaux de Lindgaard et Fernandes (2006) ont ainsi montré que les éléments d'une page les plus rapidement analysés étaient ceux relatifs aux aspects graphiques et visuels. Liu et al. (2010) ont quant à eux relevé que ce sont les éléments de design (le graphisme) qui influençaient le plus la formation de la première impression, car ce sont eux qui retiennent le plus l'attention. Ensuite ce sont les éléments relatifs à l'utilisabilité et à la crédibilité qui sont traités par l'utilisateur. Tractinsky, Katz et Ikar (2000) se sont intéressés à l'impact de l'esthétisme sur l'utilisabilité perçue d'un système. En reprenant le titre de Dion et al. (1972) (« *What is beautiful is*

good ») pour l'adapter aux IHM (« *What is beautiful is usable* »), ces auteurs ont démontré qu'une interface jugée esthétique était perçue comme plus facile d'utilisation qu'une interface jugée peu esthétique (Hassenzahl & Monk, 2010). L'esthétisme favoriserait également une plus grande satisfaction de l'utilisateur envers le système.

Par l'esthétisme, ce sont directement les éléments de design d'une interface qui sont concernés, jouant un rôle prépondérant dans la construction de l'expérience utilisateur (UX) (Hassenzahl & Tractinsky, 2006). L'UX peut être considérée comme un concept intégrateur, incluant les caractéristiques pragmatiques d'une interface (utilisabilité) et ses aspects hédoniques (émotions) [25]. Autrement dit, en accord avec Barcenilla et Bastien (2009) et le modèle de Mahlke (2007), l'UX recouvre les qualités instrumentales de l'interface, qui « correspondent à l'utilité perçue et aux autres composantes du point de vue classique de l'utilisabilité [...] et ses qualités non-instrumentales (esthétique, valeurs véhiculées, facteurs motivationnels, etc.) » (Barcenilla & Bastien, 2009). Ainsi, lorsque l'utilisateur élabore une première impression en se focalisant sur les caractéristiques esthétiques d'une page web ou d'un système, ce sont davantage les éléments non-instrumentaux qui sont retenus et traités par celui-ci.

Pour finir, en accord avec le biais de confirmation, plus la première impression d'un site sera positive, plus l'utilisateur aura tendance à évaluer positivement l'ensemble du site. Raita et Oulasvirta (2011) ont ainsi montré que les attentes concernant l'utilisabilité d'un site web, construites à partir de la première impression ou de la lecture d'une évaluation externe de ce site, conditionnaient l'utilisabilité mesurée par les utilisateurs. En d'autres termes, plus l'utilisateur s'attend à ce qu'un site soit facilement utilisable, plus il évaluera positivement l'utilisabilité de ce site par rapport aux utilisateurs qui en ont une attente négative. Kim et Fesenmaier (2008) ont démontré quant à eux que la crédibilité d'un site, qui conditionne son pouvoir de persuasion, était traitée au cours de la formation de la première impression.

Le temps disponible à l'exploration des cibles intervient également dans l'élaboration de la première impression. Ainsi, le temps consacré à la consultation d'une page web a son importance. Lindgaard et al. (2006) ont montré qu'en seulement 50 millisecondes, les utilisateurs pouvaient se forger une première impression d'un site web, de la même façon que si le site leur était présenté durant 500 ms. Dahal (2011) a quant à elle relevé que si les pages web demandaient 2,66 secondes pour attirer l'attention des utilisateurs, leur première impression était toutefois élaborée après seulement 180 ms.

2.3 Problématique : validation scientifique du T5S comme mesure de la première impression

Afin de combler le manque de validation scientifique du T5S, et pour mesurer son intérêt en tant que méthode de mesure de la première impression d'une interface, nous avons souhaité étudier quelles étaient les spécificités de la première impression des utilisateurs élaborée à partir du T5S, par rapport à une libre exploration d'une page web sans contrainte temporelle. En accord avec la littérature, nous posons l'hypothèse que le T5S favorise la construction d'une première impression davantage axée sur le design et les éléments esthétiques de la page, par rapport à un temps d'exploration illimité. Autrement dit, nous nous attendons à ce que l'attention de l'utilisateur se focalise sur les qualités non-instrumentales de l'interface (esthétisme, attractivité) au cours des premiers instants de l'interaction, puis davantage sur les qualités instrumentales (utilité, utilisabilité) après 5 secondes. Nous proposons une schématisation de notre problématique à l'aide de la figure 1.

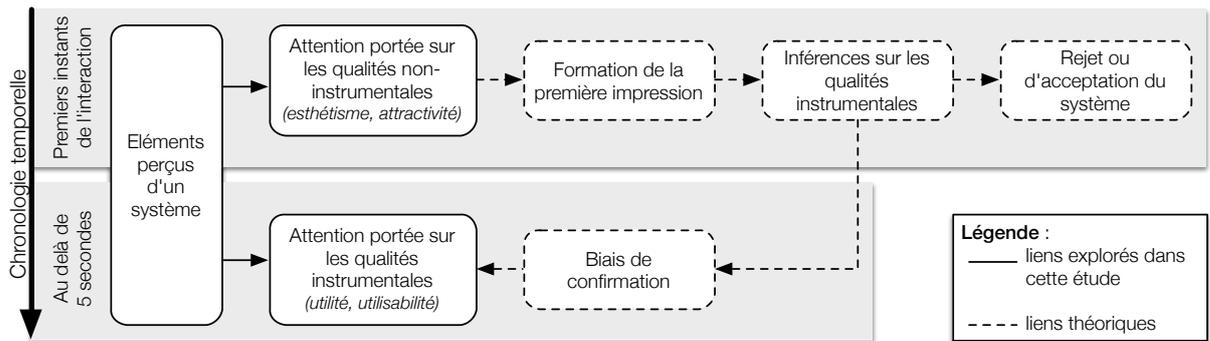


Figure 1 : Représentation schématisée de la construction de la première impression et de notre problématique de recherche vis-à-vis de la perception par l'utilisateur des qualités non-instrumentales et instrumentales d'un système en fonction du déroulement temporelle de l'interaction.

3 METHODOLOGIE

3.1 Conception de l'étude et déroulement

Pour cette étude, deux conditions expérimentales ont été comparées :

1. dans la première condition, la page d'accueil d'un site web (meteolux.lu : figure 2) a été affichée durant exactement 5 secondes ;
2. dans la seconde condition, la même page a été affichée durant un temps illimité ; les utilisateurs étaient alors invités à cliquer sur un bouton « Donnez vos impressions » lorsqu'ils pensaient avoir pris suffisamment de temps pour explorer la page web.

La page affichée était une capture d'écran, et constituait donc un élément totalement statique, sans possibilité d'interaction.

Ces deux configurations ont été développées en javascript et testées sur plusieurs ordinateurs afin de garantir une compatibilité maximale avec les principaux navigateurs sur Mac OS et Windows (Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari) et de s'assurer notamment que la page de la première condition s'affichée bien durant exactement 5 secondes.

La page web meteolux.lu a été retenue en raison d'une part de son caractère informatif facile à comprendre et de sa faible charge visuelle, et d'autre part afin de répondre à la demande d'amélioration de la page par le commanditaire (le service national météorologique du Luxembourg). Ce site permet d'obtenir des informations relatives à la météorologie luxembourgeoise : temps actuel, prévisions sur 5 jours, alertes météorologiques.

Les deux conditions ont été présentées à deux groupes d'utilisateurs, décrits plus loin, avec une répartition aléatoire. Aussi, la variable indépendante de cette étude concerne-t-elle la durée de visualisation de la page d'accueil du site meteolux.lu. Dans cet article, le groupe qui disposait de 5 secondes pour explorer la page web sera nommé 5SEC ; le second groupe qui disposait d'un temps illimité sera nommé TI.

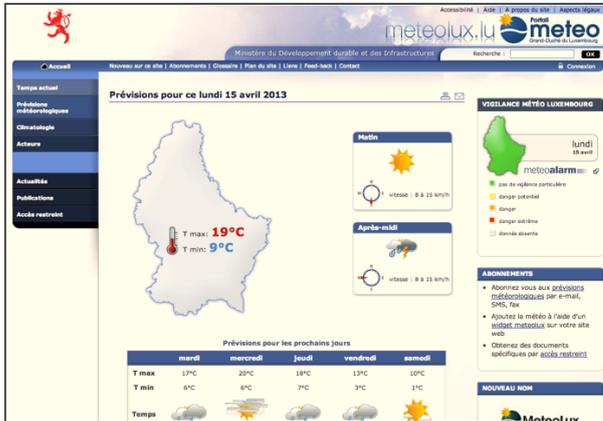


Figure 2. Page web présentée aux utilisateurs durant 5 secondes (groupe 5SEC) ou durant un temps illimité (groupe TI). La page était une capture d'écran, non interactive.

Après avoir consulté la page, chaque groupe était invité à répondre à un ensemble de questions décrites plus précisément ci-après. Ces questions portaient sur leur impression générale, sur la qualité perçue de la page, sur l'utilisabilité perçue et sur l'expérience utilisateur.

3.2 Echelles et questionnaires

Après avoir exploré la page web durant 5 secondes ou pendant une durée illimitée selon la condition de l'expérience, les participants étaient invités à répondre à 4 questionnaires :

- le premier regroupait deux questions ouvertes et une question fermée, où les utilisateurs devaient renseigner :
 - les objectifs identifiés de la page,
 - les éléments visuels qu'ils avaient retenus (menus, boutons, icônes, bandeau, etc.),
 - l'impression générale qu'ils avaient eue de la page (de très mauvaise à très bonne sur une échelle de Likert allant de 1 à 7) ;
- le questionnaire à 12 items de qualité perçue NetQu@I, développé par Bressolles (2006). Seules les dimensions Qualité de l'information, Design et Facilité d'utilisation ont été retenues pour cette étude en accord avec l'auteur, puisque les autres dimensions (Fiabilité et Sécurité/Confidentialité) sont plutôt destinées à évaluer la qualité perçue d'un site marchand ;
- le questionnaire de mesure de l'utilisabilité System Usability Scale (SUS) (Bangor, Kortum, & Miller, 2008), comprenant 10 items, qui a permis de mesurer la facilité d'utilisation perçue de la page ;
- l'AttrakDiff dans sa version courte à 9 items afin d'évaluer l'expérience utilisateur (Hassenzahl, Diefenbach & Göritz, 2010).

Les utilisateurs étaient enfin invités à renseigner leur âge, leur sexe et leur degré de familiarité avec les technologies.

Chacun de ces questionnaires a permis de mesurer la qualité non-instrumentale ou instrumentale du site web perçue par l'utilisateur. Aussi sont-ils positionnés par rapport à ces deux dimensions dans le tableau 1.

Tableau 1 : Positionnement des questionnaires utilisés dans cette étude, par rapport à l'évaluation des qualités non-instrumentales ou instrumentales de l'interface.

Questionnaires	Qualités instrumentales	non-	Qualités instrumentales
Objectifs identifiés			X

Eléments visuels retenus		X	
Netq u@I	Qualité de l'information		X
	Design	X	
	Facilité d'utilisation		X
SUS			X
AttrakDiff		X	

Participants

Les participants ont été recrutés à l'aide d'un appel lancé sur deux listes de diffusion : ErgoIHM et les Infos du RISC. Nous avons enregistré 169 répondants pour les deux conditions. 148 participants ont été retenus, après avoir écarté les personnes qui connaissaient déjà le site web ou qui ne souhaitaient pas être recontactés pour la seconde phase. Les participants étaient invités à réaliser l'expérience directement depuis leur ordinateur (sous Mac OS ou Windows), en utilisant l'un des navigateurs suivants afin d'écartier tout risque de bugs : Chrome, Firefox, Internet Explorer ou Safari.

Après une répartition aléatoire, le groupe 5SEC comptait 68 participants en phase 1 (âge moyen 38 ans, 26 hommes et 42 femmes), et 28 en phase 2 (âge moyen : 39 ans, 9 hommes, 19 femmes).

Le groupe TI comptait 78 participants en phase 1 (âge moyen 40 ans, 18 hommes et 60 femmes) et 33 en phase 2 (âge moyen 42 ans, 5 hommes, 28 femmes).

4 RESULTATS DE L'ETUDE

4.1 Méthodes et traitement des résultats

Avant tout, des analyses factorielles et de fiabilité ont été réalisées sur les échelles NetQu@I, SUS et AttrakDiff. Les alphas de Cronbach mesurés étaient de 0.89 pour l'Attrakdiff, 0.82 pour le SUS, et pour chacune des dimensions du NetQu@I : 0.91 pour le Design ; 0.89 pour la Qualité de l'information ; 0.94 pour la Facilité d'usage.

Aussi, chacune de ces échelles présentait-elle une très bonne cohérence interne et a donc été validée pour notre étude.

Pour traiter les résultats, le logiciel SPSS 19 a été utilisé. Les données qualitatives (objectifs perçus de la page et les éléments visuels retenus) ont été codées manuellement, et traitées sur Excel, pour obtenir les cartes des éléments les plus souvent rappelés présentées plus loin (figures 3 et 4).

En ce qui concerne l'identification des objectifs (variable dépendante notée « Objectifs » par la suite), trois principaux objectifs du site avaient été identifiés en accord avec le commanditaire. Les scores « objectifs » s'étalent donc de 0 à 3, en fonction du nombre d'objectifs identifié par les participants.

4.2 Mesure de la première impression selon la condition 5 secondes ou temps illimité

La synthèse des résultats obtenus en comparant les deux conditions 5SEC et TI est présentée dans le tableau 2. Ces premiers résultats ne tiennent compte que de la phase 1.

Tableau 2. Score de comparaison de moyennes en phase 1 pour les groupes 5SEC et TI, concernant les 4 échelles présentées (en gras les différences significatives).

Echelles	Groupes	M	SD	t-test
Objectifs	5SEC	1,00 /3	0,24	t(126)=-0,91; p=0,18
	TI	1,05/3	0,42	
AttrakDiff	5SEC	4,77/7	1,05	t(144)=-1,0; p=0,15
	TI	4,94/7	0,95	
SUS	5SEC	71,14/100	15,38	t(144)=-1,8; p=0,04
	TI	75,74/100	15,39	
NetQu@I	5SEC	4,82/7	1,14	t(144)=-1,9; p=0,03
	TI	5,16/7	1,02	

Les résultats montrent que le T5S est efficace pour mesurer le niveau d'identification des objectifs, puisqu'il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes ($t(126) = -0.91$; $p = 0.18$). De même, l'expérience utilisateur mesurée par l'AttrakDiff ne présente pas non plus de différence significative ($t(144) = -1.0$; $p = 0,15$).

En revanche, des différences sont mesurées en ce qui concerne les scores au SUS ($t(144) = -1.8$; $p = 0.04$) et au NetQu@I ($t(144) = -1.9$; $p = 0.03$). Cependant, il est à noter que seuls les scores de la dimension Design du NetQu@I ne diffèrent pas entre les deux groupes (tableau 3).

Tableau 3. Score de comparaison de moyennes en phase 1 pour les groupes 5SEC et TI, concernant les dimensions du NetQu@I (en gras les différences significatives).

Dimensions du NetQu@I	Groupe	M	SD	t-test
Qualité de l'information	5SEC	4,96	0,24	t(144)=-2,24; p=0.014
	TI	5,36	0,42	
Facilité d'usage perçue	5SEC	5,03	1,05	t(144)=-2,75; p=0,004
	TI	5,58	0,95	
Design	5SEC	4,44	15,38	t(144)=-0,48; p=0,32
	TI	4,54	15,39	

Pour finir, nous avons comparé les éléments qui étaient les plus retenus par les utilisateurs pour chacune des deux conditions. Nous avons représenté graphiquement les résultats en reportant le pourcentage de reconnaissance de chaque élément visuel, pour le groupe 5SEC (figure 3) et pour le groupe TI (figure 4).

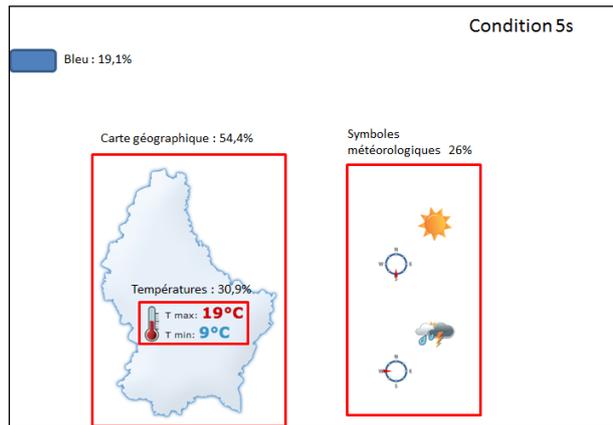


Figure 3. Représentation du % de rappel pour les éléments de la page web concernant le groupe 5SEC.

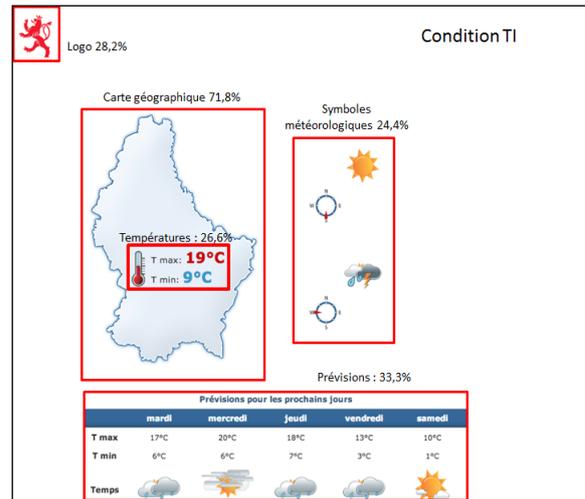


Figure 4. Représentation du % de rappel pour les éléments de la page web concernant le groupe TI.

Si les éléments relatifs au pays du Luxembourg et les icônes météorologiques ont été relevés chez les deux groupes, seul le groupe TI a visualisé et retenu les éléments relatifs aux prévisions météorologiques pour les 5 prochains jours. De plus, le groupe 5SEC a perçu de la couleur bleue dans la page (la couleur des menus, des titres et du bandeau), mais sans pouvoir identifier ni la forme ni le contenu de ces éléments. Le groupe TI a quant à lui retenu qu'il y avait un lion rouge en haut à gauche de la page.

5 DISCUSSIONS

5.1 Formation de la première impression

Concernant la formation de la première impression, les résultats de cette étude montrent tout d'abord que le T5S permet d'identifier les objectifs d'un site de la même façon que les objectifs peuvent être identifiés lors d'une exploration libre, sans limite de temps. Il apparaît ainsi que le T5S permet d'élaborer une première impression fidèle des objectifs d'une page.

Par ailleurs, la première impression construite à partir du T5S semble favoriser l'expérience utilisateur. En effet, seul l'AttrakDiff lors du T5S a obtenu un score significativement équivalent à la consultation libre de la page (tableau 2). Il semble ainsi, en accord avec l'étude de Lindgaard et al. (2006), que ce soit bien les éléments relatifs à l'UX qui soient les mieux perçus en peu de temps. Ceci est confirmé par les scores aux dimensions du NetQu@I (tableau 3), qui montrent que ce sont les éléments de design qui sont autant perçus par les deux conditions, contrairement aux deux autres dimensions qui sont en faveur d'une exploration libre sans contrainte temporelle. Ces résultats corroborent ceux de Liu et al. (2010) ou Tractinsky et al. (2000) qui relevaient que les éléments de design étaient ceux qui favorisaient prioritairement l'élaboration de la première impression.

En revanche, le T5S ne semble pas permettre de focaliser la première impression sur les éléments de facilité d'utilisation perçue. En effet, les scores au SUS (tableau 2) sont plus élevés pour le groupe TI que pour le groupe 5SEC. Cela tend à démontrer que l'utilisabilité est perçue dans un second temps par rapport aux éléments d'UX, et est faiblement prise en compte lors d'une exploration durant 5 secondes.

Cette attention portée tout d'abord aux éléments d'UX et de design peut aussi s'expliquer par la théorie d'intégration des attributs formulée par Treisman et Gelade (1980) en psychologie cognitive. Les auteurs considèrent l'attention comme un lien qui associe en une représentation unique les éléments distincts et différents (couleur, forme, orientation, etc.) d'un objet. D'après la théorie d'intégration des attributs, tantôt nous fractionnons notre attention de sorte que tous les éléments

constitutifs du stimulus (une page web par exemple) sont traités en même temps, tantôt nous focalisons notre attention de telle sorte qu'un seul élément du stimulus est traité à la fois. En outre, ces deux formes d'attention, partagée et sélective, se situent sur un continuum :

la première étape concerne l'attention partagée. Elle permet un enregistrement automatique des attributs (les éléments d'une page web par exemple) à l'aide d'un traitement parallèle où toute l'information présentée dans le stimulus est traitée simultanément, rapidement et avec un effet « pop-out » (les éléments « sautent aux yeux ») ;

la deuxième étape de la théorie concerne l'attention focalisée. Elle défend l'idée d'un traitement en série qui nécessite une identification des objets les uns à la suite des autres. L'attention focalisée est un mode de traitement plus exigeant, qui devient nécessaire quand les objets sont complexes.

Concernant le T5S, il semble que l'attention en quelques secondes se porte ainsi sur des éléments généraux avec une attention portée sur des attributs prégnants, tel qu'un soleil ou de la couleur bleue pour le site web que nous avons testé. En revanche, lorsqu'il s'agit de traiter plus précisément les informations, les 5 secondes imposées par le test ne suffisent pas à l'utilisateur d'appliquer une attention focalisée. Ainsi, les objets complexes, tels que le tableau des prévisions météorologiques pour les 5 prochains jours, ne peuvent pas être traités du point de vue attentionnel.

Autrement dit, il semble qu'il existe bien une hiérarchisation des éléments perçus d'une page web dans l'élaboration de la première impression. Ce sont d'abord les éléments graphiques de design qui sont explorés, perçus et donc retenus ; puis ces éléments contribuent à créer une expérience utilisateur pour les aspects hédoniques ; enfin, les éléments qui permettent de déterminer la facilité d'usage (utilisabilité) sont traités. Dans une étude sur l'impact de l'esthétisme sur les processus cognitifs des utilisateurs d'un site web, Bonnardel, Piolat et Le Bigot (2011) ont aussi montré que la couleur dominante du site jouait un rôle déterminant dans la stratégie d'exploration du site web et son jugement subjectif. Pour les utilisateurs, c'est la couleur bleue qui est la plus appréciée. Ainsi, la couleur bleue du site meteolux.lu impacte également très probablement les premiers instants de l'interaction et doit renforcer l'appréciation des qualités non-instrumentales.

Par conséquent, notre hypothèse qui postulait que le T5S favorisait la construction d'une première impression davantage axée sur le design et les éléments hédoniques de la page, par rapport à un temps d'exploration illimité, est validée.

6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude s'intéressait à la mesure de la formation de la première impression d'une interface à l'aide du test des 5 secondes. Cette méthode, souvent reprise sur les blogs d'ergonomie, n'a jamais été validée scientifiquement, ou même expliquée du point de vue théorique. Nous avons alors cherché à apporter quelques premières pistes de réflexions pour la validation scientifique de cette méthode, qui nécessitent néanmoins d'être encore poursuivies.

En effet, si le T5S semble capable de recueillir l'expérience utilisateur d'une interface et la qualité des éléments de design, il conviendrait désormais de s'interroger sur les raisons pour lesquelles l'utilisabilité n'est pas évaluée au même titre que lors de l'exploration d'une page sans limite de temps. Les pistes que nous avons avancées concernant la théorie de l'intégration des attributs nous semblent intéressantes, mais nécessiteraient d'être approfondies.

De même, une étude complémentaire sur d'autres supports (sites web, systèmes informatiques, applications mobiles) nous semble indispensable afin de palier à l'unique cas de cette étude. Nous envisageons notamment de mesurer l'impact de l'icône d'une application mobile disponible sur les principales plateformes (Google Play ou App Store) sur la formation de la première impression.

Nous envisageons pour finir de compléter nos données par l'utilisation d'un système d'occulométrie qui permettrait d'apporter des données tangibles sur les éléments d'une interface les plus explorés visuellement moins de 5 secondes.

7 REFERENCES

- Akin, A. (n.d.). "Will your website pass the 5 second test?" Retrieved from Internet: <http://ezinearticles.com/?Will-Your-Website-Pass-The-5-Second-Test?&id=409089>, May 15, 2015.
- Asch, S. E. (1946). Forming impressions of personality. *Journal of Abnormal Psychology*, 41(2), 258–290.
- Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 24(6), 574–594.
- Barcenilla, J., & Bastien, J. M. C. (2009). L'acceptabilité des nouvelles technologies : quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur. *Le Travail Humain*, 72(4), 311–331.
- Beauvois, J. L. (1982). Théories implicites de la personnalité, évaluation et reproduction idéologique. *L'Année Psychologique*, 82(2), 513–536.
- Bonnardel, N., Piolat, A., & Le Bigot, L. (2011). The impact of colour on Website appeal and users' cognitive processes. *Displays*, 32(2), 69–80.
- Bressolles, G. (2006). La qualité de service électronique : NetQu@I Proposition d'une échelle de mesure appliquée aux sites marchands et effets modérateurs. *Recherche et Applications En Marketing*, 21(3), 19–46.
- Clifford, M., & Walster, E. (1973). The Effect of Physical Attractiveness on Teacher Expectations. *Sociology of Education*, 46(508), 248–258.
- Dahal, S. (2011). *Eyes don't lie: understanding users' first impressions on website design using eye tracking*. Master's Thesis, Information Science and Technology, Missouri University of Science and Technology.
- Dion, K., Berscheid, E., & Walster, E. (1972). What is beautiful is good. *Journal of Personality and Social ...*, 24(3), 285–290.
- Ferront, F. (n.d.). "Le test utilisateur 5 secondes." Retrieved from Internet: <http://ergonautes.fr/2011/04/14/le-test-utilisateur-5-secondes/>, May 15, 2015.
- Fiske, S. T., & Neuberg, S. L. (1990). A Continuum of Impression Formation, from Category-based to individuating processes: influences of information and motivation on attention and interpretation. In M. P. Zanna (Ed.), *Advances in Experimental Psychology* (Vol. 23, pp. 1–74).
- Gollin, E. S. (1954). Forming Impressions of Personality. *Journal of Personality*, 23(1), 65–76.
- Hamilton, D. L., & Sherman, S. J. (1996). Perceiving persons and groups. *Psychological Review*, 103(2), 336–55.
- Hassenzahl, M., Diefenbach, S., & Göritz, A. (2010). Needs, affect, and interactive products – Facets of user experience. *Interacting with Computers*, 22(5), 353–362.
- Hassenzahl, M., & Monk, A. (2010). The Inference of Perceived Usability From Beauty. *Human-Computer Interaction*, 25(3), 235–260.
- Hassenzahl, M., & Tractinsky, N. (2006). User experience - a research agenda. *Behaviour & Information Technology*, 25(2), 91–97.
- ISO 16982. (2002). *Méthodes d'utilisabilité pour la conception centrée sur l'opérateur humain*.
- Kim, H., & Fesenmaier, D. R. (2008). Persuasive Design of Destination Web Sites: An Analysis of First Impression. *Journal of Travel Research*, 47(1), 3–13.
- Koutsabasis, P., Spyrou, T., & Darzentas, J. (2007). Evaluating Usability Evaluation Methods : Criteria , Method and a Case Study. *Work*, 569–578.
- Lemay, E. P., Clark, M. S., & Greenberg, A. (2010). What is beautiful is good because what is beautiful is desired: physical attractiveness stereotyping as projection of interpersonal goals. *Personality & Social Psychology Bulletin*, 36(3), 339–53.

- Lindgaard, G., Fernandes, G., Dudek, C., & Brown, J. (2006). Attention web designers: You have 50 milliseconds to make a good first impression! *Behaviour & Information Technology*, 25(2), 115–126.
- Liu, C., White, R. W., & Dumais, S. (2010). Understanding web browsing behaviors through Weibull analysis of dwell time. *Proceeding of the 33rd International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval - SIGIR '10*, 379.
- Maguire, M. (2001). Methods to support human-centred design. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55(4), 587–634.
- Mahlke, S. (2007). *User Experience of Interaction with Technical Systems*. Technische Universität Berlin.
- Nickerson, R. S. (1998). Confirmation bias: A ubiquitous phenomenon in many guises. *Review of General Psychology*, 2(2), 175–220.
- Perfetti, C. (n.d.). "5-second tests: Measuring your site's content pages." Retrieved from Internet: http://www.uie.com/articles/five_second_test/, May 15, 2015.
- Raita, E., & Oulasvirta, A. (2011). Too good to be bad: Favorable product expectations boost subjective usability ratings. *Interacting with Computers*, 23(4), 363–371.
- Schneider, D. (1973). Implicit Personality Theory: a Review. *Psychological Bulletin*, 79(5), 294–309.
- Snyder, M., & Swann, W. (1978). Hypothesis-testing processes in social interaction. *Journal of Personality and Social ...*, 36(11), 1202–1212.
- Stanton, N. A., Salmon, P. M., Walker, G. H., Baber, C., & Jenkins, D. P. (2006). *Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering And Design*. Brookfield, VT, USA: Ashgate Publishing Company.
- Thorndike, E. (1920). A constant error in psychological ratings. *Journal of Applied Psychology*, 25–29.
- Tractinsky, N., Katz, a. ., & Ikar, D. (2000). What is beautiful is usable. *Interacting with Computers*, 13(2), 127–145.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97–136.
- Willis, J., & Todorov, A. (2006). First impressions. Making Up Your Mind After a 100-Ms Exposure to a Face. *Psychological Science*, 17(7), 592–599.

Session 9 : Vieillesse et facteurs capacitants

Ergonomie et accessibilité numérique : création de l'observatoire Exallys

Christopher Paglia^{1,2,3}, Anthony Loiselet¹, Brice Kovács¹

Société AplusB - 63 Boulevard de la république - 91450 Soisy sur Seine
UVHC, LAMIH-UMR CNRS 8201/Percotec, Mont Houy - 59313 Valenciennes Cedex
Université de Lorraine - Metz - Laboratoire PERSEUS - Ile du Saulcy - 57006 Metz
paglia@aplusb.pro

Frédéric Halna

Océane Consulting - 8 Rue de Choiseul - 75002 Paris

RÉSUMÉ

La vision normative de l'accessibilité numérique et les difficultés d'études en ergonomie des usages avec des personnes en situation de handicap et/ou vieillissantes impactent défavorablement une évolution des écosystèmes numériques vers une utilisation pour tous.

Afin de répondre à ce problème de dimension sociale et sociétale, un observatoire de l'ergonomie et l'accessibilité numérique, Exallys, a été créé.

À partir d'un constat de difficultés observées, cet article propose une brève introduction d'Exallys, de ces concepts, de son approche méthodologique, et précise les besoins de cet observatoire en termes d'échanges avec les acteurs du monde de l'ergonomie et de l'accessibilité numérique, dont notamment la communauté de la psychologie ergonomique.

MOTS-CLÉS

Ergonomie, accessibilité du web, observatoire, outils et méthodes, Exallys

1 INTRODUCTION

Internet est un formidable médium d'accès à l'information. Toutefois celui-ci s'avère quelque peu discriminatoire dans le sens où il ne permet pas à tous son utilisation : les personnes vieillissantes et/ou en situation de handicap ont ainsi de réelles difficultés de consultation d'internet. L'accessibilité numérique et l'ergonomie sont certainement les principales solutions à ce problème, cependant leur périmètre, leur objectif et leurs méthodes font que ces disciplines ne semblent pas naturellement se compléter. C'est sur ce constat qu'un observatoire de l'accessibilité numérique et de l'ergonomie, Exallys, a été créé.

2 CONSTATS SUR L'ERGONOMIE ET L'ACCESSIBILITE NUMERIQUE

2.1 Accessibilité numérique : une approche normative limitée

Selon Tim Berners-Lee (directeur du World Wide Web Consortium, ou W3C), l'accessibilité numérique consiste à « Mettre le web et ses services à la disposition de tous les individus, quels que soient leur matériel ou logiciel, leur infrastructure réseau, leur langue maternelle, leur culture, leur localisation géographique, ou leurs aptitudes physiques ou mentales. »

Historiquement, l'accessibilité numérique est une démarche initiée par le W3C, l'organisme régissant les normes et protocoles d'internet. Cette institution a créé la Web Accessibility Initiative (WAI) dans le but d'améliorer l'accessibilité grâce notamment au référentiel Web Content



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

Accessibility Guidelines (WCAG). Ce document a servi de base dès 2002 à la résolution du 13 juin, adopté par le Parlement Européen (référence PE (2002) 0325) qui reconnaît ainsi l'importance de l'accessibilité du web dans les institutions européennes et les états membres. En France, l'article 47 de la loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées, fait de l'accessibilité une exigence pour tous les services de communication publique en ligne de l'État, des collectivités territoriales et des établissements publics qui en dépendent. Cet article stipule que les informations diffusées par ces services et les applications Web permettant aux agents de remplir leur mission de service public doivent être accessibles à tous. Dans ce cadre, le Référentiel Général d'Accessibilité pour les Administrations (RGAA) doit permettre de rendre progressivement accessible l'ensemble des informations fournies par ces services et les outils des agents.

Si le RGAA, et par extension le WCAG, décrivent parfaitement des critères à respecter et les tests associés à mettre en place, il n'en demeure pas moins que cette approche reste essentiellement passive, dans le sens où elle ne concerne que l'évaluation et n'a pas été prévue pour être intégrée à l'ensemble des étapes projet (notamment en conception). La démarche d'accessibilité numérique s'apparente ainsi aux évaluations expertes réalisées en ergonomie, à la différence près que les référentiels d'accessibilité sont beaucoup plus précis vis-à-vis des points à évaluer.

Une deuxième contrainte de l'accessibilité numérique, d'un point de vue utilisateurs, est sa limitation de périmètre. Si l'on s'en tient à sa définition, l'accessibilité numérique ne s'emploie qu'à mettre à disposition un contenu ou un service. De ce fait, la facilité d'accès et l'utilité du contenu et des services ne sont pas prises en compte dans sa démarche de déploiement. De plus la dimension centrée utilisateurs ne fait pas partie du cadre de l'accessibilité ; la mention à des impacts utilisateurs existe bien dans le RGAA mais n'est que donnée à titre anecdotique, principalement pour le handicap visuel, et n'est aucunement détaillée. L'accessibilité numérique n'a pas été prévue pour être « ergonomique ».

2.2 Difficultés dans l'étude des situations de handicap numérique

2.2.1 Peu de données sur le sujet

Une des grandes difficultés dans le cadre des études en accessibilité numérique est le manque d'informations sur la technologie et les usages des personnes en situation de handicap. Si différentes initiatives (Bardary et al., 2014; Maisonneuve & Letrouvé, 2014; Kubitsche, Cullen, Dolphin, Laurin, & Cederbom, 2013) ont été menées sur l'accessibilité d'internet, peu de données permettent de se positionner réellement sur de nombreuses questions :

- Quelle est la proportion de sites accessibles en France ?
- Quels composants IHM posent le plus de difficultés à des personnes en situation de handicap (et selon leur situation de handicap) ?
- Dans quelle mesure les utilisateurs maîtrisent-ils leurs outils (lecteur écran, agrandisseur, navigateur, etc.) ?

Cette absence de données rend particulièrement difficile le développement d'une démarche d'amélioration de la qualité du web et par la même de la facilité d'accès à internet aux personnes en situation de handicap.

2.2.2 Peu de méthodes adaptées en ergonomie

Si l'accessibilité, essentiellement normative, n'intègre pas le concept d'ergonomie, il n'en demeure pas moins que l'ergonomie est souvent démunie dans l'étude des situations de handicap. Le praticien ou le chercheur fait face à de nombreuses contraintes dans le choix des méthodologies au regard des situations de handicap qu'il souhaite prendre en compte :

- Déficients cognitifs

- Difficultés de compréhension des consignes (Jobert, 2008)
- Difficultés dans la complétion de questionnaire (Jobert, 2008)
- Difficultés de réalisation de méthodes de type auto-confrontation (Rachedi, Vidal-Gomel, Bonnemain, Bourdeau, & Gebai., 2009)
- Difficultés associées à l'introduction d'un intervenant intermédiaire pour encadrer l'utilisateur (Rachedi et al., 2009)
- Déficients moteurs
 - Difficultés de manipulation des questionnaires (Vigouroux et al., 2006)
- Déficients visuels
 - Difficultés d'utilisation de méthodes de créativité et de prototypage (Brock et al., 2010)
 - Difficultés d'emploi des méthodes de verbalisation (Chandrashekar, Stockman, Fels, & Bedyk, 2006 ; Strain, Dawn Shaikh, & Boardman, 2007)
- Déficients auditifs
 - Difficultés d'emploi de méthode de verbalisation (Roberts & Fels, 2006)

Au-delà même de la méthode, la préparation d'étude peut se révéler tout aussi complexe. L'ergonome est ainsi confronté à des difficultés concernant par exemple :

- La taille contrainte de l'échantillon de participants (Al-Awar, Chapanis, & Ford, 1981 ; Nielsen & Landauer, 1993 ; Spool & Schroeder, 2001 ; Lewis, 2006)
- Le caractère représentatif d'une population pour laquelle les habitudes de vie peuvent être très différentes (Lewis & Sauro, 2006)
- Des durées d'expérimentations trop longues (Giraud, Colombi, Russo, & Théroanne, 2011)
- La nécessité de contrôler les conditions de passation des tests utilisateur par la réalisation de scénarios identiques avec des outils d'assistances équivalents, alors même que les utilisateurs emploient des systèmes différents dans un cadre écologique (Petrie, Hamilton, King, & Pavan, 2006; Paglia, 2012, 2013).

Il apparaît ainsi complexe aujourd'hui de proposer une démarche permettant d'améliorer la qualité « accessible » et « ergonomique » d'internet.

2.2.3 Des acteurs spécialisés et dispersés

On dénombre un grand nombre d'acteurs s'intéressant de manière plus ou moins directe à l'accessibilité et à la relation ergonomie-handicap (individu, laboratoire, entreprises, associations...). Malheureusement, il apparaît que ces derniers envisagent ces notions suivant une vision très spécialisée (accessibilité du handicap visuel par exemple) et cela de par la nature de leur structure (ex. association traitant du handicap auditif) soit par manque de moyen ou de temps (ex. laboratoire ou entreprise). Cette limite rend complexe la prise en compte globale de l'utilisateur, qu'il soit ou non en situation de handicap.

Si on ajoute cela au fait que les échanges entre acteurs ne semblent pas très développés (aucune communauté inter-structures n'a pu être développée sur le sujet), l'accessibilité et l'ergonomie du handicap se révèlent alors l'affaire d'experts spécialisés, plus ou moins dispersés, et sans grandes possibilités de communication.

3 L'OBSERVATOIRE EXALLYS : UN CADRE D'ETUDE POUR L'ERGONOMIE ET L'ACCESSIBILITE NUMERIQUE

3.1 Objectifs d'Exallys

Afin de répondre aux difficultés présentées précédemment, Exallys, l'observatoire de l'ergonomie et de l'accessibilité numérique a été créé. Ce projet, à l'initiative des sociétés AplusB (experts en ergonomie) et Océane Consulting (experts en accessibilité numérique), vise à répondre à deux grands objectifs :

- Construire un incubateur de connaissances sur l'accessibilité et l'ergonomie des écosystèmes numériques :
 - Optimiser les méthodologies et outils en ergonomie et accessibilité numérique
 - Capitaliser sur les données utilisateurs pour mieux comprendre les usages
- Proposer aux entreprises, aux administrations, aux associations et au monde universitaire :
 - Un classement des sites internet sur la base d'audit manuels et/ou automatiques et de méthodes impliquant des utilisateurs (test utilisateurs, questionnaire, entretiens...)
 - Des données sur les usages numériques des seniors et des personnes en situation de handicap
 - Des études de priorisation des critères d'accessibilité numérique en fonction de leurs impacts utilisateurs (corrélation entre accessibilité et ergonomie)
 - Des espaces d'échange et de partage sur les pratiques et innovations en accessibilité numérique et ergonomie

Il s'agit ainsi de centraliser les connaissances, fédérer les acteurs et produire des études afin de développer et promouvoir une accessibilité numérique « ergonomique ».

3.2 Moyens et démarche de l'observatoire Exallys

L'observatoire Exallys est un concept évolutif basé sur une amélioration constante des méthodologies et outils à partir des données recueillies. Une première version de l'observatoire sera développée au second semestre 2015.

Cet observatoire de l'accessibilité numérique et de l'ergonomie est porté par un cadre méthodologique, technologique et associatif.

3.3 Un cadre associatif

L'observatoire Exallys s'appuie sur une association. Ouverte à tous, cette structure collaborative permet la mise en place d'échanges entre acteurs de l'accessibilité numérique et de l'ergonomie, la capitalisation de données et de connaissances sur ces sujets et enfin la communication sur les résultats.

L'association est un élément indispensable de ce projet, dans le sens où elle est une structure tangible de réunion de différents acteurs du domaine dont Exallys a besoin pour fonctionner :

- Les associations de personnes en situation de handicap et vieillissantes pour leurs connaissances du terrain et leurs accès à de futurs participants d'études.
- Le milieu universitaire pour son approche scientifique et méthodologique.
- Et les entreprises pour leurs leviers d'évolutions des sites internet.

L'association est dotée d'un comité scientifique qui a pour vocation d'identifier les axes de recherche et ainsi de définir les études et les collaborations à mettre en place.

3.4 Un baromètre d'internet

Un des principaux axes d'étude d'Exallys est de « mesurer » internet du point de vue de l'accessibilité numérique et de l'ergonomie. De cette mesure un baromètre, ou classement, des sites internet est régulièrement mis à jour sur la base :

- D'audits automatiques et massifs en accessibilité réalisés grâce au logiciel Open Source Tanaguru (référentiels WCAG 2 et RGAA 3)
- D'audits manuels en accessibilité réalisés selon la méthode AccessiWeb HTML5/ARIA
- D'audits manuels en ergonomie réalisés à partir d'un référentiel issu des critères de Bastien et Scapin (Scapin & Bastien, 1996)
- D'évaluations subjectives de l'expérience utilisateur réalisées à partir d'un questionnaire d'usage adapté aux situations de handicap

La combinaison des résultats obtenus permet de positionner les sites les uns par rapport aux autres et d'identifier les bonnes et mauvaises pratiques en matière d'accès et d'usage d'internet. Cette approche multidimensionnelle a de plus l'avantage de permettre l'étude des relations entre les 4 métriques (ex. un site ayant une bonne évaluation automatique de l'accessibilité sera-t-il facilement utilisable ? Dans quelle mesure l'audit automatique permet de prévoir le résultat de l'audit manuel ? Quels sont les critères en accessibilité les plus corrélés avec les évaluations en ergonomie).

Le référentiel en ergonomie et le questionnaire d'évaluation de l'expérience utilisateurs n'ont pas vocation à être figés dans le temps, mais évolueront en fonction des données obtenues et de la recherche dans ce domaine ; améliorer les méthodes et outils est un objectif important de l'observatoire Exallys.

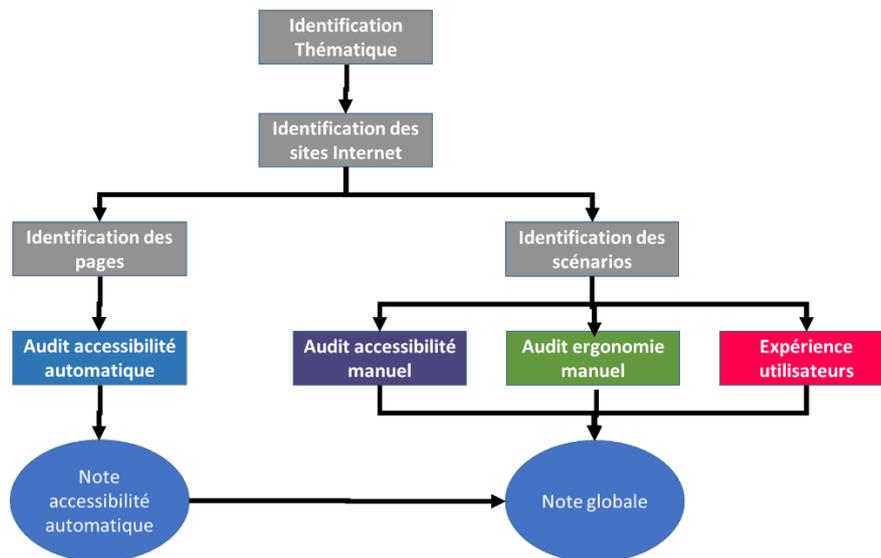


Figure 1 : démarche de classement des sites internet

Il est à noter que les résultats du baromètre sont publics, mais que le détail est réservé aux adhérents de l'association.

3.5 Une base de données

Un des objectifs de l'observatoire Exallys est de générer des données sur l'ergonomie et l'accessibilité des écosystèmes numériques. Ces données, issues d'entretiens, de questionnaires, de tests utilisateurs, ou des audits manuels et automatiques s'inscrivent dans trois thématiques principales :

- Profils des personnes en situation de handicap (âge, sexe, aides techniques...)
- Usages numériques des personnes en situation de handicap (typologies de sites consultés, difficultés rencontrées...)
- États des critères d'accessibilité numérique et d'ergonomie des sites internet (validé, invalidé, non présent...)

Ces données recueillies sont capitalisées et peuvent être croisées aisément afin de répondre aux objectifs de l'observatoire. Plusieurs serveurs dédiés permettront le stockage et le traitement des données massives (big data).

3.6 Un environnement de recherche

Chaque année, le comité scientifique de l'association proposera des axes de recherche sur les liens entre ergonomie et accessibilité numérique. Ces recommandations pourront ainsi faire l'objet d'études spécifiques.

À ce stade de l'observatoire, la priorisation des critères d'accessibilité en fonction des réels impacts utilisateurs nous paraît particulièrement importante (les référentiels d'accessibilité actuels n'intégrant que peu ce concept). Dans ce cadre, des tests utilisateurs seront menés sur la base de développements spécifiques de plusieurs versions de sites internet (variation du contenu et/ou de la forme validant ou non des critères d'accessibilité numérique). D'autres thématiques telles que l'adaptation des méthodes en ergonomie au milieu du handicap, ou l'évaluation du niveau d'expertise des utilisateurs dans leur maîtrise d'aides techniques semblent tout aussi intéressantes. Exallys, de par sa structure collaborative, est ainsi ouvert à de nombreuses propositions d'étude.

Cet observatoire espère de nombreux échanges avec le milieu universitaire, et plus particulièrement avec la communauté psychologie ergonomique, afin de mettre en place des études à grandes échelles (ex. mettre à disposition les moyens d'Exallys pour compléter une étude portée par un laboratoire, ou conforter une méthodologie de l'observatoire par un groupe de recherche...). Les possibilités d'échanges et de mutualisation des compétences et moyens sont au cœur de la démarche scientifique de l'observatoire Exallys.

3.7 Une plateforme en ligne

Exallys, c'est aussi une plateforme en ligne permettant de données accès à des :

- Articles portant sur l'ergonomie et l'accessibilité numérique
- Rapports d'études réalisées dans le cadre l'observatoire (test utilisateurs, profils utilisateurs...)
- Données brutes, avec la possibilité de les analyser (croisement de variables)
- Campagnes de tests et d'études

Suivant les profils des personnes (inscrits ou non à la plateforme, et/ou adhérent à l'association) des droits différents sont attribués.

Tout comme le concept Exallys, cette plateforme est conçue pour être évolutive et intégrer régulièrement des fonctionnalités et du contenu.

4 CONCLUSION

La création de l'observatoire de l'accessibilité numérique et de l'ergonomie, Exallys, devrait permettre de mutualiser les compétences et connaissances en la matière. L'observatoire souhaite développer des échanges entre les entreprises, les associations de personnes en situation de handicap et vieillissantes et la communauté de la psychologie ergonomique. Cette approche collaborative, associée à une mutualisation des moyens d'études et de recherche permettra à coup sûr de faire émerger des connaissances bénéfiques pour tous sur les usages d'internet.

Ce projet, suivi par plusieurs entreprises, des associations œuvrant dans le handicap et pour les personnes vieillissantes, ainsi que par des administrations publiques, est en cours de développement, et nous l'espérons devrait s'imposer comme une formidable initiative sociale, sociétale et scientifique dès cette année 2015.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Al-Awar, J., Chapanis, A., & Ford, R. (1981). Tutorials for the first-time computer user. In *IEEE Transactions on Professional Communication* (Vol.24, pp. 30-37)
- Bardary, K., Boulay D., Burger D., Duchateau S., Gay J.-P., Letrouvé F., Renaud E. (2014). Ce que les sites Web publics nous disent de leur accessibilité.

- Brock, A., Kammoun, S., Vinot, J.-L., Truillet, P., Oriola, B., & Jouffrais, C. (2010). Méthodes et outils de conception participative avec des utilisateurs non-voyants. In *22^e conférence francophone sur l'interaction homme-machine*. Luxembourg
- Chandrashekar, S., Stockman, T., Fels, D., & Benedyk, R. (2006). Using think aloud protocol with blind users : a case for inclusive usability evaluation methods. In *Proceedings of the 8th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* (pp. 251–252). Portland, Oregon, USA.
- Giraud, S., Colombi, T., Russo, A., & Thérouanne, P. (2011). Accessibility of rich internet application for blind people : a study to identify the main problems and solutions. In *Proceedings of the 9th ACM SIGCHI Italian Chapter International Conference on Computer-Human Interaction : Facing Complexity*. 163-166.
- Kubitschke L., Cullen K., Dolphin S., Laurin S. & Cederbom A (2013). Study on assessing and promoting e-accessibility. European Commission DG Communications Networks, Content & Technology.
- Lewis, J.-R. (2006). Sample sizes for usability tests : Mostly math, not magic. *Interaction*, 13(6), 29–33.
- Lewis, J.-R., & Sauro, J. (2006). When 100% really isn't 100% : Improving the accuracy of small-sample estimates of completion rate. *Journal of Usability Studies*, 1(3), 136–150.
- Maisonneuve & M., Letrouvé F. (2014). Accessibilité numérique des portails de bibliothèque.
- Nielsen, J., & Landauer, T.-K. (1993). A mathematical Model of the Finding of Usability Problems. In *Paper presented at the INTERHI'93 Conference on Human Factors in Computing System*. New-York.
- Paglia, C. (2012). *Catégorisation des profils d'utilisateurs en situation de handicap sur Internet : qui sont-ils ? Que font-ils? Comment font-ils?* Master 2 Professionnel IEAP Valenciennes, F. : Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis – AplusB
- Paglia, C. (2013). *Aide à la conception d'un outil d'assistance pour les déficients visuels : Analyse ergonomique des situations et des besoins en informations*. Master 2 Recherche en Ergonomie et Conception des Systèmes de Travail Lille, F. : Université Charles de Gaulle – Lille 3 – AplusB
- Petrie, H., Hamilton, F., King, N., & Pavan, P. (2006). Remote usability evaluations with disabled people. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems* (pp. 1133-1141).
- Rachedi, Y., Vidal-Gomel, C., Bonnemain, A., Bourdeau, C., & Gebai, D. (2009). Quelques réflexions pour concevoir des situations capacitantes en ESAT : pour un parcours d'insertion durable. In *Ville congrès national du GEDER, Situation de handicap au travail et changements, nouveaux contextes, crises et parcours professionnels durables*. Paris, France.
- Roberts, V.-L., & Fels, D.-I. (2006). Methods for inclusion: Employing think aloud protocols in software usability studies with individuals who are deaf. In *International Journal of Human-Computer Studies*, 64 (6), pp. 489-501
- Scapin, L., & Bastien, J.-M.-C. (1996). Inspection d'interfaces et critères ergonomiques. Rapport RR-2901
- Spool, J., & Schroeder, W. (2001). Testing Web Sites: Five Users is Nowhere Near Enough. In *CHI'01 Conference on Human Factors in Computing Systems*. New-York, NY.
- Strain, P., Dawn Shaikh, A., & Boardman, R. (2007). Thinking but not seeing : think-aloud for non-sighted users. In *CHI 2007 - Experience report* (pp. 1851–1856). San Jose, CA, USA.
- Tanaguru. <http://www.tanaguru.com>
- Vigouroux, N., Vella, F., Biard, N., Chêne, D., Blandin, V., Dumas, C., Massonneau, A., & Lepicard, G. (2006). *Projet MotorWeb. Rapport intermédiaire MotorWeb*.

Rechercher de l'information sur internet : impact du vieillissement, du domaine de connaissances et de la complexité des questions de recherche sur la dynamique de l'activité

Mylène Sanchiz

¹Laboratoire CLLE-LTC, Université de Toulouse Jean Jaurès / Maison de la Recherche.

5, allées Antonio-Machado. 31058 TOULOUSE Cedex 9
mylene.sanchiz@gmail.com

Jessie Chin

²Beckman Institute for Advanced Science and Technology
University of Illinois at Urbana Champaign
chin5@illinois.edu

Aline Chevalier¹, Wai-Tat Fu², Franck Amadieu¹

He Jibo

³HAIL laboratory, Wichita State University, Kansas City, USA.

RÉSUMÉ

L'étude présentée s'intéresse à l'effet de l'âge, du domaine de connaissances et de la complexité des questions sur la production de requêtes et la navigation dans des tâches de recherche d'informations. Vingt adultes âgés et dix-neuf jeunes adultes ont eu douze questions de recherche à effectuer dans deux domaines de connaissances différents : la santé et les BD mangas. Pour chaque domaine, étaient proposées deux questions simples (mots-clés fournis et réponse directement accessible dans Google), deux questions difficiles (mots-clés à inférer) et deux questions ouvertes (plusieurs réponses possibles et navigation requise dans des sites web). Les résultats montrent que les âgés réussissent mieux dans le domaine santé pour lequel ils avaient plus de connaissances. Ils produisent un plus petit nombre de requêtes, moins de nouveaux mots-clés et font des requêtes plus générales sur un plan sémantique que les jeunes. Sur le plan navigationnel, les âgés passent plus de temps à analyser et évaluer les résultats fournis par le moteur de recherche avant de se rendre sur un site web.

MOTS-CLÉS

Recherche d'informations, vieillissement, stratégies, requêtes, navigation.

1 INTRODUCTION

Avec l'expansion du web et le vieillissement de la population, de plus en plus d'adultes âgés utilisent internet au quotidien pour rechercher des informations. L'accès au web pour les âgés est un enjeu sociétal important puisqu'il contribue à réduire l'isolation, favorise l'autonomie et augmente le bien être (White, McConnell, Clipp, Bynum, Teague, Navas, Craven & Halbrecht, 1999). Rechercher de l'information sur internet est une activité complexe qui exige de l'utilisateur qu'il interagisse avec un moteur de recherche, en formulant son besoin informationnel sous la forme d'une requête, et également avec un ou plusieurs sites web qu'il doit sélectionner puis parcourir afin de trouver une ou plusieurs informations pertinentes. Ces exigences, en lien avec les caractéristiques des adultes âgés,



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

peuvent causer d'importantes difficultés sur le plan cognitif. Les âgés éprouvent plus de difficultés à formuler une requête appropriée et pertinente (van Deursen & van Dijk, 2009 ; Dommes, Chevalier, & Lia, 2011), à évaluer les résultats fournis par le moteur de recherche (Aula, 2005) et à s'adapter aux changements de l'environnement, en changeant de stratégie de navigation par exemple (Chin & Fu, 2012). Toutefois, peu de travaux rendent compte des difficultés interindividuelles entre adultes jeunes et âgés sur ces deux pans de la recherche d'informations. Sur le plan de la navigation, de nombreux résultats empiriques ont montré que le déclin de certaines fonctions exécutives (Czaja, Sharit, Ownby, Roth, & Nair, 2001) impactent les performances des âgés : ils sont plus lents, consultent plus de pages web (van Deursen, 2012), prennent plus de temps pour décider sur quel site web se rendre et ont plus de difficultés à modifier leurs requêtes (Dommes & al, 2011). A l'inverse, les connaissances antérieures, qui augmentent avec l'âge, permettent, sous certaines conditions, d'améliorer les requêtes produites et la performance (Verhaeghen, 2003 ; Pak & Price, 2008). Un fort niveau de connaissances sur le domaine au sein duquel s'effectue la recherche d'informations soutient la production de requêtes sémantiquement pertinentes (Vakkari, Pennanen, & Serola, 2003), et des stratégies de reformulations plus efficaces, grâce notamment à la richesse de vocabulaire et des terminologies spécifiques (Hölscher, & Strube, 2000). Des interactions entre l'âge et les caractéristiques de la tâche de recherche d'informations ont également été rapportées dans la littérature. Le niveau de complexité de la recherche d'informations varie d'une tâche claire, où le but est explicitement défini, à une tâche qui requiert de l'utilisateur qu'il prenne davantage de décisions et visite un plus grand nombre de pages web ou encore à une tâche où le but est flou, mal défini et la navigation exigeante (Bell, & Ruthven, 2004). Les âgés obtiennent de meilleures performances lorsque la tâche est ouverte et nécessite davantage de traitements liés à la compréhension, aux habiletés verbales et inférentielles que lorsque la tâche exige plus d'exploration (Chin, & Fu, 2010). L'effet des connaissances antérieures sur le domaine a également été étudié en interaction avec les caractéristiques de la tâche de recherche d'informations. Un bon niveau de connaissances antérieures améliore les performances lorsque les tâches sont complexes (exigeantes sur le plan de la compréhension) et ouvertes (Tu, 2005).

L'ambition de la présente étude est d'analyser les effets de l'âge, de la complexité des questions et du domaine de connaissances sur la recherche d'informations, en étudiant les deux principales activités en jeu : la production de requêtes et la navigation. Pour cela, l'expérimentation menée s'intéresse aux caractéristiques des utilisateurs, en termes d'âge, de niveau de connaissances et de vocabulaire, mais également aux caractéristiques de la tâche (niveau de complexité des questions de recherche). L'originalité de ce travail réside en outre dans l'analyse des stratégies de production de requêtes et de navigation mobilisées par les jeunes et les âgés au regard de la dynamique de l'activité. Nous émettons les hypothèses suivantes : le vocabulaire plus élevé des âgés et les connaissances antérieures impactent positivement leur activité de recherche d'informations en leur permettant de développer des stratégies plus analytiques et de formuler des requêtes plus pertinentes. Ces effets seront particulièrement marqués lorsque les questions de recherches sont ouvertes et dans un domaine de connaissances pour lequel ils disposent d'un bon socle de connaissances. A l'inverse, les jeunes adultes, ayant un niveau de flexibilité cognitive plus élevée, adopteront des stratégies plus exploratoires en naviguant à travers davantage de sites web et beaucoup plus rapidement.

2 METHODE

2.1 Participants

39 adultes ont participé volontairement à cette expérience : 20 adultes âgés de 60 à 77 ans ($M = 66.00$, $ET = 3.45$) et 19 adultes jeunes de 20 à 24 ans ($M = 21.28$, $ET = 1.78$). Les participants étaient francophones, en bonne santé (les âgés ont obtenu des scores au MMSE supérieurs à 27) et avaient un niveau d'éducation similaire. Le niveau de familiarité avec Internet était également

mesuré ($M = 5.89$, $ET = .32$ pour les jeunes et $M = 5.79$ $ET = .42$ pour les âgés) et aucune différence n'a été trouvée ($t(36) = .88$, $p = .39$, n.s.).

2.2 Design

L'expérience s'est faite sur Google et le navigateur Mozilla Firefox. L'activité était enregistrée via fichier log et captures d'écrans grâce à au programme Surfloger développé par He Jibo. Deux variables ont été manipulées en intra-sujet : le domaine de connaissances et le niveau de complexité des questions de recherche. Douze questions de recherches ont été élaborées sur deux domaines : l'un favorisant les âgés (santé) et l'autre favorisant les jeunes (mangas). Les participants répondaient à une série de questionnaires évaluent la familiarité avec Internet, le niveau de vocabulaire (version française du Mill Hill), la flexibilité cognitive (fluence verbale sémantique) et la vitesse de traitement. Deux questionnaires papier mesuraient les connaissances antérieures sur les deux domaines santé et manga. Les participants réalisaient ensuite les 12 tâches de recherche d'informations (cf. tableau 1 pour des ex. de questions).

Par domaine, les participants répondaient à deux questions simples, pour lesquelles les mots-clés utiles étaient contenus dans la question et l'information à trouver directement accessible dans les résultats proposés par Google. Ils répondaient également à des questions difficiles qui exigeaient des participants qu'ils infèrent les mots clés pertinents et des questions ouvertes pour lesquelles plusieurs réponses étaient possibles et la navigation à l'intérieur site(s) web indispensable.

Tableau 1 : Exemples de questions de recherche pour les deux domaines de connaissance

Domaine	Complexité	Questions de recherche
Santé	Simple	Quelle partie du corps est affectée par l'arthrose ?
	Difficile	Quelle action teinte le sang ?
	Ouverte	Madame Martin, 60 ans souffre de douleurs dans la poitrine et à des difficultés à respirer. Selon vous, de quelle maladie pourrait-elle souffrir ? Donnez deux maladies qui semblent correspondre et les raisons de votre choix.
Manga	Simple	Quel est le métier d'Eikichi Onizuka ?
	Difficile	Quel est le nom de l'objet contondant qu'utilise Marechyio Omaeda dans Bleach ?
	Ouverte	Antoine s'intéresse à la cuisine et aime lire des bandes dessinées. Conseillez-lui deux mangas pour garçons sur la cuisine qu'il pourrait apprécier et les raisons de votre choix.

2.3 Mesures

Les effets des variables indépendantes ont été étudiés sur la performance (taux de réponses correctes aux questions et temps de complétion), la navigation (temps passé sur le moteur de recherche, nombre de sites et pages web visités, nombre de pages de résultats Google vues) et la production de requêtes (nombre de formulations et de nouveaux mots clés produits).

3 RESULTATS

Des Anovas mixtes $2*2*3$ ont été réalisées sur les VD concernant la performance, la navigation et la production de requêtes. Les résultats sont présentés dans le tableau 2.

3.1 Performances (réponses correctes et temps de complétion)

Les résultats n'ont montré aucun effet significatif de l'âge sur le taux de bonnes réponses ($F(1,36) = 2.55$, $p = .12$, n.s.) ni sur le temps de complétion ($F(1,36) = 1.03$, $p = .32$, n.s.). En revanche,

des interactions sont apparues entre l'âge et le domaine de connaissances ($F(1,36) = 14.73, p < .001, \eta^2 = .29$) et entre l'âge et la complexité des questions ($F(1,36) = 6.10, p < .01, \eta^2 = .26$) sur le score aux questions de recherche. Dans le domaine mangas, les jeunes réussissent significativement mieux que les âgés. Mais l'effet de l'âge disparaît dans le domaine santé. De même, les jeunes obtiennent un meilleur taux de bonnes réponses dans les questions ouvertes, alors que pour les autres types de questions, les effets de l'âge disparaissent.

Tableau 2 : Moyennes et écarts-types des variables dépendantes.

	Domaine de connaissances et complexité des questions											
	Simples				Difficiles				Ouvertes			
	Mangas		Santé		Mangas		Santé		Mangas		Santé	
	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A
score bonnes réponses (max = 2)	1.79 (.54)	1.50 (.62)	1.32 (.75)	.97 (.67)	1.16 (.90)	.58 (.77)	.58 (.67)	.97 (.67)	1.71 (.45)	1.10 (.54)	1.30 (.47)	.81 (.68)
Temps de compléti on	5.06 (6.69)	2.36 (1.41)	4.70 (5.35)	4.29 (1.97)	1.13 (2.30)	.70 (1.03)	.84 (.99)	.84 (.78)	.63 (.74)	.70 (.76)	.56 (1.56)	.45 (.46)
Temps sur Google (sec)	34.33 (30.62)	86.92 (42.31)	73.53 (178.57)	70.63 (39.97)	45.22 (36.88)	87.42 (49.94)	66.08 (46.39)	82.53 (38.78)	83.47 (63.44)	176.34 (115.70)	138.36 (134.76)	271.66 (348.64)
Temps sur Google avant 1 ^{er} site (sec)	22.42 (17.69)	61.24 (33.85)	65.42 (183.58)	68.32 (46.75)	21.97 (19.55)	53.37 (32.29)	34.94 (30.67)	84.18 (101.26)	36.33 (33.98)	81.24 (39.59)	27.42 (21.03)	155.39 (347.33)
Nombre de pages résultats Google	.97 (.67)	1.29 (.45)	.89 (.56)	1.00 (.17)	1.06 (.66)	1.50 (.69)	1.89 (1.42)	1.47 (.66)	2.50 (1.91)	2.24 (1.82)	2.83 (2.19)	2.05 (.97)
Nombre de requêtes	1.21 (.38)	1.53 (.53)	1.29 (.43)	1.03 (.12)	1.71 (1.31)	1.58 (.55)	2.86 (1.27)	1.64 (.89)	2.64 (1.26)	1.94 (.99)	3.64 (2.51)	2.50 (1.10)
Nombre nouveaux mots clés	.19 (.42)	.22 (.43)	.50 (.92)	.17 (.30)	.64 (.89)	.11 (.27)	1.43 (.76)	1.39 (1.01)	3.18 (2.35)	2.28 (1.25)	3.29 (2.35)	2.28 (1.25)
Nombre de mots clés de la question	2.68 (1.07)	3.47 (.92)	3.14 (1.06)	2.53 (1.10)	2.61 (1.16)	2.89 (1.02)	3.54 (1.35)	2.22 (.93)	3.57 (1.26)	3.69 (1.44)	4.64 (1.25)	4.31 (1.99)

3.2 Navigation et production de requêtes

Sur le plan navigationnel, les âgés passent significativement plus de temps sur les pages de résultats Google ($F(1, 34) = 7.60, p < .01, \eta^2 = .18$) que les jeunes. Les âgés passent également plus de temps sur les résultats Google avant de sélectionner un premier site web à explorer ($F(1, 34) = 8.06, p < .01, \eta^2 = .19$), puis entre le moment où ils retournent sur Google avant de sélectionner le deuxième site qu'ils souhaitent visiter ($F(1, 34) = 13.02, p < .001, \eta^2 = .28$) que les jeunes. Au niveau de la production de requêtes, les résultats montrent que les âgés produisent un plus petit nombre de requêtes ($F(1, 25) = 11.13, p < .04, \eta^2 = .15$), et génèrent moins de nouveaux mots clés que les jeunes ($F(1, 25) = 3.16, p < .06, \eta^2 = .12$). Une interaction entre l'âge et la complexité des questions sur le nombre de requêtes produites est également apparue ($F(2,60) = 4.17, p = .03, \eta^2 = .12$). Les âgés formulent moins de requêtes lors des questions ouvertes ($F(1, 30) = 5.73, p = .02, \eta^2 = .16$), mais l'effet de l'âge disparaît pour les questions simples ($F(1, 30) = .07, p = .79$ n.s.) et difficiles ($F(1, 30) = 2.94, p = .09$, n.s.).

4 DISCUSSION

L'expérimentation menée avait pour ambition d'analyser les effets de l'âge, de la complexité de la tâche et des connaissances antérieures sur deux activités impliquées dans la recherche

d'informations (la production de requêtes et la navigation). Les résultats n'ont montré aucun effet de l'âge sur la performance. On observe en revanche des interactions intéressantes : les âgés réussissent moins bien dans le domaine mangas, pour lequel ils ont moins de connaissances, mais l'effet de l'âge disparaît dans le domaine santé. De même, l'effet de l'âge est significatif dans les questions ouvertes, pour lesquelles les âgés réussissent moins bien, mais l'âge n'a aucun effet dans les questions simples ou difficiles. Au niveau de l'activité en ligne, les âgés passent plus de temps à analyser les résultats du moteur de recherche et produisent également moins de requêtes (eg ils reformulent moins) et de nouveaux mots clés que les jeunes.

Le pattern de résultats présenté rend compte de deux types de stratégies de recherche d'informations. Les jeunes ont tendance à explorer de manière opportuniste, intuitive et à faire preuve de davantage de flexibilité. Ils se laissent guider par les informations courantes et adoptent massivement des heuristiques de type essais-erreurs pour rechercher de l'information. Les jeunes s'engagent très tôt dans l'ouverture de sites web qu'ils visitent de manière superficielle pour retourner rapidement sur la page de résultats Google et sélectionner un autre site web. Cette stratégie est souvent décrite comme une exploration intuitive et rapide des sites web. A l'inverse, les âgés utilisent une stratégie plus analytique, orientée par le but, et davantage planifiée. Ils passent du temps en amont de la navigation à comprendre l'espace-problème de la recherche, à évaluer les résultats, et sélectionner un site web pertinent à visiter. Les âgés semblent également utiliser Google comme repère familier pour poursuivre la recherche.

Les résultats présentés permettent de mettre en relation deux activités centrales en recherche d'informations : la production de requêtes et la navigation en se focalisant sur les phases d'initiation de la recherche et de poursuite. Les prochaines expérimentations ambitionnent d'étudier plus en détails l'impact de la proximité sémantique entre les mots clés fournis par les questions de recherches, les requêtes produites par les participants et les mots clés apparaissant dans les différents descriptifs des résultats du moteur de recherche.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Aula, A. (2005). User study on older adults' use of Web and search engines. *Universal Access in the Information Society*, 4, 67–81. DOI: 10.1007/s10209-004-0097-7
- Bell, D.J., & Ruthven, I. (2004). Searchers' assessments Of Task Complexity For Web Searching. *Proceedings Of The 26th European Conference On Information Retrieval*, pages 57–71.
- Chin, J. and Fu, W.-T. (2010). Interactive effects of age and interface differences on search strategies and performance. *ACM Press*, 403–412.
- Czaja, S. J., Sharit, J., Ownby, R., Roth, D., & Nair, S. (2001). Examining age differences in performance in a complex information search and retrieval task. *Psychology and Aging*, 16, 564–579. DOI: 10.1145/1089107.1089135
- Dommes, A., Chevalier, A., & Lia, S. (2011). The Role of Cognitive Flexibility and Vocabulary Abilities of younger and older users in Searching for Information on the Web. *Applied Cognitive Psychology*, 25, 717–726. DOI: 10.1002/acp.1743
- Hölscher, C., & Strube, G. (2000). Web search behavior of Internet experts and newbies. *Computer Networks*, 33, 337–346.
- Pak, R., & Price, M. M. (2008). Designing an information search interface for younger and older adults. *Human Factors*, 50, 614–628. DOI: 10.1518/001872008X312314
- Stronge, A. J., Rogers, W. A., & Fisk, A. D. (2006). Web-based information search and retrieval: Effects of strategy use and age on search success. *Human Factors*, 48, 434–446. DOI: 10.1518/001872006778606804
- Vakkari P, Pennanen M, Serola S. (2003). Changes of search terms and tactics while writing a research proposal. *Information Processing & Management* 39, 445-463.
- Van Deursen, A. (2012) Internet skill-related problems in accessing online health information. *International journal of medical informatics*. 81, 61-72.

- Verhaeghen, P. (2003). Aging and vocabulary scores: A meta-analysis. *Psychology and Aging, 18*, 332–339.
- White, H., McConnell, E., Clipp, E., Bynum, L., Teague, C., Navas, L., Craven, S., & Halbrecht, H. (1999). Surfing the net in later life: A review of the literature and pilot study of computer use and quality of life. *The Journal of Applied Gerontology, 18*(3), 358–378.

Le téléphone : un artefact témoin du bien-être des personnes-âgées

Carole Hem

Laboratoire AGIM/LIP/GRePS – Université de Grenoble
Carole.hem@gmail.com

Nicolas Vuillerme

AGe Imagerie Modélisation – Université Joseph Fourier, Grenoble 1
Nicolas.Vuillerme@agim.eu

Michel Dubois

Laboratoire Interuniversitaire de Psychologie – Université Pierre Mendès France, Grenoble 2
michel.dubois@upmf-grenoble.fr

Marc-Éric Bobillier Chaumon

Groupe de Recherche en Psychologie Sociale – Université Lumière, Lyon 2
marc-eric.bobillier-chaumon@univ-lyon2.fr

Hervé Provost

Orange Labs – Meylan
herve.provost@orange.com

RÉSUMÉ

Le téléphone produit et laisse des traces dans les systèmes d'informations des opérateurs téléphoniques. Reflet de l'usage du téléphone, ces traces numériques livrent nombre d'information permettant de reconstituer des schèmes sociaux d'utilisation mais aussi d'accéder à des réalités d'un ordre plus général, en lien avec la vie sociale ou la santé des utilisateurs. Précisément, cette étude investigate l'existence de liens potentiels entre des métadonnées téléphoniques (fréquence, durée, nature des traces de communication) et les principaux indicateurs de la qualité de vie auprès d'un échantillon de personnes âgées.

MOTS-CLÉS

Métadonnées téléphoniques, vieillissement, qualité de vie, gérontechnologie.

1 INTRODUCTION

Le projet *Vocal Health Services* conduit par Orange, à l'origine de ce travail de thèse, propose d'investiguer les potentialités offertes par les traces de communication téléphoniques, pour imaginer un service innovant de téléassistance à destination des personnes âgées. Dans la veine des projets de recherche usant de métadonnées, il s'agit pour celui-ci en particulier, de déterminer si, à partir d'une analyse des traces de l'activité téléphonique, il est possible d'observer des changements de comportements d'usages synonymes de troubles socio-sanitaires affectant le bien-être.

Celui-ci parfois réduit à la satisfaction de besoins financiers et à l'acquisition de biens et de service, est en réalité multidimensionnels. Les conclusions du rapport Stiglitz (2009) montrent que si la sécurité économique se place parmi le trio de tête des facteurs influençant positivement la qualité de vie, les contacts sociaux et la santé, tant physique qu'émotionnelle, sont d'une égale influence, voire d'une influence supérieure lorsqu'il s'agit du bien-être de la catégorie la plus âgée de la



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

population (Amiel et al., 2013). Le présent projet s'est donc donné pour objectif de déterminer si de tels facteurs pouvaient être « télésuivis » à partir d'une analyse des traces de communications téléphoniques.

Ce projet puise par ailleurs sa pertinence dans la technologie qu'il propose d'utiliser, pour des raisons justifiées du point de vue des règles régissant l'acceptation et les usages des (nouvelles) technologies : le téléphone constitue non seulement un objet usuel et massivement distribué, mais également un système exempt de stigmatisation, point important lorsque l'on s'intéresse aux gérontechnologies.

Si la nécessité de tels outils technologiques n'est plus à démontrer face aux enjeux sociétaux qu'impliquent le vieillissement de la population, force est de constater que tous ne rencontrent pas le même succès. La notion d'utilité, centrale dans le processus d'acquisition d'un objet technologique (Bouchayer, Flichy et Rosenkier, 1999), revêt une forme particulière dans le cas des gérontechnologies car il s'agit souvent de s'équiper pour pallier à la survenue d'un risque encore non avvenu. C'est ainsi que les personnes visées par ces systèmes, même si elles admettent leur utilité, rejettent l'idée qu'ils soient conçues pour elles (Bobillier Chaumon et al., 2012). La visibilité des systèmes (prothèse auditive, médaillon de télésurveillance..) pose aussi un problème de stigmatisation compliquant l'acceptation. Considérés comme des marqueurs de vieillesse (Caradec, 1999), ces objets identifient la personne, vis à vis d'elle-même et des autres, comme une personne déficiente ou dépendante, ce qui contribue au rejet de ce type d'appareillage.

Lorsque ces outils sont invisibles (ambiants) ou qu'ils prennent la forme d'objets usuels (comme d'un vêtement ou d'un téléphone par exemple), l'acceptation, l'usage et donc la sécurité des personnes s'avèrent grandement favorisées (Demongeot, 2005). Le Borgne-Uguen et Pennec (2000) et Caradec (2001) montrent par ailleurs que la résistance à la nouveauté s'amointrit lorsque la technologie s'incarne dans une version optimisée d'un objet du quotidien car les habitudes, les préférences et les références personnelles, constitutives de l'identité sont respectées. Les équipements ambiants, autonomes et invisibles, semblent alors constituer une voie à privilégier pour favoriser l'adoption des systèmes dans la mesure où ceux-ci autorisent « l'oubli » (Demongeot, 2005).

Le succès du courant actimétrique repose sur son potentiel non invasif et non intrusif permettant de suivre et de surveiller un individu tout en préservant une certaine intimité. L'idée sous-jacente au développement et à l'usage de ce courant est, que le comportement humain, qu'il soit biologique ou social, est quantifiable en rapport à une moyenne individuelle, et qu'une déviation significative par rapport à celle-ci est le signe d'un problème aigu (une chute, un malaise respiratoire, l'entrée dans une pathologie dégénérative par exemple) (Demongeot, 2005). Autrement dit, à partir d'une structure invariante faisant office de signature d'un comportement socio-sanitaire global, un système est capable de détecter des comportements excentriques par rapport à un profil normatif. Selon Karout (2005), quelques informations actimétriques basiques (heure du lever, du coucher, notification d'activité nocturne, les siestes diurnes et l'absence prolongée d'activité) suffisent pour assurer un premier niveau de suivi.

L'études de Berenguer et Noury (Berenguer et al., 2008) montrent à titre d'exemples, qu'il est possible de déduire les activités quotidiennes mais aussi et surtout de détecter des changements anormaux dans les habitudes personnelles qui sont caractéristiques de troubles (cognitifs, troubles du sommeil...) à partir de l'analyse des signatures électromagnétiques des appareils électriques d'un appartement. Madan et al. (2010), à partir cette fois de données téléphoniques (entre autres, le volume d'appel et l'horodatage des communications, la diversité du réseau de communication) constatent des changements de comportements d'usage en cas de maladie. Ils montrent par exemple qu'avec l'apparition des premiers symptômes d'un rhume, l'heure du premier appel varie par rapport à la normale et que le volume de communication total augmente. Alors qu'en cas de déprime ou de sentiment de solitude, le volume d'appel diminue. Enfin, et toujours à titre

d'exemple, Berke et al. (2011) évaluent les interactions sociales ainsi que les activités physiques des personnes âgées grâce aux données téléphoniques. Leurs résultats démontrent notamment l'existence d'une corrélation entre le temps de parole et la composante mentale du SF36.

2 MATERIEL ET METHODE

Le cœur de cette recherche fut donc de rechercher l'existence (ou l'absence) de corrélations entre des métadonnées téléphoniques (durée de communication, volume d'appel...) et des traces d'activité réelle. D'un caractère forcément exploratoire, nous avons fait le choix d'investiguer une pluralité de pistes dans les champs de la santé et de l'activité sociale, à partir du suivi longitudinal d'une cohorte qualitative (échantillon inférieur à 30 personnes) de personnes, âgées de plus de 75 ans.

2.1 Données recueillies

Pendant l'enquête de terrain, nous avons ainsi réuni un corpus de données en rapport à l'activité sociale (1), l'état de santé physique (2) et psychique (3) sous forme premièrement d'auto-évaluations quotidiennes sur la santé et le moral, accompagnées de verbatim descriptifs consignés par nos participants dans des journaux de bord, et deuxièmement d'évaluations psychotechniques trimestrielles. Le but fut alors d'étudier les liens potentiels entre ces différentes données et des traces de communications téléphoniques.

2.1.1 Les traces de communication¹⁴

A compter de la date de signature du consentement de participation, nous disposions des relevés téléphoniques des participants pendant une année complète. Les sujets ayant renouvelés leur consentement nous ont permis de réaliser des périodes de suivi allant jusqu'à 22 mois.

Parmi les nombreux paramètres contenus dans les fichiers extraits du système d'information d'Orange, nous avons retenu une liste de 77 variables construites sur la base des informations téléphoniques brutes. Nous disposions ainsi entre autres d'informations relatives à la date, l'heure, la durée des communications, le sens des appels (entrants ou sortants), les appels manqués, les durées de sonnerie ainsi qu'au nombre de correspondants différents. Aussi, dans le but de réaliser des analyses sur des groupes spécifiques de correspondants (famille, entourage, professionnels de santé etc.), nous avons réalisé un entretien particulier afin d'identifier, par une étiquette générique¹⁵, les principaux contacts téléphoniques.

2.1.2 Les carnets de bord

Chaque participant disposait d'un carnet de bord prenant la forme d'un agenda au sein duquel il lui était demandé de consigner chaque jour une évaluation de sa santé et de son moral sur une échelle à 4 points allant de « très mauvais » à « très bon ».

D'autre part, chacun était chargé d'inscrire tous les événements relatifs à sa santé, son moral ou à sa vie sociale dans une section spécifique du carnet de bord. Ces informations, prenant la forme de verbatim, ont fait l'objet d'un recodage à la suite d'une analyse de contenu. Au total, sept grandes thématiques ont émergées : la santé (rendez-vous médicaux, maladie, douleurs, chute, trouble du

¹⁴ Point éthique : l'étude a fait l'objet d'un dépôt d'autorisation CNIL en Avril 2011. La Charte du Bon Usage des Ressources Informatiques de France Télécom/Orange, nécessaire pour accéder aux données de communication, a également été signée le 30/06/2010. Toutes les informations recueillies ont fait l'objet d'une anonymisation et les détails de communications ont été encryptés avant d'être mises à disposition de l'équipe projet. Il a également été validé que le projet ne relève pas de la loi Huriot-Sérusclat, relatif à la protection des personnes qui se prêtent à des recherches biomédicales.

¹⁵ Etiquette de type « Famille – Fille », « Entourage – Amie » ou « Professionnel – Médecin » par exemple

sommeil), le moral (anxiété, déprime, solitude), les visites et les sorties d'ordre social (avec amis, famille ou autres), les visites d'aides, les événements familiaux (anniversaire, repas de fête, naissance, décès, mariage, vacances...), les activités domestiques (TV, internet, jardinage, ménage, jeux, lecture...) et des renseignements sur la météo.

Pour le codage de ces informations, nous avons opté pour un raisonnement binaire traduisant l'absence ou la présence d'un événement : lorsqu'un événement fut mentionné (comme une visite ou une maladie par exemple) celui-ci fut codé « présent » et à contrario, en son absence, il fut codé « absent ». Les journées où aucune information ne fut consignée¹⁶ n'ont pas été prises en compte dans l'analyse.

2.1.3 Les évaluations psychotechniques

Aux côtés des autoévaluations journalières, conscients des variations interindividuelles en matière d'assiduité et de la propension à consigner ou non tels ou tels événements dans le journal de bord, nous avons réalisé parallèlement un suivi trimestriel, standardisé, outillé de tests et de questionnaires psychotechniques.

Ces mesures nous ont permis de surveiller régulièrement l'évolution de dimensions en rapport avec l'activité sociale et le bien-être. Le choix de ces évaluations particulières fut basé d'une part sur leur validité auprès de la population âgée, d'autre part sur leur sensibilité à mesurer des changements sur le court terme et enfin pour leur facilité de passation. Au total, nous avons administré le Mini Mental State Examination, pour évaluer les capacités cognitives, le Short Form-36, pour estimer le niveau de bien-être physique et psychique, le Mac Nair, pour apprécier les difficultés mnésiques, l'Indicateur de Santé Perçue de Nottingham, pour suivre six dimensions en rapport avec la qualité de vie¹⁷ et l'Echelle Gériatrique de Dépression.

2.2 Echantillon

Toute personne âgée de plus de 70 ans disposant une ligne fixe Orange pouvait participer à cette étude. Au total, les vingt-six personnes contactées par le biais de connaissances ont donné leur consentement de participation, soit vingt et une femmes, et cinq hommes âgés entre 71 et 91 ans au début de l'étude. Dix-huit vivaient dans leur domicile familial et neuf en institution¹⁸. Compte tenu de l'investissement demandé à nos participants, nous n'avons pas recruté de personnes excessivement limitées fonctionnellement ou cognitivement¹⁹.

2.3 Traitements des données

La récolte des données ayant lieu pendant plus d'une année, l'assiduité de nos participants pouvant à tout moment décliner, nous avons pris la précaution de doubler pour chaque dimension (santé physique, psychique et activité sociale) les méthodes de recueil. Cette triangulation méthodologique nous a permis de risquer un recueil de données d'une granularité très fine (une ou plusieurs informations par jour, consignées dans les carnets de bords) que l'on souhaitait calquer sur des relevés téléphoniques détaillés (une communication, une ligne de données dans le système d'information de l'opérateur Orange) tout en instaurant un relevé standardisé trimestriel armé de tests psychotechniques. Nous sommes parvenus à suivre très précisément le quotidien de certains participants, tout en récoltant régulièrement des données pour l'ensemble de l'échantillon.

En définitive, en matière de santé psychique, nous avons recueilli des données - déclaratives et/ou standardisées - relatives à la vivacité cognitive, l'anxiété, la dépression, les troubles de

¹⁶ C'est-à-dire en l'absence de verbatim et d'évaluation du niveau de santé et de moral

¹⁷ Energie, douleur, mobilité, isolement, réaction émotionnelles et sommeil.

¹⁸ Cette asymétrie de l'échantillon est importante quant à la reproductibilité des résultats.

¹⁹ Tous nos participants appartenaient aux catégories GIR 5 et 6.

mémoire, de sommeil et d'humeur. En rapport à la santé physique, nous avons collecté des informations concernant les visites médicales et les hospitalisations, les cas de pathologies et de chutes, évalué les capacités motrices, la vitalité (ou la fatigue) et les douleurs ressenties. Enfin, pour étudier l'activité sociale, nous avons comptabilisé, sur la base des verbatim retranscrites, les contacts sociaux en face à face (visites et sorties), mesuré le niveau d'isolement social et apprécié les limitations sociales dues à l'état de santé physique ou psychique grâce aux dimensions du SF-36 particulièrement.

Pour traiter ces corpus, nous avons cherché à vérifier s'il existait une relation univariée significative au plan intra-individuel, entre les données socio-sanitaires et les paramètres téléphoniques. Nous avons testé l'existence d'une relation avec quatre types de données téléphoniques : les données brutes, les variations de ces données brutes (cette variation suit une loi normale), les données lissées fonction de deux types de filtres 20 et enfin les données exacerbées mettant en valeur les variations et les moments de rupture.

Les tests ont été appliqués en fonction du type de données²¹ :

	Continue	Ordinale	Binaire
Continue	Pearson (R ²)	Kruskal-Wallis (p-valeur)	Logit
Binaire	Logit	Cramer (V)	Cramer (V)

3 RESULTATS

Fonction de trois grandes dimensions sociales et sanitaires, nous avons réalisé trois études.

3.1 Première étude : Liens entre métadonnées téléphoniques et activité sociale

Pour cette dimension, quatre paramètres téléphoniques se sont révélés significativement corrélés à l'activité sociale : le volume total d'appel, les appels entrants efficaces, les appels avec les proches ainsi que les volumes d'appels avec les deux correspondants les plus contactés.

L'ensemble de l'échantillon démontra un lien à minima avec l'un de ces paramètres et pour neuf d'entre eux, les résultats furent particulièrement encourageants dans la mesure où deux à quatre de ces paramètres furent vérifiés.

3.2 Seconde étude : Liens entre métadonnées téléphoniques et santé psychique

3.2.1 La santé psychique générale

Les paramètres significativement corrélés à l'état de santé psychique d'un grand nombre de sujet et donc les plus intéressants furent : la taille du réseau social téléphonique journalier, le volume d'appel et les durées de conversations avec les correspondants préférentiels 1 et 2.

Il serait envisageable de suivre conjointement ces trois paramètres pour rendre compte de l'état de santé psychique, dans la mesure où parmi les quatorze sujets ayant été testés sur au moins deux paramètres, huit présentent au moins deux paramètres significativement corrélés.

3.2.2 Les cas d'anxiété

²⁰ Un filtre ébarbeur : sur une fenêtre de 7 jours, la valeur la plus forte est remplacée par la seconde valeur la plus élevée et la valeur la plus faible est remplacée par la 2^{ème} valeur la plus faible - Un filtre par moyenne mobile : moyenne sur une fenêtre glissante de 7 jours

²¹ Le seuil de significativité de 5% à dans un premier temps été retenu, puis élargie à 20% compte tenu du caractère exploratoire de la recherche.

Peu de sujets ont finalement pu être testés pour la dimension « anxiété ». Cela est dû au fait que seuls les journaux de bord ont été utilisés pour recueillir des informations sur cette problématique. Malgré tout, les résultats sont encourageants dans la mesure où les trois paramètres s'étant révélés significatifs sont pertinents pour trois sujets sur les quatre testés. Le quatrième participant démontre tout de même l'existence de deux paramètres significatifs. Ces paramètres sont : les appels sortants, les appels sortants avec les professionnels de santé et la durée de conversation.

3.2.3 Les symptomatologies dépressives

Les résultats concernant cette dimension sont également particulièrement satisfaisants, et ce, pour plusieurs raisons. D'une part, parce que la majeure partie de notre échantillon a été testée, seuls deux sujets manquent à l'analyse. D'autre part, sur les vingt et une personnes dont les cas ont été traités, dix-huit présentent entre deux et cinq paramètres téléphoniques corrélés à la symptomatologie parmi ceux-ci : la taille du réseau téléphonique journalier, les appels sortants, les appels avec les contacts fréquents, les appels sortants vers les professionnels de santé et la durée de conversation.

Précisons en outre que quatre des cinq paramètres identifiés comme pertinents présentent une validité intra échantillon particulièrement forte : deux sont pertinents pour la totalité des sujets analysés (18/18) et les deux autres, bien que testés sur un nombre de personnes plus restreint se sont révélés significatifs dans trois cas sur quatre. Il semble donc opportun de retenir chacun de ces paramètres pour suivre l'évolution de la symptomatologie dépressive et de confirmer ces résultats sur un volume de personne plus important.

3.3 Troisième étude : Liens entre métadonnées téléphoniques et santé physique

3.3.1 L'état de santé physique général

Parmi les six paramètres significatifs identifiés pour la dimension « santé générale », quatre semblent particulièrement pertinents compte tenu de la proportion des sujets pour qui ils se sont avérés significatifs : le paramètre « volume d'appel avec les professionnels de santé » s'est avéré significatifs pour treize sujets sur quatorze, la « durée de sonnerie » pour l'ensemble de l'échantillon testé, soit quatorze sujets, les « appels entrants inefficaces » pour treize sujets contre quatre et enfin « l'heure du premier et du dernier appel » vérifiée pour trois sujet sur cinq.

En outre, parmi les treize sujets testés sur au moins trois des quatre paramètres cités précédemment, dix montrent des relations significatives entre leur état de santé général et au moins trois de ces quatre paramètres. Ce constat est par ailleurs conforté des cas de quatre autres participants pour qui deux des trois premiers paramètres se sont avérés significatifs. Compte tenu de ces résultats, il semble envisageable de constituer un suivi conjoint des paramètres suivants : le volume d'appel avec les professionnels de santé, la durée de sonnerie des appels entrants et le volume des appels entrants inefficaces pour surveiller l'état de santé physique générale.

3.3.2 Le niveau de vitalité

Pour cette dimension la durée de sonnerie est le paramètre le plus intéressant. Il s'est avéré significatif pour les cinq sujets testés.

Il n'est pas possible en l'état actuel des résultats d'envisager un agrégat de paramètre pour cette dimension. Il sera nécessaire d'approfondir les résultats sur la base de cette recherche exploratoire ayant permis d'identifier trois paramètres potentiellement intéressants. Les paramètres, « volume d'appels avec le contact préférentiel n°2 » et le « volume d'appel avec l'entourage » se sont avérés significatifs mais pour moins de 50% de l'échantillon analysé.

4 CONCLUSION

Ces relations significatives entre l'usage du téléphone et les diverses dimensions socio-sanitaires montrent qu'il existe bien des relations à étudier. Le tableau ci-dessous récapitule les résultats les plus intéressants. Il présente par dimension et par paramètre, le nombre de sujets pour qui les corrélations se sont avérées significatives.

	Activité Sociale	Santé Psy G	Anxiété	Dépression	Santé Phy G	Vitalité
Vol. total appels	11/18					
Vol. appels entrants eff.	14/18					
Vol. appels entrants ineff.					13/17	
Vol. appels sortants			3/3	18/18		
Vol. appels contacts fréq.				4/9		
Vol. appels C1/C2	4/9	9/15				
Vol. appels proches	8/16					
Vol. appels pro santé			3/3	3/4	13/14	
Taille réseau tél. jour.		10/14		18/18		
Durée conversation			3/3	3/4		
Durée conv. C1/C2		9/12				
Durée sonnerie					14/14	5/5
Heure 1 ^{er} appel					3/5	

Finalement, parmi les dix dimensions²² étudiées, six présentent des résultats particulièrement satisfaisants, non seulement parce que les paramètres téléphoniques se sont avérés significatifs pour une proportion importante des sujets testés, mais également en raison de la pluralité de paramètre pertinent pour chacune des dimensions²³. Cette spécificité permet d'envisager l'agrégat d'entre trois et cinq paramètres pour suivre l'évolution d'une même dimension.

Par ailleurs, pour quatre des six dimensions présentées (activité sociale, santé psychique générale, symptomatologie dépressive et santé physique générale) il existe, au sein de chacun des agrégats potentiels, un paramètre exclusif, c'est-à-dire une donnée téléphonique significative pour une dimension exclusivement. Ce paramètre particulier pourrait permettre, dans les cas où un paramètre téléphonique est pertinent pour plusieurs dimensions, de les discriminer les unes des autres.

Enfin, si les conclusions de cette étude sont globalement satisfaisantes, il est impératif de relativiser leur portée compte tenu de son approche exploratoire et de la dimension qualitative de l'échantillon. Il sera donc indispensable, sur la base de ces premiers résultats, de reproduire l'étude sur un échantillon d'individu plus important et de tester spécifiquement les intuitions esquissées en conclusion.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Amiel, M. H., Godefroy, P., & Lollivier, S. (2013). Qualité de vie et bien-être vont souvent de pair. *Insee Première*, n° 1428.
- Berenguer, M., Giordani, M., Giraud-By, F., & Noury, N. (2008, July). Automatic detection of activities of daily living from detecting and classifying electrical events on the residential power line. In *e-health Networking, Applications and Services, 2008. HealthCom 2008. 10th International Conference on* (pp. 29-32). IEEE.
- Madan, A., Cebrian, M., Lazer, D., & Pentland, A. (2010, September). Social sensing for epidemiological behavior change. In *Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing* (pp. 291-300).

²² Activité sociale / Santé psychique générale / Anxiété / Symptomatologie dépressive / Troubles du sommeil / Troubles cognitifs / Santé physique générale / Vitalité / Douleurs / Mobilité

²³ Excepté pour la dimension « Vitalité »

- Berke, E. M., Choudhury, T., Ali, S., & Rabbi, M. (2011). Objective measurement of sociability and activity: mobile sensing in the community. *The Annals of Family Medicine*, 9(4), 344-350.
- Bobillier Chaumon, M. E., Cros, F., Cuvillier, B., Hem, C., & Codreanu, E. Concevoir une technologie pervasive pour le maintien domicile des personnes âgées: la détection de chutes dans les activités quotidiennes. *Activités humaines, Technologies et Bien être*, 189.
- Bouchayer, F., Flichy, P., Rosenkier, A. (1999). *Communication et personnes âgées*. Réseaux, n° 96, Paris. Hermes.
- Caradec, V. (1999). Vieillesse et usage des technologies. Une perspective identitaire et relationnelle. *Réseaux*, 17(96), 45-95.
- Caradec, V. (2001). Générations anciennes et technologies nouvelles. *Gérontologie et société*, (MAI), 71-91.
- Demongeot, J. (2005). Technologie et soins gérontologiques: les implications éthiques et les réflexions pour le futur. *Gérontologie et société*, 113(2), 121-136
- Le Borgne-Uguen, F., Pennec, S., & Le Borgne-Uguen, F. (2000). L'adaptation de l'habitat chez des personnes (de plus de 60 ans) souffrant de maladies et de handicaps et vivant à domicile. *Contrat MIRE/CNAV*.
- Karout, P. (2005). Service vigilance solution de veille préventive à distance pour l'accompagnement à domicile de personnes en perte d'autonomie. *Gérontologie et société*, 113(2), 37-50.
- Stiglitz, J. E., Sen, A. K., & Fitoussi, J. P. (2009). Rapport de la Commission sur la mesure des performances économiques et du progrès social.

Symposium : Regards croisés sur le secteur du transport et de la logistique : ergonomie, sociologie et psycholinguistique

Organisé par

Julien Cegarra

Université de Toulouse - CUFR ALBI
CUFR Jean-François Champollion, 81012 Albi Cedex 9
julien.cegarr@univ-jfc.fr

Virginie Govaere et Liën Wioland

INRS, département Homme au Travail
virginie.govaere@inrs.fr lien.wioland@inrs.fr

MOTS-CLÉS

Analyse de l'activité ; Méthode ; Observation ; Transport ; Logistique

Approche méthodologique déployée pour saisir les ajustements d'un secteur toujours en évolution : le transport routier de marchandises

Virginie GOVAERE et Liên WIOLAND
INRS, département Homme au Travail
virginie.govaere@inrs.fr lien.wioland@inrs.fr

Le Transport Routier de Marchandises (TRM) se positionne comme un secteur clé de l'économie nationale. Le TRM permet d'apporter les marchandises de la plus grande ville au plus petit village. Dans les entreprises de TRM, plusieurs métiers sont connectés et travaillent en parallèle ; les conducteurs réalisent les livraisons que les exploitants ont planifiées. Les entreprises de ce secteur sont en grande majorité des PME et des TPE (97%) et sont réparties sur l'ensemble du territoire français. La diversité des contextes de livraisons et la nécessaire flexibilité de ces petites entreprises les conduisent à se positionner sur des marchés de « niches » ainsi qu'à s'adapter constamment aux exigences des clients. Ces ajustements continus ne sont pas sans effet sur la sécurité des salariés de ce secteur : ces derniers sont deux fois plus souvent accidentés que ceux des autres secteurs et ceci, de manière plus grave (bilan social annuel du transport routier de marchandises – observatoire social des transports – décembre 2013). Ainsi dans ce contexte, lorsqu'il s'agit de proposer des solutions de prévention aux salariés de ce secteur, la question de la pérennité des situations de travail et/ou des conditions de réalisation des situations de travail se pose de manière importante.

La compréhension de ces situations de travail se fonde sur l'analyse ergonomique à partir du schéma général de l'analyse d'activité (Leplat, 2000). La première étape est ainsi de réaliser deux analyses d'activité : l'une pour les conducteurs et l'autre pour les exploitants. Elles permettent de quantifier et de qualifier les différentes opérations réalisées dans chacune des situations. Les acquérir en parallèle permet de traiter de leurs interactions en ayant une connaissance des contextes mutuels. Pour gagner en généralisation, un modèle de l'activité des conducteurs et des planificateurs reposant sur une Hiérarchie d'Abstraction (Rasmussen, 1985 ; Rasmussen & Vicente, 1989 ; Vicente & Rasmussen, 1992 ; Vicente, 1999) a été ensuite élaboré. Cette méthode vise notamment à définir les contours d'un domaine de travail et d'accéder ainsi à une modélisation de ces situations de travail. Cette dernière donne une représentation des fonctions communes à l'ensemble des entreprises de TRM.

Cette communication vise à présenter les apports et limites méthodologiques de ce couplage entre l'analyse d'activité et une hiérarchie d'abstraction.

Dans une première partie, quelques résultats issus des analyses d'activité seront présentés. Ils permettront de montrer la pluralité des situations de travail analysées. Ensuite seront présentés, les processus d'élaboration de la hiérarchie d'abstraction, ses contraintes et difficultés pour ces deux métiers.

Dans la seconde partie, il sera question des apports méthodologiques respectifs des analyses d'activité menées en parallèle et du couplage de ces dernières avec la hiérarchie d'abstraction.

BIBLIOGRAPHIE

- Leplat, J. (2000). L'analyse psychologique de l'activité en ergonomie. Toulouse : Octarès.
Rasmussen, J. (1985). The role of hierarchical knowledge representation in decision making and system management. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 15, 234-243.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

- Rasmussen, J., & Vicente, K. J. (1989). Coping with human errors through system design: Implications for ecological interface design. *International Journal of Man-Machine Studies*, 31, 517-534.
- Vicente, K.J. (1999). *Cognitive Work Analysis*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Vicente, K. J., & Rasmussen, J. (1992). Ecological interface design: Theoretical foundations. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. SMC-22, 589-606.

Apports des verbalisations pour l'analyse de la gestion de l'incertitude des exploitants de transports

Koosha KHADEMI et Julien CEGARRA

Université de Toulouse - CUFR ALBI

Koosha.khademi@univ-jfc.fr, julien.cegarra@univ-jfc.fr

Pierre LOPEZ

LAAS, Equipe ROC - Toulouse

lopez@laas.fr

Les environnements incertains qu'ils relèvent de l'industrie, des transports ou plus généralement du contrôle de processus, sont au cœur de nombreux travaux en Ergonomie (Bainbridge, 1992 ; Hollnagel, Mancini, & Woods, 1988). Les stratégies mises en place par les opérateurs experts de ces domaines peuvent, par exemple, consister à chercher des informations complémentaires, à anticiper les événements, voire même à ignorer l'incertitude. Mais lorsqu'il s'agit de comprendre les déclencheurs de ces différentes stratégies ou leur mise en œuvre, il est nécessaire de disposer de méthodes plus fines. Cette communication vise à présenter les apports méthodologiques issus de méthodes d'analyses de verbalisation. Plus précisément, il s'agit ici de combiner une méthode d'analyse de protocoles (dite « prédicat/argument », Hoc & Amalberti, 1999) ainsi qu'une méthode d'inspiration psycholinguistique (Chauvin, 2000) pour mieux identifier, dans l'activité, les séquences de gestion de l'incertitude, que ce soit la séquence elle-même (son début, sa fin) ou la stratégie mise en place par l'opérateur. Les méthodes seront illustrées par des exemples issus d'études auprès d'exploitants dans le secteur du Transport Routier de Marchandises (TRM). En effet, ces opérateurs doivent construire des tournées de transports où les demandes sont nombreuses et dont les indications initiales sont généralement incomplètes ou ambiguës.

Une première partie de la communication soulignera les contraintes méthodologiques associées au recueil et à l'analyse des verbalisations dans un tel terrain. Il s'agira notamment de présenter la constitution de l'échantillon, les procédures de codage des protocoles et les critères de validation (double codage). Il sera également souligné l'importance d'une méthode qui déborde le sujet d'intérêt ; en cherchant directement les stratégies de gestion d'incertitude dans les protocoles, l'analyse risquerait de produire une surreprésentation des stratégies cherchées.

Une seconde partie de la communication présentera les résultats obtenus par cette méthode dans le secteur des transports routiers de marchandise. Il s'agira de présenter les stratégies employées par les exploitants pour faire face à l'incertitude. Les verbalisations nous permettront notamment de mieux caractériser les stratégies et leur déclenchement.

BIBLIOGRAPHIE

- Bainbridge, L. (1992). Mental Models in Cognitive Skill: The Example of Industrial Process Operation. In Y. Rogers, A. Rutherford & P.A. Bibby (Eds.), *Models in the Mind: theory, perspective & application* (pp. 119-143). London: Academic Press.
- Chauvin, C. (2000). Analyse de l'activité d'anticollision à bord des navires de commerce: des marques linguistiques aux représentations mentales. *Le Travail Humain*, 63, 31-58.
- Hoc, J.M., & Amalberti, R. (1999). Analyse des activités cognitives en situation dynamique : d'un cadre théorique à une méthode. *Le Travail Humain*, 62, 97-129.
- Hollnagel, E., Mancini, G., & Woods, D.D. (Eds.). (1988). *Cognitive engineering in complex dynamic worlds*. London: Academic Press.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015*. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

Comprendre le travail en travaillant : L'observation participante dans les entrepôts de la grande distribution

David GABORIEAU

Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

david.gab@wanadoo.fr

La méthode ethnographique d'observation participante dont il sera ici question a été mise en place dans le cadre d'une thèse en sociologie du travail à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. La démarche s'est concrétisée par l'accomplissement de 3 périodes de travail, chacune s'étalant sur 2 à 3 mois, réalisées en tant qu'intérimaire dans les entrepôts de la grande distribution.

Faire soi-même l'expérience du travail ouvrier permet tout d'abord de développer une description très fine de l'activité. Si cette description peut impliquer une dimension sensible, elle ne doit cependant pas donner au chercheur le statut d'un ouvrier comme les autres. Les perceptions du corps, au même titre que celle de l'esprit, sont des produits de la socialisation et ne doivent donc pas être essentialisées.

Dans des lieux de travail de plus en plus formalisés, la participation offre bien sûr l'occasion de voir ce qui se situe en dehors du cadre officiel. Les contournements, les arrangements, les écarts à la règle ou à la loi, peuvent avoir une valeur heuristique à condition d'être analysés dans leurs contextes. Plus généralement, l'observation participante incite à regarder ce qui n'est pas tout à fait le travail mais qui s'y rapporte pour autant comme les discussions informelles ou les pauses.

De même, l'embauche en tant qu'intérimaire fut aussi l'occasion de sortir de l'entrepôt pour se positionner à l'échelle de la zone logistique. La circulation des intérimaires d'un entrepôt à l'autre, au gré des besoins des entreprises mais aussi des intérimaires eux-mêmes, s'est ainsi avérée être un point important de la compréhension.

Enfin, la participation au collectif de travail a permis le recueil d'un type de discours dont la faible légitimité empêche l'expression, y compris au cours des entretiens réalisés au domicile. C'est le cas par exemple des jugements portant sur la technologie et sur la santé, deux axes majeurs du travail de recherche en cours.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

Doctoriales

Etude empirique des apports et limites d'une application tangible sur table interactive pour l'enseignement de la physique

Cédric Knibbe

Laboratoire des Interfaces Sensorielles et Ambiantes, CEA-LIST
91191 Gif-sur-Yvette Cedex
cedric.knibbe@cea.fr

Pierre Falzon

Centre de Recherche sur le Travail et le Développement, CNAM
41 rue Gay Lussac, 75005 Paris, France
pierre.falzon@cnam.fr

Yannick Lémonie

Centre de Recherche sur le Travail et le Développement, CNAM
41 rue Gay Lussac, 75005 Paris, France
yannick.lemonie@cnam.fr

Christine Mégard

Laboratoire des Interfaces Sensorielles et Ambiantes, CEA-LIST
91191 Gif-sur-Yvette Cedex
christine.megard@cea.fr

RÉSUMÉ

Cette étude décrit les résultats préliminaires de l'évaluation d'un dispositif de formation en physique sur table interactive qui utilise des interactions tangibles. Une démarche de conception participative a été mise en place pour concevoir un outil de simulation dédié aux expériences menées en optique en classe de 4^{ème} au collège. Elle a abouti à la conception d'une version fonctionnelle qui a été déployée en situation réelle dans quatre classes pendant six séances de cours. Des observations et des entretiens ont été menés tout au long de l'expérimentation avec l'enseignant et des élèves afin d'identifier les avantages et les inconvénients de l'application conçue par rapport aux activités d'enseignement et d'apprentissage actuelles. Les résultats montrent que les tables interactives peuvent avoir un effet positif sur différents aspects de l'enseignement et de l'apprentissage et font ressortir des pistes d'investigation et d'amélioration pour la suite de la conception.

MOTS-CLÉS

Enseignement, apprentissage, tables interactives, interactions tangibles, évaluation

1 INTRODUCTION

L'objectif de cette étude est de présenter les résultats préliminaires de l'évaluation d'une application tangible sur table interactive conçue pour l'enseignement de l'optique au collège, en classe de 4^{ème}. Elle s'inscrit dans le cadre du projet Tactileo qui vise notamment à développer des matériels, des applications et des contenus adaptés aux interfaces tactiles pour l'apprentissage et à évaluer leurs usages.

1.1 Cadre du travail de thèse



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

D'un point de vue théorique, nous nous intéressons aux activités d'enseignement et d'apprentissage avec des tables interactives et des interactions tangibles. Le premier objectif est de concevoir un dispositif de formation qui permette le développement des pratiques des enseignants et des élèves. Le second porte sur l'apprentissage du fonctionnement et des modes d'interactions avec les tables interactives par les enseignants et les élèves, dans la mesure où il s'agit de technologies peu connues. Nous nous intéressons aux rapports entre ces apprentissages et la conception des usages pendant le processus de conception et pendant des séances de cours avec l'application afin de prendre en compte les processus de conception pour l'usage et de conception dans l'usage (Folcher, 2003)

Afin d'appréhender ces différents éléments liés à la fois aux usages et à la technologie en elle-même, nous nous inscrivons dans le cadre de l'approche instrumentale de Rabardel (1995). Nous reprenons plus particulièrement le modèle de l'activité collective médiatisée par un instrument, ce dernier étant une entité composite qui comprend d'une part un artefact et d'autre part une composante liée à l'action : les schèmes. La figure 1 illustre les rapports directs et médiatisés entre le sujet, l'objet de son activité et les autres acteurs. Ces médiations sont de plusieurs nature : (a) des médiations épistémiques, liées à la connaissance de l'objet de l'activité et de ses propriétés, et des médiations pragmatiques, relative à la transformation de cet objet et de ses propriétés par le sujet ; (b) des médiations réflexives qui permettent au sujet de se connaître, se transformer, se gérer, etc. par l'intermédiaire de l'instrument ; (c) des médiations interpersonnelles en relation à autrui ; et (d) des médiations externes au sujet (Folcher & Rabardel, 2004).

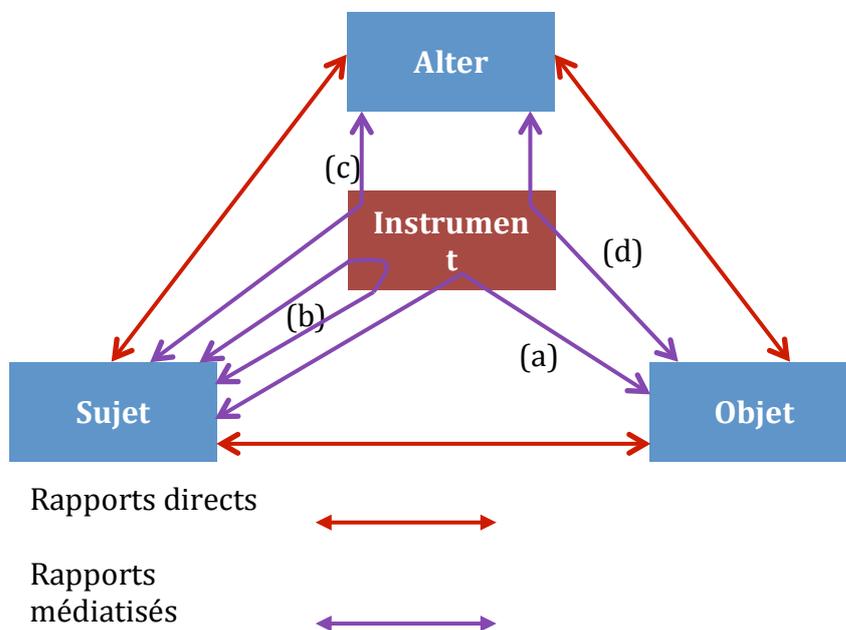


Figure 1. Rapports directs et médiatisés supportés par l'instrument (Rabardel, 1995) : médiation épistémique et pragmatique entre le sujet et l'objet de son activité (a), médiations réflexives (b), médiations interpersonnelles (c) et médiations externes au sujet (d)

1.2. Contexte de l'étude

Les tables interactives sont des dispositifs informatiques ayant une forme de table avec un grand écran tactile disposé horizontalement qui peuvent supporter les interactions tangibles, c'est-à-dire par l'intermédiaire d'objets réels qui sont détectés lorsqu'ils sont manipulés sur l'écran (cf. Figure 2). Dans notre cas, le système détecte la position et l'orientation de chaque objet, et il est possible d'afficher des images dessous lorsqu'ils sont posés. Potentiellement n'importe quel objet, qu'il soit créé spécialement ou qu'il s'agisse d'un objet de la vie de tous les jours, peut être utilisé pour interagir avec la table interactive si c'est prévu par le logiciel. Dans leur synthèse sur les

interactions tangibles, Shaer & Hornecker (2010) montre que les interactions tangibles peuvent être associées à une grande diversité d'usage : divertissement, résolution de problème, visualisation, activités collaboratives ou formation.

Plusieurs auteurs ont discuté des apports théoriques de ce type d'interaction dans les activités d'enseignement-apprentissage (Manches & O'Malley, 2011 ; Price & al., 2009 ; Marshall, 2007). Par exemple, les objets tangibles peuvent servir de métaphores conceptuelles pour les élèves et la forme du dispositif est censée favoriser le travail collaboratif. Des recommandations existent pour la conception d'applications éducatives sur tables interactives et portent aussi bien sur l'utilisabilité du dispositif que sur son intégration dans le déroulement des cours (Dillenbourg & Evans, 2011 ; Scott & al., 2003).

L'enseignement de l'optique au collège peut poser des difficultés pour les enseignants et les élèves : les conditions expérimentales sont souvent biaisées par des lumières parasites ; l'étude d'un phénomène est subjective lorsque les élèves utilisent des instruments d'optique qui se manipulent individuellement, ce qui rend difficile la comparaison ou la synthèse des observations ; le passage de l'expérience réelle à sa modélisation à l'aide de concepts physiques pose également problème, etc.

Une démarche de conception participative a été mise en place afin de concevoir une application qui puisse être testée en classe et qui permette de dépasser certaines des difficultés actuellement rencontrées en classe.

2 METHODE

Douze réunions de conception ont eu lieu avec deux ergonomes et des concepteurs de ressources pédagogiques (deux enseignants de physique-chimie et une didacticienne). L'objectif était de définir les fonctions et les éléments de l'interface (images virtuelles et objets tangibles) d'une part, et d'adapter les scénarios pédagogiques existants afin d'intégrer les tables interactives d'autre part. L'application tangible finale devait être intégrée dans une séquence de cours en optique de 4^{ème} sur la décomposition de la lumière lorsqu'elle est observée avec un instrument d'optique tel qu'un spectroscope.

L'articulation entre ergonomie et didactique a permis d'aboutir à la conception d'un simulateur qui permet de « rejouer » différentes expériences autour de la décomposition de la lumière et de manipuler le modèle physique associé. Les objets tangibles symbolisent les éléments constitutifs de l'expérience : expérimentateur, source lumineuse primaire ou secondaire, filtre et spectroscope. Un objet tangible supplémentaire permet d'afficher le modèle de ce qui est simulé de façon dynamique. La figure 2 montre deux exemples de l'application finale.

Concrètement, après avoir fait une expérience sur la lumière dans la réalité, les élèves sont invités à faire la simulation correspondante puis à travailler sur la modélisation physique correspondante avec des rayons lumineux en accord avec le modèle scientifique de l'optique géométrique. Par exemple, ils peuvent aligner l'œil, le spectroscope et la source pour faire apparaître le spectre lumineux correspondant devant l'œil. En outre, l'écran de la table interactive affiche une image de l'objet tangible lorsque celui-ci est détecté afin d'assurer un feedback et pour permettre à l'enseignant de projeter le contenu de l'écran au tableau à l'aide d'un vidéoprojecteur. La forme des objets tangibles et les dessins correspondants ont été choisis dans un registre réaliste pour faciliter la prise en main et pour assurer une cohérence avec les expériences réelles.

Une phase d'expérimentation en situation réelle a eu lieu avec un des enseignants-concepteurs dans 4 classes. Chacune d'elle a travaillé pendant 6 séances avec 5 tables interactives dans une salle de cours spécialement dédiée. Les séances étaient filmées par 3 caméras et un ergonome faisait des observations en parallèle sur les interactions des utilisateurs avec les tables interactives, les objets tangibles et entre eux. Enfin, des entretiens hebdomadaires ont eu lieu avec des groupes d'élèves et l'enseignant et portaient sur leurs opinions concernant par exemple : l'intérêt du dispositif et sa pertinence d'un point de vue didactique et pédagogique, les difficultés rencontrées, les différences

par rapport aux cours habituels, le travail collectif des élèves autour des tables interactives, leurs avis sur les interactions tangibles, la prise en main, la compréhension des éléments affichés sur l'écran.

3 RESULTATS PRELIMINAIRES

Les données relevées lors des observations et des entretiens ont été traitées qualitativement afin de faire ressortir les apports et les limites de l'application conçue. Les enregistrements vidéo sont en cours de traitement. Seules les données récurrentes lors des différentes séances en classe sont présentés ici.

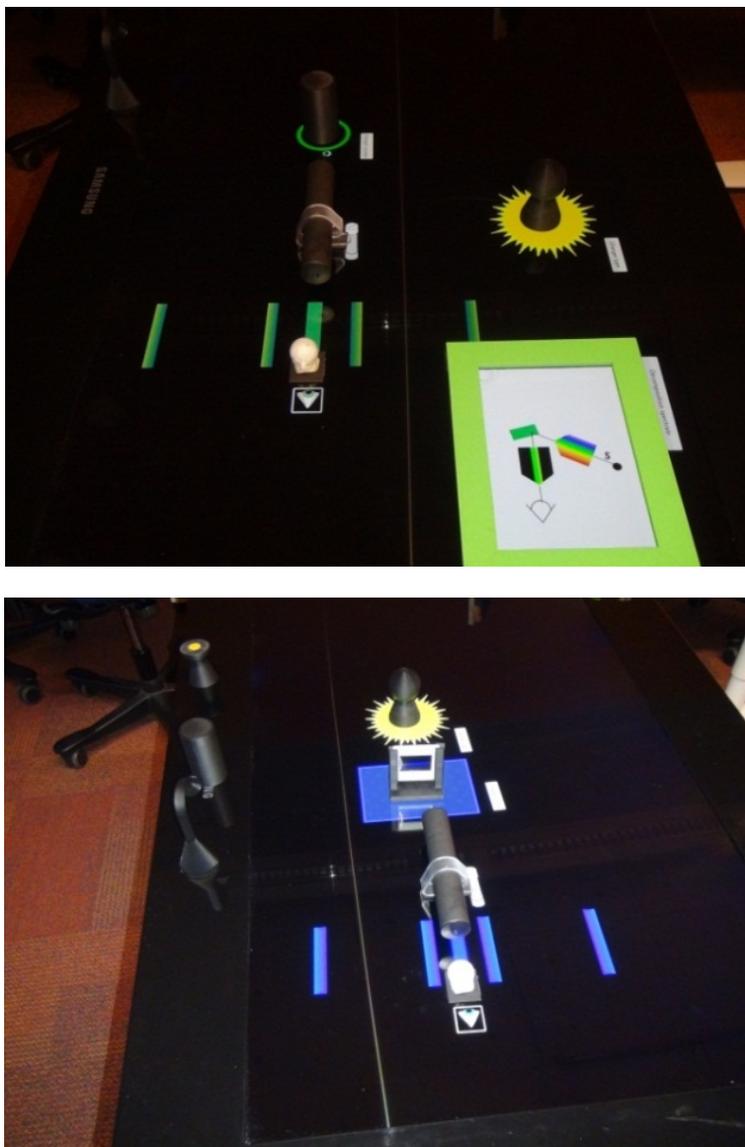


Figure 2. Exemples de simulation de l'observation du spectre lumineux. Les objets tangibles posés sur l'écran de la table interactive permettent de rejouer l'expérience réelle. La photo du haut montre le modèle correspondant à l'expérience simulée

3.1 Apprentissage de l'optique

Les élèves ont souligné l'intérêt d'avoir un lien fort entre expérience réelle, simulation et modélisation pour bien comprendre les phénomènes étudiés. Dans le même registre, ils avaient la possibilité de tester différentes configurations des éléments tangibles pour cerner les limites de la simulation, et donc du modèle physique sous-jacent.

Les élèves ont trouvé intéressant de pouvoir utiliser les objets tangibles pour faire des expériences réelles sur la lumière, en reprenant par exemple le spectroscope, les filtres ou les objets colorés tangibles. D'après eux, cela leur permettait de mieux faire le lien entre expérience réelle et simulation sur la table interactive. En revanche, pour simuler ensuite ce qu'ils avaient fait en vrai, certains élèves ont éprouvé des difficultés pour agencer les objets tangibles correctement afin d'obtenir le résultat attendu.

Par ailleurs, lorsqu'il leur était demandé de noter leur observation, la simulation permettait d'afficher de façon durable l'image du spectre à reproduire et facilitait ainsi la retranscription des traces de l'activité des élèves.

3.2 Gestion du cours

L'application tangible a permis à l'enseignant d'illustrer son discours devant un ou plusieurs élèves autour de la simulation et de discuter des spectres lumineux ou du modèle pour les faire verbaliser dessus. Cependant, une limite importante de l'application concernait la projection de ce qui était affiché sur l'écran, car les images apparaissaient trop petites pour les élèves au fond de la classe.

En raison du nombre de tables dans la salle, l'enseignant devait constamment anticiper les actions à venir, en particulier que la distribution des objets tangibles ou la mise en marche d'un vidéoprojecteur et il a affirmé que c'était coûteux cognitivement. En revanche, l'intérêt de ces phases de distributions était de lui permettre de gérer le déroulement de la séance étape par étape et de guider les élèves plutôt que de leur donner accès à l'intégralité de la simulation dès le début. De plus, les tables interactives donnaient à l'enseignant un aperçu à distance de l'avancement des élèves, afin de savoir quand intervenir et de juger du bon déroulement de sa séance.

3.3 La technologie

La prise en main de l'outil et plus particulièrement des objets tangibles a été aisée pour la majorité des élèves. Dans les cas où l'objet tangible n'était pas suffisamment parlant, l'image affichée dessous aidait à son identification. Néanmoins, le manque de robustesse de certains objets tangibles a induit des difficultés dans les interactions avec le simulateur.

Les tables interactives et les objets tangibles ont eu un effet positif sur la motivation des élèves et ont permis de focaliser l'attention des élèves et d'avoir moins de désordre et de bavardage d'après l'enseignant. Cependant, elles ont également favorisé les interactions ludiques ou tournées vers la découverte de l'outil plutôt que vers la physique, en particulier dans les moments d'attente, lorsqu'ils avaient atteint leurs objectifs.

3.4 Interactions entre élèves et avec l'enseignant

L'enseignant a constaté de nombreuses interactions inter-personnelles qui se caractérisaient par des collaborations entre les élèves autour de la table interactive avec une augmentation du nombre d'échanges lorsque les élèves accédaient au modèle physique. En revanche, certains groupes d'élèves manquaient parfois de coordination pour parvenir à leur but. Par exemple, un élève pouvait modifier l'agencement des objets tangibles sans consulter ses camarades alors qu'ils étaient en train de réfléchir à cet état du simulateur.

Par ailleurs, Les tables interactives permettaient à des élèves éloignés d'avoir une vision de l'avancement de leurs camarades grâce à la taille de l'écran et à son orientation horizontale et de comparer ou de corriger leur travaux.

4 DISCUSSION

4.1 Bilan pour la conception

Les résultats montrent que les tables interactives et les interactions tangibles peuvent avoir un effet positif sur les activités d'enseignement et d'apprentissage. Cela semble particulièrement pertinent dans les matières scientifiques où il y a des expériences en classes et où les enseignants font appel à plusieurs niveaux de représentations (i.e. expérience réelle, simulation, modèle) dans différentes situations : vérification d'hypothèse, exploration d'un phénomène scientifique ou démonstration devant la classe.

Cependant, certains facteurs restent à étudier, en particulier concernant le travail collectif des élèves qui dépend du type d'application proposée. En effet, nous avons constaté de la collaboration entre élèves aussi bien que des actions isolées. Cela peut être dû au fait que l'application prend la forme d'un simulateur qui est ouvert et qui ne contraint pas les utilisateurs à suivre une séquence d'action spécifique ou à définir des rôles particuliers. Il serait intéressant d'étudier les échanges autour d'une application différente telle qu'un jeu sérieux qui viserait à transmettre des connaissances par le biais du divertissement (i.e. un jeu de plateau). Au regard des effets observés sur la motivation et des interactions à but purement ludique, ce type d'application semble prometteuse.

Ces évaluations en classe ont alimenté la suite de la conception grâce aux résultats obtenus et aux fonctions et usages nouveaux qui ont émergé, par exemple l'utilisation de l'application pour évaluer les connaissances des élèves lors d'un contrôle. Une seconde version a été développée, en prenant en compte les principales critiques faites à l'issue de la phase d'expérimentation. Elle est actuellement en testée dans un autre établissement.

4.2 Liens avec le travail de thèse

Les apports et limites observés renvoient à des usages différents tels que l'illustration du discours, l'exploration d'un phénomène physique ou encore la gestion du cours par l'intermédiaire de l'application tangible. L'objet de cette étude n'était pas d'identifier exhaustivement ces différents usages mais d'évaluer l'utilisation des tables interactives en cours dans sa globalité. Néanmoins, l'ensemble des résultats illustre bien la diversité des médiations dans les activités d'enseignement et d'apprentissage telles qu'elles ont été observées.

Une perspective de travail à partir de ces résultats et de l'ensemble du processus de conception pourrait être de caractériser les usages prescrits et réels au regard des médiations pragmatiques, épistémiques, réflexives, interpersonnelles et externes. L'intérêt serait de les distinguer clairement et de pour pouvoir juger de leur pertinence, de leurs apports et de leurs limites pour le développement des pratiques enseignantes. De plus, compte tenu du caractère novateur des artefacts mobilisés, il serait intéressant de situer les apprentissages de la technologie et de ses interactions dans ces médiations.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Dillenbourg, P., & Evans, M. (2011). Interactive tabletops in education. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 6(4), 491-514.
- Folcher V., Rabardel P. (2004). Hommes, artefacts, activités : perspective instrumentale. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (251-268). Paris, PUF.
- Folcher, V. (2003). Appropriating artifacts as instruments: when design-for-use meets design-in-use. *Interacting with computers*, 15(5), 647-663.
- Manches, A. and O'Malley, C. (2011). Tangibles for learning: a representational analysis of physical manipulation. *Personal Ubiquitous Computing*, 16, 5 (Jul. 2011), 405-419. DOI=<http://dx.doi.org/10.1007/s00779-011-0406-0>

- Marchall, P. (2007). Do tangible interfaces enhance learning? In *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction* (Baton Rouge, Louisiane, USA, February 15-17, 2007). TEI'07. ACM, New York, NY, 163-170. DOI=<http://dx.doi.org/doi:10.1145/1226969.1227004>
- Price, S., Falcão, TP., Scheridan, J. G., Toussos, G. (2009). The effect of representation location on interaction in a tangible learning environment. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction* (Cambridge, UK, February 16-18, 2009). TEI'09. ACM, New York, NY, 85-92. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/1517664.1517689>
- Rabardel, P. (1995), *Les Hommes et les technologies, une approche cognitive des instruments contemporains*, Armand Colin, Paris
- Scott, S. D., Grant, K. D., & Mandryk, R. L. (2003). System guidelines for co-located, collaborative work on a tabletop display. In *ECSCW 2003* (pp. 159-178). Springer Netherlands.
- Shaer, O., & Hornecker, E. (2010). Tangible user interfaces: past, present, and future directions. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 3(1–2), 1-137.

La conception centrée sur l'opérateur humain en situation de handicap : questions de méthodes

Paglia Christopher

UVHC, LAMIH-UMR CNRS 8201/Percotec, Mont Houy - 59313 Valenciennes Cedex
Université de Lorraine - Metz - Laboratoire PErSEUS - Ile du Saulcy - 57006 Metz
Société AplusB - 63 Boulevard de la république - 91450 Soisy sur Seine
paglia@aplusb.pro

Directeurs de recherche

F. Anceaux,

UVHC, LAMIH-UMR CNRS 8201/Percotec,
Mont Houy - 59313 Valenciennes Cedex
Francoise.Anceaux@univ-valenciennes.fr

C. Bastien,

Université de Lorraine - Metz - Laboratoire PErSEUS –
Ile du Saulcy - 57006 Metz
Christian.bastien@univ-metz.fr

RESUME

Cette communication a pour but de présenter un travail de thèse portant sur la modification, la construction et la validation d'une approche et de méthodologies d'analyses des activités et de conception centrée sur l'opérateur humain pour des personnes en situation de handicap. L'état de l'art et nos données de terrain nous ont amené à nous intéresser à la technique de pensée à voix haute, critiquée dans le cadre de son utilisation avec des déficients visuels, mais importante pour notre activité d'analyste. Dans ce cadre, une démarche en 4 phases est envisagée. Suite à un état de l'art sur les difficultés rencontrées par les chercheurs et praticiens lors d'intervention avec ce public, des entretiens et questionnaires sont réalisés afin de compléter les données de la littérature. Une phase d'observation et d'analyse d'opérateurs en situation de handicap visuel en centres d'appels téléphoniques sera réalisée afin de comprendre leurs stratégies de gestion de l'effet de « cocktail party ». Enfin, à partir de ces différentes données, une technique de verbalisation simultanée sera développée/adaptée, puis testée en environnement naturel et en laboratoire (comparaison avec l'existant).

MOTS CLES

Conception centrée utilisateur, personnes en situation de handicap, méthodologie d'intervention, méthodes et techniques, pensée à voix haute

1 INTRODUCTION

Dans le domaine de la conception d'outils d'aide aux personnes en situation de handicap et des interactions homme machine, la notion d'accessibilité est devenue centrale. Toutefois, dans le cadre d'interventions sur la conception ou l'adaptation d'objets numériques pour des personnes en situation de handicap visuel, nous avons pu constater que l'accessibilité n'est souvent que « technique », basée sur des référentiels (WCAG 2.0, RGAA), et ne consiste bien souvent qu'en la conception d'interfaces dont toutes les fonctionnalités sont « accessibles » certes, mais sans prise en compte de l'usage de l'outil et donc de l'activité des utilisateurs finaux alors que le WAI (Web



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

Accessibility Initiative, 2005) définit l'accessibilité comme le fait de permettre aux personnes en situation de handicap de percevoir, comprendre, naviguer et interagir de manière efficace, mais aussi d'y créer du contenu et apporter leur contribution.

De leur côté, des ergonomes comme Folcher & Lompré (2012) considèrent que l'accessibilité permet de « [...] fournir un accès égal aux environnements physiques et numériques en offrant des lieux et des ressources sûrs, sains et adaptés à la diversité des personnes susceptibles d'en faire usage » (pp. 89-90) et pensent que cette notion « intéresse et convoque » l'ergonomie pour différentes raisons : l'accessibilité concerne toutes les situations d'activités humaines incluant les activités professionnelles ; c'est un univers très normé dans lequel l'état final doit faire l'objet d'élaboration collective prenant appui sur la diversité des acteurs et construisant une référence partagée de l'activité future ; la démarche systématique de l'ergonomie et les conceptualisations mises au point pour comprendre le rôle des situations dans l'organisation de l'activité et saisir les termes de l'écart entre le prescrit et le réel (Guérin, Laville, & Daniellou, 2006) devraient fournir un outillage conceptuel et méthodologique adéquat pour une contribution à l'accessibilité.

Toutefois, malgré cette relation tangible entre l'ergonomie et l'accessibilité, les méthodes associées, décrites par exemple dans le cadre de la démarche de conception centrée sur l'opérateur humain (partie 210 de la norme « ergonomie de l'interaction homme-système »), restent peu développées et peu étudiées dans le domaine du numérique, qui est le domaine d'application de nos interventions. Il en résulte que, lors d'interventions en ergonomie pour des situations de handicap, l'ergonome est quelque peu démuné. L'objectif central de ce travail de thèse sous convention CIFRE est de modifier, construire et valider une approche et des méthodologies d'analyse des activités et de conception centrée sur l'opérateur humain pour des personnes en situation de handicap. Dans la suite de cette communication, nous présenterons dans un premier temps quelques données de terrain et bibliographiques permettant de situer et préciser notre problématique de thèse. Ensuite, l'approche méthodologique utilisée sera détaillée.

2 ERGONOMIE & HANDICAP

En 2007, Spérandio indiquait que l'ergonomie, qui avait traditionnellement pour objet d'étude de contribuer à l'amélioration des conditions de travail, s'étend « de plus en plus hors du travail proprement dit » (pp. 5). Cette évolution a pour effet d'amener les ergonomes à intervenir avec une population de plus en plus diversifiée, allant des enfants aux personnes âgées jusqu'aux personnes en situation de handicap. Le handicap est donc devenu un des domaines d'interventions privilégiés de l'ergonomie avec, par exemple, la mise en place des SAMETH (service d'appui au maintien dans l'emploi des travailleurs handicapés), l'obligation d'emploi en faveur des travailleurs handicapés et, plus récemment, la mise en place au niveau national des EPAAST (étude préalable à l'aménagement/adaptation des situations de travail).

Cependant, la vision du handicap sous tendant ces différentes évolutions sociales et légales est peu compatible avec la vision plus systémique de l'Ergonomie. En effet, la définition du handicap a été très longtemps sous-tendue par un modèle médical (Wood, 1975 base de la Classification Internationale des Handicaps - CIH, 1980) qui définit une relation linéaire entre la maladie d'une personne et le handicap qui en résulte et ce sous trois aspects : lésionnel avec la déficience, fonctionnel avec l'incapacité et sociétal avec le désavantage. Ces conceptions ont été largement critiquées, en particulier par Jamet (2003). En effet, dans ce modèle médical, les dimensions décrivant le handicap sont fortement liées à la personne (Barral, 1999; Ravaud, 1999) et seule la maladie engendre le handicap, les références à l'environnement étant généralement absentes (Roussel, 1999) : la situation de handicap ne semble donc être vue que du point de vue de ses déterminants internes. Le point de vue interactionniste québécois (Fougeyrollas, Cloutier, Bergeron, Côté, & St-Michel, 1998), développé sous le nom de processus de production du handicap (PPH), prône quant à lui que le handicap est la résultante de l'interaction entre 3 facteurs : les facteurs personnels, les facteurs environnementaux et les habitudes de vie. Ce modèle entre donc en

résonnance avec la conception générale de l'ergonomie qui considère que l'activité est la résultante des interactions constantes entre un individu et son environnement (Leplat, 1997). Dans ce cadre, la réalisation d'une habitude de vie peut en effet être assimilée à une activité, qui est elle-même régulée par les conditions internes (facteurs personnels) et les conditions externes (facteurs environnementaux). De ce fait, les interactions proposées par le modèle de Fougereyrollas et al. (1998) semblent pouvoir être mises en relation avec les régulations proposées par Leplat (1997).

Le point de vue ergonomique s'est progressivement imposé dans les démarches de conception, amenant par exemple la démarche de conception centrée sur l'opérateur humain pour laquelle « la conception est fondée sur une compréhension explicite des utilisateurs, des tâches et des environnements » (ISO 9241-210, 2011 ; pp.6) ou la démarche de Conception pour tous. Ces démarches sont semblables sur plusieurs points et, en particulier, sur la prise en compte, dès les premières phases de conception d'un produit, des utilisateurs et de leurs caractéristiques différentielles tout en les intégrant dans une démarche participative (Conte, 2004). Cette démarche de conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs est outillée par la norme ISO 16982 : 2002, « Méthodes d'utilisabilité pour la conception centrée sur l'opérateur humain ». Celle-ci guide le praticien dans le choix des méthodes les plus adaptées lors des différentes phases de la démarche, mais également lorsqu'ils font face à un « handicap important ». Selon la norme, les difficultés liées à l'intégration des personnes en situation de handicap reposent sur le fait que les connaissances sont rares et que les variations entre les individus pour un handicap donné excluent l'utilisation d'un guidage « universel ». Il est alors conseillé d'utiliser des méthodes impliquant une relation étroite entre l'utilisateur et l'analyste (ici, l'observation des utilisateurs, les interviews et la conception et l'évaluation collaboratives). Toutefois, les nombreux auteurs ayant travaillé sur le référencement des méthodes liées à la conception centrée sur l'opérateur humain (Nielsen, 1993 ; Maguire, 2001 ; Bevan, 2003) ne s'intéressent pas à l'usage des méthodes lorsqu'une personne en situation de handicap est dans la cible des futurs utilisateurs.

Ainsi, ce rapide état de l'art fait ressortir des manques méthodologiques tant d'un point de vue pratique (mise en place d'une intervention) que théorique (réplication des résultats et comparaison des données). En effet, bien que des méthodes soient recommandées lors d'interventions avec des personnes en situation de handicap, celles-ci nous questionnent, ne serait-ce que parce que nos interventions ne permettent pas d'appuyer le choix des méthodes présentées dans la norme. Par exemple, si l'interview ne semble pas poser de difficultés avec certaines personnes en situation de handicap, comme les déficients visuels, son usage avec certains déficients moteurs et les déficients auditifs est problématique (Brangier, Pino, Le Drezen, & Lamazière, 1997). Le travail de thèse s'organisera autour de la mise en évidence des questions méthodologiques en suspens dans la littérature et la mise au point de techniques adaptées à l'analyse de l'activité de personnes en situation de handicaps visuels.

3 ETUDE METHODOLOGIQUE

Notre étude s'organisera autour de 4 phases. Un état de l'art focalisé sur les difficultés rencontrées par les chercheurs et praticiens lors d'interventions impliquant des personnes en situation de handicap, avec une focalisation sur la déficience visuelle, a été réalisé. Les résultats sont présentés dans la partie suivante et nous permettrons ensuite de développer les observations et expérimentations qui seront ensuite réalisées.

3.1 Etat de l'art sur les méthodes, techniques et outils d'intervention et d'analyse

Parmi les études recensées dans notre état de l'art, la méthode du test utilisateur, dont l'objectif est « d'identifier les difficultés d'usages à partir des verbalisations suscitées ou spontanées des utilisateurs ou à partir d'indices de performances variés comme le temps requis pour l'exécution d'une tâche, l'exactitude des résultats, le nombre et le type d'erreurs commises » (Bastien & Tricot, 2008, pp.216) est largement utilisée. Cette méthode, qui renvoie aux techniques d'observation et d'analyse de l'activité évoquées dans la norme 16982 : 2002, est compatible avec la démarche

d'analyse de l'activité de l'ergonomie, puisqu'elle peut être réalisée en situation naturelle. Elle peut toutefois être difficile à mettre en œuvre avec des personnes en situation de handicap.

Il peut, par exemple, être difficile d'avoir un échantillon suffisant en nombre (Nielsen & Landauer, 1993), de nombreux auteurs pointant les difficultés d'accès à la population lors de leurs études (Van Der Geest, 2006). De plus, il est souvent compliqué d'échantillonner la population car les niveaux d'expertise (ordinateur, Internet, aide technique) peuvent varier énormément entre les participants (Aizpurva, Arrue, Harper, & Vigo, 2014). Par ailleurs, la nécessité de contrôler les conditions de passation de ces tests utilisateurs en les homogénéisant implique de mettre les utilisateurs face aux mêmes outils, alors même qu'ils utilisent dans la réalisation de leurs habitudes de vie des outils très divers. Par exemple, les réglages des aides techniques sont primordiaux pour un utilisateur déficient visuel. De ce fait, lui demander de réaliser une activité sur un dispositif inconnu conduit à amplifier sa situation de handicap et ne permet pas de déceler les problèmes d'utilisabilité. Mais de manière beaucoup plus problématique, ces tests peuvent tout simplement être impossibles à mettre en œuvre du fait des déficiences des personnes. Par exemple, Giraud, Colombi, Russo et Théroouanne (2011) indiquent que les passations durent en moyenne 4 à 8 fois plus longtemps. La réalisation de ces tests demande ainsi un effort considérable pour les utilisateurs qui sont, de plus, pour la plupart mis en situation d'échec. En outre, cette augmentation de la durée des tests ne permet donc pas de tester plusieurs scénarii et oblige à se focaliser sur un seul scénario.

Parmi les techniques décrites comme appropriées pour les personnes en situation de handicap dans la norme 16982 : 2002, une autre technique est particulièrement discutée dans la littérature. La pensée à voix haute est notamment critiquée dans le cadre de son usage avec des déficients visuels. En effet, l'utilisation d'un lecteur d'écran peut interférer avec la discussion entre le modérateur et le participant (Strain, Dawn Shaikh, & Boardman, 2007). Chandrashekar, Stockman, Fels, & Bedyk (2006) indiquent même que la pensée à voix haute ne peut être utilisée dans sa forme actuelle avec des déficients visuels. Des modifications ont alors été apportées à cette technique avec le « Synchronized Concurrent Think Aloud » (SCTA), le « Modified Stimulated Retrospectif Think Aloud » (MSRTA) et le « Partial Concurrent Think Aloud » (Federici, Borsci, & Mele, 2010; Strain et al., 2007). Toutefois, ces variations de la technique originale n'ont jamais été comparées dans des conditions identiques, ce qui ne permet pas de les évaluer. Pour autant, l'utilisation de cette technique nous semble importante car les techniques de verbalisation sont des outils primordiaux pour comprendre les processus cognitifs engagés lors de la réalisation d'une tâche sollicitant fortement la cognition. Elles permettent ainsi de mettre au jour un grand nombre d'informations qualitatives concernant les procédures et les connaissances opérationnelles mises en œuvre par l'utilisateur dans la réalisation d'une activité, informations difficilement accessibles par d'autres moyens. Par exemple, lors d'une intervention réalisée avec des personnes déficientes visuelles, nous avons constaté que l'absence de pensée à voix haute nuisait à la qualité de notre activité d'analyste. En effet, bien que le lecteur d'écran nous permette d'avoir accès en temps réel aux informations obtenues par les participants (si le modérateur comprend les retours d'informations du lecteur d'écran, Strain et al., 2007), il est impossible de connaître les intentions des participants pour chaque action qu'ils réalisent, ni de comprendre pourquoi une solution a été privilégiée ou encore pour quelles raisons certaines situations ont été complexes à réaliser.

Notre objectif, dans ce travail, est de conserver le caractère simultané de la pensée à voix haute qui permet une verbalisation plus précise et pertinente que de façon rétrospective (Bowers & Snyder, 1990; Hoc & Leplat, 1983) tout en dénaturant le moins possible l'activité du participant et en limitant les contraintes cognitives que cet exercice engendre. L'état de l'art ne nous permettant pas de répondre à l'ensemble des questions qui animent ce travail, les trois points suivants ont pour but de combler les manques et ainsi nous permettre de développer et tester de nouvelles méthodes – techniques et outils d'intervention.

3.2 Entretien et questionnaire

Les démarches, la méthodologie et les résultats d'interventions sur les aménagements de postes pour des personnes handicapées semblent peu diffusés comparativement au nombre d'études qui sont réalisées (Pradère & Reydellet, 2003). Dans ce cadre, des entretiens avec des chercheurs en ergonomie (2) ainsi que des ergonomes praticiens (8), intervenant tous avec des personnes en situation de handicap, sont en cours. Dans ces entretiens semi-directifs, nous aborderons l'ensemble des questions relatives à ce travail de thèse puis nous nous focaliserons ensuite sur les techniques de verbalisation. Ces entretiens doivent également nous permettre de valider notre choix et l'étendre à d'autres méthodes – techniques principales dans l'activité de l'ergonome, mais rendues difficiles en raison de la situation de handicap des participants. L'analyse de ces entretiens permettra l'élaboration d'un questionnaire afin d'obtenir des résultats sur un panel plus important.

3.3 Approche ergonomique : Comparaison des différentes techniques existantes

La revue de littérature montre les limites des méthodes de pensée à voix haute avec des déficients visuels. Bien que des techniques aient été proposées, celle-ci ne semble pas répondre à notre besoin et n'ont jamais été comparées sur une tâche identique. Nous comparerons ici les différentes méthodes à partir d'un site Internet unique pour un public déficient visuel et valide. La comparaison des résultats permettra de mettre en avant les éléments problématiques dans la pratique (interruption de la tâche, retour à la tâche, perte des autres métriques, ...).

3.4 Approche ergonomique : Observation de déficients visuels sur une plateforme téléphonique

La principale difficulté liée à l'usage de la technique de pensée à voix haute avec des déficients visuels est liée à l'effet de « cocktail party », les actions d'écoute et de production verbale sollicitant toutes deux le même canal sensoriel. L'Homme peut faire face à deux voix en même temps, toutefois, en raison de ses limitations cognitives, il rencontre des difficultés lorsqu'il faut parler et écouter en même temps (Kemper, Herman, & Lian, 2003). Dans la littérature, les auteurs sont en désaccord sur la possibilité d'utiliser cette technique avec des personnes en situation de handicap. L'effet de « cocktail part » et notamment la gestion de l'interférence entre un locuteur et le retour de la synthèse vocale semble se rapprocher de ce que peuvent rencontrer des opérateurs déficients visuels dans les centres d'appels téléphoniques. Il apparaît que lorsque l'opérateur est en contact avec un client au téléphone et en même temps doit prendre de l'information par le biais d'aide technique de type synthèse vocale (associée ou non à une plage braille) des difficultés peuvent apparaître. Une étude menée pour l'AGEFIPH conforte notre choix de situation. Wolff & Sperandio (2004) ont montré dans cette étude que le travail dans les centres d'appels téléphoniques est largement compatible avec certains handicaps, notamment les déficients visuels. Des observations seront donc réalisées dans un centre d'appel avec des opérateurs en situation de handicap visuel de différents niveaux d'expertise dans cette activité, dont l'objectif est (1) d'observer les difficultés rencontrées et (2) de comprendre les stratégies mises en place par ces opérateurs dans le but d'en définir des recommandations pour la conception d'une nouvelle technique de pensée à voix haute dégradant le moins possible l'activité du participant confronté à cette double tâche (écoute du lecteur d'écran, verbalisation de l'activité).

3.5 Validation : approche terrain et approche expérimentale par comparaison de la technique développée avec les différentes techniques de pensée à voix haute

L'étape précédente nous aura permis de développer ou améliorer une technique de verbalisation simultanée à la réalisation d'une tâche. Le but de cette dernière étape sera de comparer la technique développée aux techniques testées précédemment à partir des mêmes variables.

4 CONCLUSION

Notre recherche s'inscrit dans une perspective méthodologique, en accord avec les propos de Querelle & Thibault (2007) pour lesquels « l'ergonome utilise des outils pour réaliser ses interventions. Si ces outils sont pour partie issus du patrimoine théorique et pratique de l'ergonomie, l'une des facettes du travail de l'ergonome est de les concevoir, de les adapter et de les optimiser de manière à gagner en performance » (pp. 149). Le travail présenté dans ce projet a donc pour objectif central d'étudier les limites des approches, méthodes et techniques utilisées dans la conception centrée sur l'opérateur humain et, soit de les ajuster, soit d'en proposer de nouvelles adaptées aux personnes en situation de handicap. Pour ce faire, une démarche basée sur 3 expérimentations a été mise en place. Un des objectifs complémentaires à cette recherche est de généraliser nos résultats à d'autres méthodes – techniques et population de personnes en situation de handicap.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Aizpurva, A., Arrue, M., Harper, S., & Vigo, M. (2014). Are users the gold standard for accessibility evaluation? In *Proceedings of the 11th Web for All Conference*.
- Barral, C. (1999). De l'influence des processus de normalisation internationaux sur les représentations du handicap, *Handicap*, 81, 20–34.
- Bastien, C., & Tricot, A. (2008). L'évaluation ergonomique de documents électroniques. In A. Chevalier & A. Tricot (Eds.), *Ergonomie des documents électroniques* (pp. 204-227). Paris: PUF.
- Bevan, N. (2003). UsabilityNet Methods for User Centered Design. In *Human-Computer Interaction : Theory and Practice (Part 1), Volume 1 of the Proceedings of HCI International 2003* (pp. 434–438).
- Bobillier-Chaumon, M.-E., & Sandoz-Guermond, F. (2006). L'accessibilité des nouvelles technologies (E-services) : un enjeu pour l'intégration sociale des personnes handicapées. In *Actes du 41ème Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française, « Ergonomie et Santé au Travail, Transformations du travail et Perspectives pluridisciplinaire »*. Paris, France.
- Bowers, V.-A., & Snyder, H.-L. (1990). Concurrent versus retrospective verbal protocols for comparing windows usability. In *Human Factors Society 34th Meeting* (pp. 1270–1274). Santa-Monica.
- Brangier, E., Pino, P., Le Drezen, A., & Lamazière, J. (1997). Prothèse interactionnelle, Pallier les déficits interactionnels des handicapés lourds avec une interface de contrôle d'environnement. In *Interface 97* (pp. 156–162).
- Chandrashekar, S., Stockman, T., Fels, D., & Benedyk, R. (2006). Using think aloud protocol with blind users : a case for inclusive usability evaluation methods. In *Proceedings of the 8th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility* (pp. 251–252). Portland, Oregon, USA.
- Conte, M. (2004). Pour une éthique durable de conception des produits pour tous. *Rapport du Centre Technique National d'Etudes et de Recherches sur les Handicaps et les Inadaptations*.
- Federici, S., Borsci, S., & Stamerra, G. (2010). Web usability evaluation with screen reader users : implementation of the partial concurrent thinking aloud technique. *Cognitive Processing*, 11(3), 263–272.
- Folcher, V., & Lompré, N. (2012). Accessibilité pour et dans l'usage : concevoir des situations d'activité adaptées à tous et à chacun. *Le Travail Humain*, 1(75), 89–120.
- Fougeyrollas, P., Cloutier, R., Bergeron, H., Côté, J., & St-Michel, G. (1998). Classification québécoise du Processus de Production du Handicap. RIPPH.
- Giraud, S., Colombi, T., Russo, A., & Théroouanne, P. (2011). Accessibility of rich internet application for blind people : a study to identify the main problems and solutions. In *Proceedings of the 9th ACM SIGCHI Italian Chapter International Conference on Computer-Human Interaction : Facing Complexity*. 163-166.
- Guérin, F., Laville, A., & Daniellou, F. (2006). *Comprendre le travail pour le transformer*. Paris, France: ANACT.

- Hoc, J.-M., & Leplat, J. (1983). Evaluation of different modalities of verbalization in a sorting task. *International Journal of Man-Machine Studies*, 18, 283–306.
- ISO/TR 16982 (2002). *Ergonomie de l'interaction homme-système – Méthodes d'utilisabilité pour la conception centrée sur l'opérateur humain*. Organisation International de Normalisation, Genève.
- ISO 9241-210 (2010). *Ergonomie de l'interaction homme-système – Partie 210 : Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs*. Organisation Internationale de Normalisation, Genève.
- Jamet, F. (2003). De la classification internationale du handicap (CIH) à la classification internationale du fonctionnement de la santé et du handicap (CIF). *La Nouvelle Revue de L'adaptation et de La Scolarisation*, 22, 163–171.
- Kemper, S., Herman, R., & Lian, C. (2003). The costs of doing to two things at once for young and older adults : talking while walking, finger tapping, and ignoring speech or noise. *Psychology and Aging*, 18(2), 181–192.
- Leplat, J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail*. Paris: PUF.
- Maguire, M. (2001). Methods to support human-centered design. *Human-Computer Studies*, 53, 587–634.
- Michel, G., Bastien, C., & Brangier, E. (2009). Y a-t-il de l'ergonomie dans les ordinateurs de vote français? Evaluation des ordinateurs de vote français. In *Proceedings of the 21st International Conference on Association Francophone d'Interaction Homme-Machine* (pp. 179–182).
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Academic Press.
- Nielsen, J., & Landauer, T.-K. (1993). A mathematical Model of the Finding of Usability Problems. In *Paper presented at the INTERHI'93 Conference on Human Factors in Computing System*. New-York.
- Pradère, B., & Reydellet, P.-Y. (2003). Aménagements de situations de travail dans une exploitation apicole : réflexions sur la démarche d'intervention. In *Situations de handicap, quelles pratiques pour quelles interventions? IV^e journées d'études du Groupement d'Etudes pour le Développement de l'Ergonomie en Réadaptation (GEDER)*. Toulouse, France: Octarès.
- Querelle, L., & Thibault, J.-F. (2007). La pratique de l'intervention d'ergonomes consultants : une approche réflexive orientée par les outils. *@ctivités*, 4(1), 149–159.
- Ravaud, J.-F. (1999). Modèle individuel, modèle médical, modèle social : la question du sujet. *Handicap*, 81, 64-75.
- Roussel, P. (1999). CHI-1/CHI-2 : rénovation complète ou ravalement de façade ? *Handicap*, 81, 7–19.
- Spérandio, J.-C. (2007). Concevoir des objets techniques pour une population normale, c'est-à-dire comprenant aussi des personnes handicapées ou très âgées. *Perspectives Interdisciplinaires Sur Le Travail et La Santé*, 9(2). Retrieved from <http://pistes-revues.org/2975>
- Strain, P., Dawn Shaikh, A., & Boardman, R. (2007). Thinking but not seeing : think-aloud for non-sighted users. In *CHI 2007 - Experience report* (pp. 1851–1856). San Jose, CA, USA.
- Van Der Geest, T. (2006). Conducting usability studies with users who are elderly or have disabilities. *Technical Communication*, 1(53), 23–31.
- Wolff, M., & Spérandio, J.-C. (2004). *Synthèse de recherche : analyse des facteurs favorables et défavorables à l'insertion professionnelle des personnes handicapées dans les Centres d'Appels*. (No. Rapport AGEFIPH, INEREC/LEI n°66101245). Paris: Université de Paris V.
- Wood, P.-H.-N. (1975). Classification of Impairments and handicaps. Rep. No. WHO/ICD9/REV.CONF/75.15. Genève, SW: O.M.S.

Positionnement et influence du service sécurité dans les industries à risques

Fanny Guennoc

LABSTICC CNRS, UMR 6285
17 Boulevard Flandres Dunkerque 1940, 56100 Lorient
fanny.guennoc@univ-ubs.fr

Christine Chauvin

IUT de Lorient
10 rue Jean Zay, 56100 Lorient
Christie.chauvin@univ-ubs.fr

Gaël Morel

IUT de Lorient
10 rue Jean Zay, 56100 Lorient
gael.morel@univ-ubs.fr

Jean-Christophe Le Coze

Direction des risques industriels, INERIS,
Parc Technologique ALATA, BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte
Jean-Christophe.LECOZE@ineris.fr

RÉSUMÉ

Le contexte économique et social de ces dernières décennies, caractérisé par une forte compétitivité entre les entreprises, un développement rapide des technologies et des pressions des systèmes réglementaires et du public, a entraîné une importante complexification des systèmes sociotechniques. Nos sociétés deviennent ainsi particulièrement vulnérables. Dans ce contexte le risque n'est pas une notion simple à appréhender. L'approche technique, rationnelle (par les normes et les réglementations) reste majoritaire dans les organisations par rapport aux approches par les sciences humaines et sociales. Ces dernières sont cependant essentielles pour capturer la subjectivité de la notion de risque. La thèse présentée ici porte sur le risque industriel dans les installations à risque en fonctionnement quotidien en se basant sur le cadre théorique développé en ergonomie et en sociologie des organisations. Suite à l'identification d'un manque de données empiriques à son sujet malgré sa centralité, l'objet d'étude sera le service sécurité. Son fonctionnement, ses stratégies et son contexte seront analysés à l'aide d'une étude de terrain en vue de comprendre son positionnement et son influence dans l'organisation.

MOTS-CLÉS

Sécurité industrielle, organisation, fonction sécurité, expertise, arbitrage, étude de cas

1 PROBLEMATIQUE

Dans un monde où les systèmes industriels et leurs relations avec l'environnement économique et réglementaire se sont énormément complexifiés, la question de la sécurité ne peut se contenter d'être appréhendée par les seules approches techniques et quantitatives.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

Les sciences humaines et sociales s'intéressent ainsi, depuis plusieurs décennies, aux comportements et aux stratégies des acteurs de l'organisation. Les Sciences Humaines et Sociales s'avèrent en effet essentielles pour capter les enjeux humains et organisationnels de la sécurité. Les ouvrages de Reason (1997), de Rasmussen (1997) et de Weick (1999) sont considérés comme des références sur les approches systémiques, leur objectif étant d'expliquer les phénomènes qui se déploient sur le long terme et peuvent conduire à un accident industriel. D'autres courants de recherche, majoritairement inspirés de ces travaux précurseurs ont également apporté leur contribution (Le Coze, 2013) : 1. L'approche par les systèmes de management de la sécurité ; 2. La culture de sécurité ; 3. Les organisations de haute fiabilité ; 4. Et les modèles et investigations sur les accidents majeurs.

Une synthèse de ces réflexions, réalisée par Le Coze (2013), lui a permis de proposer un modèle cherchant à intégrer à la fois les visions managériales et sociologiques. Ce modèle intègre deux approches : celles 1. Du Système de Management de la Sécurité de Hale (1999, 2003) pour son côté normatif, c'est dire son explication de « comment cela aurait dû être », et 2. La théorie « de la face sombre des organisations » de Vaughan (1996, 1999) pour son caractère descriptif, en d'autres termes « comment était la situation avant l'accident ».

De ces deux approches a émergé un modèle articulant six aspects de la sécurité se situant aux niveaux micro, méso et macro de l'organisation.

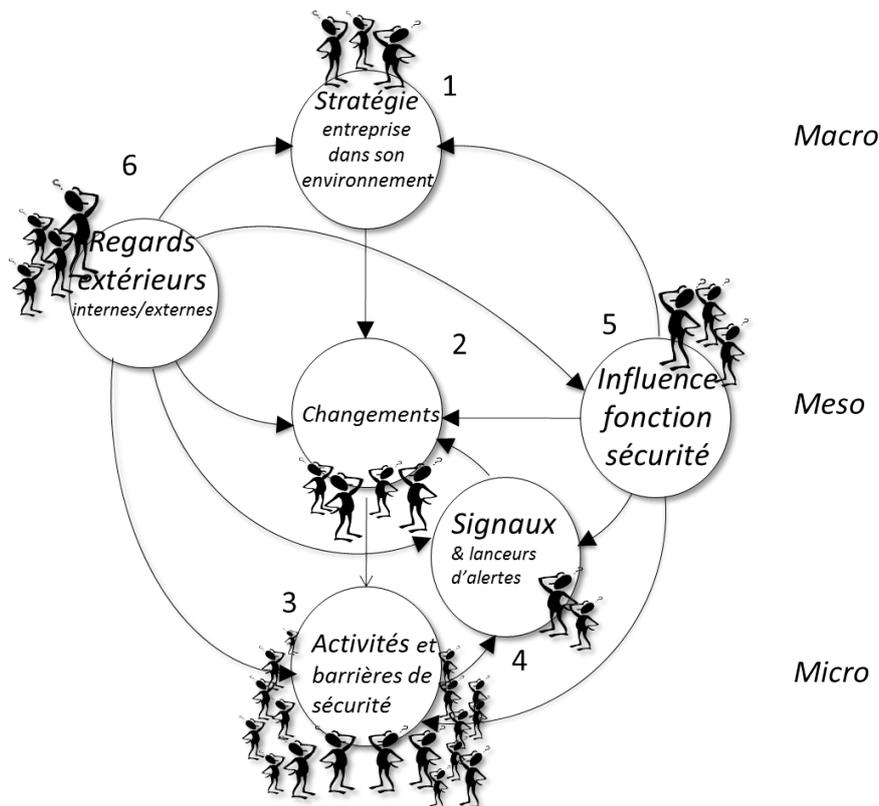


Figure 1 : Un modèle dynamique et systémique de la sécurité (J.C. Le Coze, 2013)

La thèse en cours de réalisation s'inscrit dans ce contexte théorique et considère en particulier la question de l'influence du service sécurité (Point n°5, figure 1). La littérature indique en effet un manque de données empiriques en lien avec cette problématique de recherche. Pourtant, les études de cas d'accidents ont mis en évidence le rôle central de la fonction sécurité dans le management des risques au sein des organisations. Son importance est d'autant plus grande que son champ d'exercice s'est étoffé au cours des dernières décennies en raison de la multiplication des standards, des réglementations, des méthodologies, des outils de gestions etc.

L'expertise du service sécurité croise plusieurs dimensions : 1. « Technique » le service sécurité possède des compétences dans la réalisation d'évaluations des risques sur les procédés, de retours d'expérience, il connaît les procédés, etc. ; 2. « Relationnelle », la transversalité de ce service au sein des organisations lui offre la possibilité d'être en relation avec tous les services internes de cette même organisation (direction, production, maintenance, qualité, ressources humaines, etc.) ainsi qu'avec les parties prenantes externes (DREAL, assurances, Sapeurs-Pompiers, etc.). Il possède un rôle de négociation et de transfert d'informations concernant la sécurité ; 3. « Réglementaire ». Ce service possède la particularité d'être garant de la conformité réglementaire et dans certain cas du déploiement des systèmes de management de la sécurité. Sur ce point particulier, il assure le lien entre la direction et les autorités chargées de veiller au respect des règles en matière de sécurité.

L'activité du service sécurité sera donc analysée selon ces trois dimensions. Elle ne doit cependant pas être isolée de son contexte. Une compréhension de la situation globale de l'organisation s'imposera afin de saisir les différents enjeux. Les organisations sont en effet soumises à de multiples contraintes (marché, qualité, installations disponibles, efficaces et fiables, réputation, sécurité industrielle, climat social, etc.). Elles sont structurées par les règles (procédure, règlements, organigramme, répartition de tâche) mais cette colonne vertébrale est modelée par les actions des acteurs qui les composent (ajustements quotidiens) (Daniellou, Simard, Boissière, 2010). Les organisations sont, en somme, des construits collectifs complexes forgés par des interactions entre de nombreuses entités techniques, humaines et réglementaires (acteurs, procédures, instruments, équipements, outils, logiciel, etc). C'est de la qualité des interactions, notamment entre les différents niveaux hiérarchiques, que dépendent les niveaux de performance et de sécurité. (Reason, 1998 ; Stimec, 2009 ; Daniellou et al, 2010; Rocha, 2014).

Mais il n'existe pas un « one best way » pour concevoir des organisations fiables. Elles ne sont pas des mécanismes d'horlogerie clairs et raisonnés (Crozier et Friedberg, 1977). Elles s'édifient par les stratégies inconscientes que les acteurs mettent en place en fonction de leurs expertises, leurs buts, leur histoire, leurs valeurs, leurs contraintes, etc. Chacune est donc singulière.

En résumé, la finalité du travail de thèse consistera à apporter, grâce à des méthodes d'observation issues de l'ergonomie et de la sociologie des organisations, une description des processus de construction sociale et technique de la sécurité industrielle en fonctionnement quotidien. Une attention particulière sera portée sur l'activité du service sécurité. Son positionnement et son influence seront appréciés selon ses dimensions réglementaires, techniques et relationnelles, en tenant compte du contexte général de l'organisation dans laquelle se déroulera l'étude.

2 METHODOLOGIE

L'objectif de la thèse étant d'alimenter empiriquement les théories et modèles existants dans la littérature sur la sécurité industrielle, l'étude s'appuiera sur une étude de cas. Les premières démarches méthodologiques consisteront à effectuer des périodes d'immersion de plusieurs mois dans une entreprise classée SEVESO II. L'entreprise ne sera pas choisie au hasard puisque comme l'indique Hale (2003), un besoin actuel est de remettre en question et de documenter non seulement ce qui est fait mais également ce qui fonctionne en matière de gestion de la sécurité. Le terrain d'étude sera donc une entreprise où les réflexions et les démarches d'implémentations du SMS sont avancées.

Les données collectées seront principalement qualitatives et seront recueillies sur la base de documents de l'entreprise, d'observations lors de situation quotidiennes, de réunions stratégiques, et par des entretiens avec les acteurs clé de la sécurité. Cette démarche « in situ » sera implémentée au sein d'une seule organisation. L'objectif n'est pas d'entrer dans une démarche de comparaison mais d'établir une monographie très détaillée d'un cas d'étude. Elle permettra de décrire puis de comprendre les comportements de différentes parties prenantes vis-à-vis du management de la sécurité.

Le recueil de données concernera, dans un premier temps, le fonctionnement global de l'entreprise, c'est-à-dire ses « rouages ». Concrètement, une analyse stratégique des acteurs sera menée, à travers laquelle les enjeux des acteurs centraux seront identifiés. Une cartographie sera élaborée afin de déterminer les relations entre les acteurs et les modes d'interactions qu'ils adoptent. D'un point de vue technique, il sera inévitable de comprendre les procédés et les mesures mises en place pour en assurer la fiabilité (i.e. évaluations des risques, rapports d'incident et d'accident, etc.) afin de percevoir les enjeux de sécurité intrinsèques au système.

En outre, puisque l'on considère l'organisation comme un construit, nous ferons également une rétrospective sur son historique afin d'identifier les événements qui ont conduit à la situation actuelle.

Puis nous aborderons, plus spécifiquement, le rôle du service sécurité dans le management des risques industriels (en situations quotidiennes et exceptionnelles), ses interactions avec les parties prenantes internes et externes à l'entreprise, la répartition de tâches entre ses membres, ainsi que les compétences et ressources dont il dispose (instruments, dispositifs, équipements, procédures, logiciels, etc.).

Nous nous efforcerons ensuite d'aller à un niveau d'abstraction inférieur en identifiant les marges de manœuvre de la fonction sécurité et en cernant ainsi ses stratégies mises en œuvre.

Nous adopterons la conception de Crozier et Friedberg (1977) pour caractériser les relations de pouvoir entre le service sécurité et les autres parties prenantes. Ces auteurs considèrent qu'il n'y a une relation de pouvoir que lorsque les deux parties possèdent quelque chose à marchander (information, compétence, etc.) et qu'il y a un déséquilibre. « C'est un rapport de force, dont l'un peut retirer d'avantage de l'autre, mais où, l'un n'est jamais totalement démuni face à l'autre » (Crozier et Friedberg, 1977, p.69). En comprenant la zone d'incertitude maîtrisée par ce service, selon son expertise technique, relationnelle et règlementaire, nous pourrions évaluer notamment son impact dans les arbitrages stratégiques qui s'opèrent au niveau de la direction de l'entreprise entre production, sécurité, environnement, qualité, climat social, etc.

3 RESULTATS ATTENDUS

Un premier résultat escompté par le lancement de ces travaux est l'apport de matière sur le fonctionnement quotidien des organisations à risques. En effet, le point de départ pour l'analyse des facteurs organisationnels de la sécurité industrielle est majoritairement l'analyse post-accident (Hopkins, 2000, 2008; Snook, 2002, Vaughan, 1996 ; Perrow, 1981, Turner, 1978 ; Reason, 1987). En termes de méthodologie, il est plus aisé de partir de l'accident et de retracer ses causes que de déterminer des liens de causalité entre des facteurs et l'absence d'évènements non désirés. Des auteurs comme Bourrier (1999 ; 2001), ainsi que le réseau des HRO (1993), ont cependant souligné le besoin de mettre en œuvre des démarches prospectives qui consistent à comprendre le fonctionnement des organisations en amont des accidents afin de se donner la capacité de les prévenir. « Il nous semble cependant que les sciences sociales, [...] ont aujourd'hui des éléments à apporter et ce à plusieurs niveaux. Leurs contributions pourraient ne pas rester cantonnées à des exercices rétrospectifs mais bien intéresser les efforts prospectifs qui se dessinent encore, trop timidement » (Bourrier, 2001, p11). Les éléments issus de la littérature sur les investigations d'accidents seront toutefois loin d'être inutiles. Ils permettront de guider nos observations, tout comme les études menées autour des concepts des HRO, de la culture de sécurité et des Systèmes de Management de la Sécurité.

Deuxièmement, bien que le service sécurité ait un rôle incontournable dans la gestion des risques au sein des entreprises, son activité et sa contribution à la fiabilité restent peu documentés. L'originalité du travail de thèse va donc résider dans une fine analyse de ce service. Dans un premier temps l'étude permettra la création de données descriptives du fonctionnement du service sécurité en identifiant 1. Qui sont les acteurs de la sécurité, quelles sont leurs attributions, leurs compétences

et les ressources dont ils disposent et 2. Quelles interactions ils entretiennent avec les différents acteurs internes et externes (autorité de contrôle, inspection du travail, CHSCT, management, équipes de terrain, etc.). Puis en se basant sur cette description, l'étude visera à expliquer comment le service influence la situation globale de l'organisation en matière de sécurité, notamment en évaluant son impact dans les arbitrages réalisés au niveau du site ou du groupe entre la production, la qualité, la sécurité et l'environnement.

D'un point de vue opérationnel, l'étude fournira des éléments empiriques utilisables pour compléter les outils existants d'évaluation des risques (HAZOP, APR, AMDEC, etc.) et d'audits des systèmes de management de la sécurité. Concrètement, la restitution finale qui sera réalisée offrira à l'entreprise où se déroulera l'étude un diagnostic des ressources et des limites de la fonction sécurité. Cette expertise lui fournira l'opportunité de mettre en place des actions pour monter en compétence dans le domaine des Facteurs Organisationnels et Humains.

Finalement, un dernier apport concernera le programme de formation des métiers en Hygiène Sécurité Environnement. Par sa proximité avec le Lab-STICC, le département HSE de l'Institut Universitaire de Technologie de Lorient bénéficiera des connaissances produites sur l'activité concrète des acteurs de la sécurité dans une entreprise SEVESO. La formation dispensée pourra ainsi gagner en pertinence par rapport à la réalité et préparer au mieux les futurs professionnels du domaine.

4 BIBLIOGRAPHIE

- Bourrier, M. (1999). *Le nucléaire à l'épreuve de l'organisation*. Presses universitaires de France.
- Bourrier, M. (2001). *Organiser la fiabilité*. l'Harmattan.
- Crozier, M., & Friedberg, E. (1977). *L'acteur et le système*.
- Daniellou, F., Boissières, I., & Simard, M. (2010). *Les facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle: un état de l'art*.
- Hale A.R., 1999. *Assessment of safety management systems*. Paper to 2nd International Conference on Ergonomics, Occupational Safety and Hygiene.
- Hale, A. R. "Safety management in production." *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries* 13.3 (2003): 185-201.
- Hopkins, A. (2008). *Failure to learn. The BP Texas City Refinery Disaster*. CCH Australia.
- Hopkins Andrew. *Lessons from Longford: the Esso gas plant explosion*. North Ryde, New South Wales, Australia: CCH Australia limited, 2000.
- Le Coze, J. C. (2013). *Outlines of a sensitising model for industrial safety assessment*. *Safety science*, 51(1), 187-201.
- Perrow, C. (1981). *Normal accident at three mile island*. *Society*, 18(5), 17-26.
- Rasmussen, J. (1997). *Risk management in a dynamic society: a modelling problem*. *Safety science*, 27(2), 183-213.
- Reason, J. (1987). *Chernobyl errors*. *Bulletin of the British psychological society*, 40, 201-206.
- Reason, J., (1997). *Managing the Risk of Organisational Accidents*. Ashgate.
- Reason, J. (1998). *Achieving a safe culture: theory and practice*. *Work & Stress*, 12(3), 293-306.
- Roberts, K. H. (1993). *New challenges to understanding organizations*. Macmillan Coll Division.
- Rocha, R. (2014). *Du silence organisationnel au développement du débat structuré sur le travail : les effets de la sécurité et sur l'organisation* (Doctoral dissertation, Université de Bordeaux)
- Stimec, A., (2009). *La négociation et le management des risques*. In X. Michel & P. Cavaillé (Eds.) *Management des risques pour un développement durable*. Dunod.
- Snook, S. A. (2002). *Friendly fire: The accidental shutdown of US Black Hawks over northern Iraq*. Princeton university press.
- Vaughan, D., 1996. *The Challenger Launch Decision: Risky Technology, Culture and Deviance at NASA*. University of Chicago Press, Chicago.
- Vaughan, D., 1999. *The dark side of organizations: mistake, misconduct, and disaster*. *Annual Review of Sociology* 25, 271–305.

Weick, K., Sutcliff, K.M., Obstfeld, D., 1999. Organising for high reliability: processes of collective mindfulness. *Research in Organisational Behavior* 21, 81–123.

AMELIS, étude des usages d'un calendrier électronique mural par des personnes âgées et leurs aidants

Porcher-Sala Amandine

Université de Bretagne-Sud – Lab-STICC
Centre de recherche, BP 92116
56321 Lorient cedex, France
amandine.porcher@univ-ubs.fr

Chauvin Christine et Guérin Clément

Université de Bretagne-Sud – Lab-STICC
Centre de recherche, BP 92116
56321 Lorient cedex, France
christine.chauvin@univ-ubs.fr; clement.guerin@univ-ubs.fr

Pigot Hélène et Lorrain Dominique

Université de Sherbrooke
2500 boul. Université
Sherbrooke, QC.
Canada, J1K 2R1
helene.pigot@usherbrooke.ca; dominique.lorrain@usherbrooke.ca

RÉSUMÉ

La France et le Canada font l'expérience d'un vieillissement de la population dans le cadre duquel les technologies comme le calendrier électronique Amelis, pourraient représenter des instruments intéressants d'accompagnement des aînés et de leurs aidants. Les théories de l'activité médiatisée par des instruments et de l'acceptation des technologies nous apprennent cependant que l'appropriation d'une technologie par des utilisateurs est un processus situé influencé par de multiples facteurs. L'objectif de cette recherche est d'étudier ce processus afin d'analyser comment les usages du calendrier Amelis pourront se développer dans l'activité quotidienne de personnes âgées françaises et québécoises. Une première phase de recherche fera évoluer le calendrier Amelis de sa version actuelle à une version co-conçue par des personnes âgées et l'équipe de recherche. Ensuite, cette technologie sera implantée au domicile de personnes âgées volontaires. La mise à l'épreuve du calendrier avec le réel permettra ainsi d'analyser le développement des usages en contexte.

MOTS-CLÉS

personnes âgées, calendrier électronique, usages sociaux, acceptation des technologies, théorie instrumentale.

1 INTRODUCTION

La France et le Canada font l'expérience d'un vieillissement de la population qui pose des questions liées à l'accompagnement des aînés dans un processus de vieillissement le plus en santé et en autonomie possible. Les technologies d'assistance à la vie quotidienne constituent une piste de réflexion intéressante qui mobilise les acteurs du monde scientifique sur des problématiques qui dépassent la technique pour porter sur des aspects davantage psychologiques.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

AMELIS est un calendrier électronique mural destiné aux personnes âgées. Ce dispositif vise à soutenir l'organisation temporelle et sociale de la vie quotidienne. L'équipe de conception a pour buts de : (1) proposer un outil familier (calendrier) mais innovant (électronique) pouvant être intégré aux activités et conditions de la vie quotidienne (Descheneaux & Pigot, 2009) ; (2) participer au maintien de l'autonomie et (3) du lien social grâce au rappel d'événements partagés (ex : anniversaires) et en proposant un support technologique propice à la communication entre personne âgée et aidants.

La présente recherche intitulée "Usages d'un calendrier électronique mural par des personnes âgées et leurs aidants" s'inscrit dans le cadre cotutelaire d'un doctorat en ergonomie et d'un doctorat en gérontologie, réalisés respectivement au sein des laboratoires Lab-STICC de l'Université française Bretagne Sud et DOMUS de l'Université de Sherbrooke au Québec. Notre objectif est d'analyser dans les deux pays, comment l'usage d'AMELIS par les personnes âgées et leurs aidants pourra ou ne pourra pas se développer.

2 ENJEUX ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Les enjeux liés à cette recherche sont multiples. Sur le plan scientifique, il s'agira de produire, transmettre et valoriser des connaissances concernant la gérontologie, les activités médiatisées par des instruments et l'interculturalité. Concernant le domaine informatique, la doctorante participe à un projet de conception centrée utilisateur en développant des allers-retours entre les concepteurs et les utilisateurs. Cette dimension interdisciplinaire se traduit par la construction d'une collaboration étroite avec un doctorant en informatique. Les deux doctorants devront travailler en binôme ce qui implique d'être capable d'accorder deux mondes professionnels vers la réalisation d'un objectif commun. Notons que nous voyons là une originalité mais aussi une force pour le projet et le développement professionnel des deux doctorants. Enfin, à un niveau plus global, il s'agit de participer aux réflexions et élaborations visant à accompagner une évolution démographique de même tendance en France et au Québec.

Les questions de recherche sont les suivantes : Le calendrier électronique peut-il être intégré à l'activité socio-domestique de la personne âgée, particulièrement aux activités de planification et de lien social ? Quels seront les processus individuels et collectifs de construction de logiques d'actions et du sens attribué à AMELIS ? Dans quelles mesures ces processus permettront l'acceptation, l'utilisation et l'appropriation du calendrier électronique ? Ces questions s'ancrent dans les cadres théoriques de l'activité médiatisée par des instruments (Rabardel, 1995) qui nous indiquent qu'accepter et s'approprier une nouvelle technologie recouvre un processus qui ne «va pas de soi». Un ensemble de facteurs individuels et collectifs jouent un rôle et sont à prendre en considération pour l'introduction d'un nouveau dispositif technologique et son acceptation par les utilisateurs. Ces dimensions peuvent être appréhendées à partir du cadre des théories de l'acceptation des technologies, notamment l'acceptation située (Bobillier Chaumon, 2013). Ces cadres théoriques mettent en évidence l'importance d'adopter une perspective située et systémique lors de l'étude des usages d'une technologie. L'utilisateur est alors placé au centre de l'analyse. L'étude de son activité réelle doublée de l'inscription de la recherche dans une logique participative, seront deux conditions favorables pour que le sujet contribue au projet même de conception de la technologie (Béguin & Cerf, 2004).

Dans une première phase de la recherche correspondant à la première année de doctorat, nous poursuivons un objectif de compréhension située et comparée des contextes culturels, institutionnels, de la vie quotidienne des participants ainsi que de leurs représentations et avis sur les technologies. A cette fin, nous participerons à des temps collectifs au sein des résidences (animation, temps fort...) en tant qu'observateur libre, nous réaliserons des entretiens collectifs semi-dirigés de type focus group et des groupes de travail pour le prototypage de l'interface du calendrier. En France, une étude similaire a déjà débuté d'octobre à décembre 2014 avec la réalisation d'un entretien collectif. Les finalités de cette première étape de travail sont, premièrement, la

construction d'un positionnement scientifique et d'une méthodologie de recherche les plus justes possible au regard de la quotidienneté et des besoins des participants et, deuxièmement, l'amorce d'un processus de conception participative dans lequel personnes âgées et chercheurs seront associés. Ce ne sera que lors des 2ème et 3ème années de doctorat que notre protocole de recherche proposera une utilisation du calendrier AMELIS aux personnes âgées. Cette poursuite de la recherche s'appuiera sur l'analyse comparée des résultats français et québécois de la phase 1 afin d'adapter le protocole de recherche aux besoins et caractéristiques de la population.

3 CADRES THEORIQUES

Avant d'être utilisé, l'objet technologique a un statut d'artefact (Rabardel, 1995). Lorsque l'utilisateur s'approprie l'artefact, il acquiert progressivement le statut d'instrument médiatisant l'activité du sujet. L'instrument est une entité mixte et fonctionnelle composée d'une partie de l'artefact que le sujet a sélectionné et dont il a élaboré les propriétés pertinentes pour l'action. La seconde partie correspond à des schèmes d'utilisation associés, résultant d'une construction autonome du sujet (singularité du schème, de son élaboration) ou de l'appropriation de schèmes sociaux d'utilisation préexistants (construits collectifs et partagés). Il est néanmoins possible que l'introduction d'un nouvel artefact puisse créer une rupture avec les schèmes d'actions préexistants. Dans ces situations, les utilisateurs peuvent développer des stratégies pour contourner/détourner un artefact (catachrèse) afin d'agir efficacement malgré l'empêchement produit, ou bien rejeter l'artefact. Ces stratégies révèlent l'activité de genèse instrumentale.

Les processus psychologiques individuels et collectifs relatifs à l'acceptation, l'usage ou au rejet d'une technologie peuvent être éclairés par les théories de l'activité, notamment la théorie instrumentale (Rabardel, *ib.*). Dans ce cadre, la genèse instrumentale est une activité d'appropriation des moyens médiationnels, orientée d'une part vers le sujet (assimilation, accommodation de schèmes d'utilisation), c'est l'instrumentation, et d'autre part vers l'artefact (spécification, enrichissement de ses propriétés, attribution d'un statut de moyen par le sujet), c'est l'instrumentalisation. L'instrumentation a une dimension privée mais aussi sociale. L'instrumentalisation fait émerger des fonctions constituées nouvelles, locales (pour une action ou un contexte singulier) ou acquises (fonctions devenant des propriétés permanentes de l'artefact). La genèse instrumentale sert au sujet à s'adapter à ce contexte mais aussi à gagner en pouvoir d'agir.

L'appropriation d'une technologie dépend de différents facteurs favorables ou non à son acceptation par les futurs utilisateurs (acceptabilité, a priori) et/ou les utilisateurs effectifs (acceptation, dans l'usage). En mobilisant les modèles de l'acceptabilité des technologies (ex : Nielsen, 1993) on peut repérer auprès des personnes âgées tout un ensemble de facteurs individuels et sociaux. Les modèles de l'acceptation s'inscrivent quant à eux dans le cadre des théories de l'action et dans une approche du réel de l'activité lorsque la technologie est effectivement utilisée. L'utilisateur est alors davantage conceptualisé comme un acteur inscrit physiquement, socialement, historiquement et culturellement dans un contexte singulier (Bobillier & Dubois, 2009, p.362). Bobillier Chaumon (2013) explique que l'acceptation se joue dans les moments de l'utilisation effective des TIC dans le cadre situé, systémique, et réel de l'activité (pp. 45-70) et peut s'analyser au travers de quatre dimensions déterminantes dans le processus d'acceptation (dimensions personnelles, interpersonnelles, métapersonnelles et transpersonnelles ; *ib.*, pp.156-167). Pour être acceptée, la technologie doit devenir médiatrice de l'activité du sujet, lui permettre de développer son pouvoir d'agir et sa créativité. Et finalement, " on ne s'approprie que ce dans quoi on se reconnaît " (*ib.*, p.369) ce qui préserve d'une possible " perte de sens " (*ib.*, p.370). Caradec (1999) montre que les personnes âgées n'acceptent les technologies qui leur sont destinées que si elles peuvent leur attribuer une signification d'usage, c'est-à-dire si ces technologies prennent sens par rapport à l'identité, à l'histoire et aux pratiques personnelles et sociales des utilisateurs. L'acceptation du dispositif a donc une dimension collective, il ne s'agit pas uniquement d'un utilisateur face à un système. D'autre part, s'approprier une technologie se révèle être un processus

complexe car multifactoriel, singulier et situé. Il n'y a donc pas de déterminisme technologique, l'usage réel des technologies par les utilisateurs sera déterminant.

4 METHODOLOGIE

Notre recherche se déroulera auprès de personnes de plus de 60 ans vivant dans des logements organisés en coopérative au Québec et en foyer logement en France. A la lumière des théories de l'activité portant sur les activités médiatisées par des instruments, nous souhaitons mettre en évidence l'importance de ce qui préexiste à la technologie comme élément fondamental du processus de développement des usages. Ce qui préexiste renvoie aussi bien à des dimensions individuelles (habitudes, craintes, représentations...) que collectives (réseau social, familial, pratiques des aidants...). A ce titre, il nous paraît indispensable de mettre en œuvre une étude préalable identique en France et au Québec visant trois objectifs dont le premier est de nous intégrer auprès de la population de l'étude et de rencontrer les « acteurs clés ». Ensuite, nous souhaitons comprendre ce qui « existe déjà », soit d'une part, le système d'activité participant déjà aux activités « se rappeler » et « conserver/créer du lien social » et d'autre part, les représentations sociales, attitudes et enjeux liés aux nouvelles technologies, les craintes éventuelles. Finalement cela nous permettra de construire une posture et une démarche méthodologique éthiques et adaptées au public ainsi qu'à la dimension interculturelle. A ces fins, nous proposons une méthodologie de recherche à dimension exploratoire fondée sur la réalisation d'entretiens collectifs (un avec des personnes âgées, et un second avec des aidants), et la tenue d'un atelier de prototypage horizontal co-animé avec un doctorant en informatique. En proposant aux futurs utilisateurs de participer à la recherche dès l'étape exploratoire, notre ambition est de placer ces personnes au cœur de la démarche en tant qu'ils sont eux-mêmes les experts de leur propre quotidien. Notons que cette démarche exploratoire a fait l'objet d'une soumission pour validation auprès du comité d'éthique de l'Université de Sherbrooke dont nous attendons l'évaluation.

4.1 Population

Les participants à cette étude exploratoire sont recrutés par le biais de leur structure d'hébergement. En France, nos interlocuteurs sont contactés via un foyer-logement de statut associatif d'une ville de Bretagne. Au Québec, les personnes sont rencontrées par le biais d'une coopérative de solidarité en habitation. Le choix de ces partenariats institutionnels pour la recherche se fonde sur deux critères principaux. Premièrement, les personnes âgées vivent dans des logements autonomes bien qu'organisés institutionnellement. Deuxièmement, le foyer-logement et la coopérative semblent présenter des similarités dans l'organisation, le type de services proposés aux résidents (animation, restauration...), et les projets futurs (portant sur l'intergénérationnel notamment). Nous postulons donc que les deux lieux de résidence supporteront une étude comparative pour une analyse interculturelle en raison de leurs similarités. Toutefois, nous entendons objectiver plus finement leurs points communs et spécificités à partir d'observations libres et d'entretiens ouverts avec les « acteurs clés » (résidents et professionnels) que nous consignerons dans un journal de terrain, ainsi que par l'étude de documents institutionnels.

Le recrutement des personnes âgées se déroulera en plusieurs étapes. Le chercheur se présentera et décrira sa thématique de recherche lors d'occasions informelles ce qui permettra aux personnes de le questionner ou bien de s'adresser ensuite à des tiers de confiance (professionnels, autres résidents...). Puis, une information écrite sera distribuée dans chaque boîte à lettres pour informer du recrutement. Le chercheur se rendra alors disponible aux résidents (lors de temps collectifs) afin de recueillir les intentions de participation et, éventuellement, expliciter le contenu du courrier d'information. Enfin, autant que possible, le chercheur proposera une date de rencontre consensuelle afin que l'entretien collectif s'intègre aux activités de chaque volontaire. Concernant le recrutement des aidants professionnels et familiaux, le premier contact sera différent : nous nous appuierons sur les professionnels de l'établissement et des résidents, le chercheur prendra ensuite contact avec des aidants par le média adéquat (téléphone, courriel, rencontre physique...). Les

groupes pour les entretiens collectifs compteront entre cinq et dix participants afin de favoriser des communications interpersonnelles dynamiques. Le caractère exploratoire de cette étude justifie le recrutement de petits effectifs. Le recueil de consentement sera une vigilance de chaque instant et sera formalisé par la co-signature d'un formulaire de consentement.

4.2 Les entretiens collectifs de type focus group :

L'entretien collectif focalisé sur la thématique des technologies d'assistance aux personnes vieillissantes a été privilégié afin de répondre à nos objectifs de compréhension des pratiques (de mémoire, de rappel de tâches et d'événements et de liens sociaux liés à ces activités) et des représentations sociales des participants. D'après Davila & Domínguez (2010), les échanges dans les focus groups constituent « Un ensemble de discussion sous forme d'échanges successifs d'arguments divers, focalisées par une interaction semi-directive ». Par le débat, se reconstruisent des « cadres de références (...) à partir du vécu et des expériences des sujets, pour former une structure narrative commune » (Kalampalikis, 2004). Ainsi, on dépasse la production de discours sur les représentations de chacun pour finalement permettre la co-construction d'un sens commun. Les participants, « en défendant leurs points de vue, expliciteraient leurs arguments, leurs valeurs et systèmes de croyance » (Comby, 2011) ce qui nous intéresse particulièrement dans le cadre de notre démarche compréhensive de ce qui est « déjà là » et qui ne se donne pas d'emblée à voir. Les entretiens dureront 1h30 au maximum selon la dynamique du groupe et du renouvellement des arguments. Les participants seront accueillis dans un espace calme de l'établissement d'hébergement, dédié à la méthode et convivial sans pour autant que cela n'efface les marques du protocole scientifique (Comby, *ib.*). A partir de l'enregistrement audio, une retranscription exhaustive sera réalisée, le chercheur prendra soin de rendre anonymes l'ensemble des participants.

4.3 Guide d'entretien et analyse :

Le chercheur proposera deux types de stimuli pour guider les discussions (des images et un texte), ainsi que des questions ouvertes. Le guide d'entretien est structuré en trois parties. Une première partie intitulée « vie quotidienne – Pratiques individuelles et collectives » questionnera la manière de planifier et de se rappeler des événements à venir ou des tâches. Toutes les dimensions de ces pratiques seront intéressantes : instruments utilisés, astuces, rôle d'autres personnes... La deuxième partie de l'entretien concernera « les technologies visant le rappel d'évènements ». Plusieurs images de technologies de rappels seront proposées et il sera demandé aux participants d'exprimer leurs impressions, leurs pensées, leurs questionnements (« Qu'est-ce que ces images évoquent pour vous ? Laquelle retient le plus votre attention ? »...). Enfin, un extrait d'article de presse intitulé « Mieux vieillir avec le numérique » sera lu avec ou par les participants. Les avis et opinions sur les arguments contenus dans l'article viendront compléter et élargir les échanges précédents notamment sur les limites et incertitudes liées aux gérontechnologies. Une analyse du contenu sémantique des verbatims sera réalisée manuellement (Bardin, 1997). Nous nous attendons à retrouver les thématiques liées à l'acceptabilité des technologies : normes, valeurs, croyances, représentations. La pertinence d'une telle analyse en phase exploratoire est justifiée par sa fonction heuristique (Picard, 1992, p.22) En effet, "l'analyse de contenu enrichit le tâtonnement exploratoire, accroît la propension à la découverte." (Bardin, *ib.*, p.33).

5 CONCLUSION

Dans un premier temps de la recherche, à partir de la phase exploratoire, nous nous attendons à pouvoir identifier des attentes, besoins, représentations signifiants des personnes âgées et de leurs aidants au sujet des technologies d'assistance à l'organisation de la vie quotidienne. Cela permettra au doctorant de construire son positionnement et sa méthode de recherche et, aux concepteurs, d'enrichir leur processus de développement.

De plus, nous considérons que les entretiens collectifs formeront un espace d'ouverture vers le futur en permettant aux participants de se projeter sur un nouveau possible. Le fait d'avoir une «volonté relative au futur» est une dimension importante de la conception de nouveaux objets, dispositifs, organisations, etc (Turchiarelli & al., 2011, p.2, en référence à Daniellou, 1994). Tout l'enjeu lié à ce futur est alors de faire converger les points de vue, besoins et activités de multiples acteurs, notamment les concepteurs et les utilisateurs finaux. Une question relevée par Turchiarelli et al. (*ib.*) nous semble donc fondamentale dans la suite de notre projet relatif à une technologie d'assistance aux personnes : comment les représentations et attentes de chacun se croiseront voire percuteront le réel ou le possible des autres ? Et finalement, comment favoriser la construction sociale d'un monde commun entre concepteurs et utilisateurs ?

Pour répondre à ces interrogations, nous postulons l'importance d'adopter une « perspective dialogique (qui) inscrit dans la même logique l'inventivité des concepteurs et celle des opérateurs, en considérant que la nouveauté résulte de l'inscription du résultat du travail de l'un dans l'activité de l'autre.» (Béguin et Cerf, 2004, p.63). Par ce biais, notre ambition est de reconnaître la valeur fondamentale de l'expertise des participants en ce qui concerne leur propre activité. L'enjeu nous semble d'autant plus grand que, à la suite de cette phase exploratoire, nous proposerons à des personnes volontaires d'installer le calendrier AMELIS à leur domicile. En effet, pour cette étape, la recherche et le chercheur entreront dans un espace qui n'a rien de neutre : l'espace de vie privé, de l'intime.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Bardin, L. (1997). *L'analyse de contenu*. Paris : PUF
- Béguin, P. & Cerf, M. (2004). Formes et enjeux de l'analyse pour la conception des systèmes de travail. *@ctivités*, 1(1), pp.54-71
- Bobillier Chaumon, M.E. (2013). *Conditions d'usage et facteurs d'acceptation des technologies dans l'activité : questions et perspectives pour la psychologie du travail*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université Pierre Mendès France, Grenoble.
- Bobillier Chaumon, M.E., & Dubois, M. (2009). Synthèse introductive : l'acceptabilité des technologies : bilans et nouvelles perspectives. *Travail Humain*, 72(4), 305-310.
- Caradec, V. (1999). Vieillesse et usage des technologies. Une perspective identitaire et relationnelle. *Réseaux*, 96, 45-95
- Comby, J-B. (2011), Ancrage et usages sociaux des schèmes d'appréhension d'un problème public : analyse des conversations sur les changements climatiques, *Revue française de sciences politiques*, 61, 421-445
- Davila, A. & Domínguez, M. (2010). Format des groupes et types de discussion dans la recherche sociale qualitative. *Recherches Qualitatives*, Vol.29 (1), pp.50-69.
- Descheneaux, C., & Pigot, H. (2009). Interactive calendar to help maintain social interactions for elderly people and people with mild cognitive impairments. Proceedings of the 7th International Conference on Smart Homes and Health Telematic (ICOST 2009), July 1-3 Paris, France. 117-124.
- Kalampalakis, N. (2004). Les focus groups, lieux d'ancrage. *Bulletin de Psychologie*, Vol.471, 57(3), 281-289
- Picard, A. (1992). Utilisation de l'analyse de contenu dans une recherche en éducation musicale. *Recherche en éducation musicale au Québec*, 11, 33-56.
http://www.mus.ulaval.ca/reem/REEM_30_Analyse.pdf
- Turchiarelli, A; Bittencourt, J.M.; Béguin, P. & Duarte, F. (2011). *Le Légo de la plateforme photonique : proposition d'un objet intermédiaire pour la conception*. Communication au 47^{ème} congrès international de la SELF, Paris

Relation entre charge de travail individuelle vs. collective et type de communications au cours d'une activité collaborative

Gaudin Claire

Maison de la recherche,
29 av Robert Schuman, 13621 Aix en Provence Cedex 1
claire.gaudin@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

L'analyse des organisations de travail met en évidence la nécessité d'avoir une approche humaine autant que contextuelle pour comprendre la dynamique d'une situation de travail. En s'inspirant de la psychologie située et de l'ergonomie cognitive (Lewandowski & Bourguin, 2009; Salembier, 2002; Theureau, 2004), l'objectif du présent projet de recherche est de concevoir des systèmes suffisamment flexibles, adaptatifs et adaptés au fonctionnement du collectif de travail et des contraintes environnementales. L'objectif général est alors d'analyser les régulations des collectifs de travail selon différentes approches ainsi qu'en fonction de plusieurs facteurs.

Notre première étude s'intéresse aux facteurs humains et particulièrement à la charge de travail individuelle et collective. Nous constatons que les charges de travail collectives varient en fonction des groupes ce qui nous permet de nous intéresser également aux modes de communication intergroupes.

MOTS-CLÉS

Charge de travail ; environnement dynamique ; communication intergroupe.

1 ETAT DE L'ART

La compétitivité des entreprises dépend plus que jamais de leurs capacités à développer des compétences collectives non seulement avec l'extérieur mais aussi et surtout en interne. Travailler à plusieurs c'est multiplier les connaissances et les savoir-faire. « Le savoir de la communauté n'est plus un savoir commun, car il est impossible qu'un seul humain, ou même un groupe, maîtrise toutes les connaissances, les compétences. C'est un savoir collectif par excellence. » (Lévy, 1994). L'objectif de travailler à plusieurs est de favoriser le partage des connaissances et ainsi provoquer l'émergence d'une intelligence collective (Karsenty & Falzon, 1993).

Le contexte environnemental dans lequel se situe l'action impacte fortement la réalisation de la tâche. Il devient alors primordial d'analyser rigoureusement les contextes situationnels et organisationnels dans lesquels se situe le groupe d'opérateurs. De par son incertitude, l'environnement dynamique est susceptible de se transformer de manière aléatoire pouvant ainsi provoquer la présence d'éléments nouveaux dans le cadre du travail (Gronier & Sagot, 2007). Par conséquent, l'individu au sein du groupe doit s'adapter à son environnement en fonction du rythme et des contraintes qui s'imposent à lui. La notion de risque est alors omniprésente dans le travail des opérateurs. La maîtrise du temps apparaît comme un obstacle et un indicateur d'efficacité (Leplat, 2001). En cas de situation d'incertitude, les automatismes deviennent complexes à mettre en œuvre. La charge de travail subie par l'opérateur va croître en même temps que les modes de communications s'adapteront à cette pression temporelle (Bifulco et al., 2013; Martin, Hourlier, & Cegarra, 2013). Les décisions seront alors plus difficiles à prendre. C'est une réaction en chaîne provoquée par le contexte particulier qu'est l'environnement dynamique de travail. Le marqueur



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

d'efficacité est la prise de décision à laquelle l'opérateur va parvenir en gérant au mieux l'incertitude. Pour prendre des décisions collectives, les opérateurs doivent pouvoir partager un contexte commun afin d'harmoniser le partage d'informations. Le contexte partagé est défini comme l'ensemble des informations, ou évènements contextuels à un ensemble d'acteurs, à un instant t , dans une situation donnée, compte tenu de leurs capacités perceptuelles et cognitives, des tâches qu'ils doivent réaliser et de leurs activités en cours (Poizat, Seve, Serres, & Saury, 2008). L'objectif général de cette thèse est d'analyser les régulations des collectifs de travail autour des axes suivants : [1]- Différencier la charge de travail individuelle et collective au sein d'une même activité [2]- Analyser l'évolution des modes de communication en fonction des contextes d'activités et de la charge de travail collective [3]- Analyser l'activité réelle en fonction de sa complexité humaine et environnementale.

2 PROBLEMATIQUE

Une analyse complète du contexte et de la situation de travail est nécessaire pour cerner les problématiques auxquelles sont confrontés les opérateurs. Comprendre les processus cognitifs mis en œuvre lors de certaines situations, nous permet d'adapter des systèmes d'aide au fonctionnement de l'homme.

Travailler en groupe présente un certain nombre d'avantages. Cela permet aux individus constituant le groupe, de mutualiser leurs connaissances et leurs compétences afin de pouvoir traiter certaines problématiques qu'individuellement ils ne pourraient pas résoudre. Lévy (1994) nous parle alors de « savoirs communs » qui dépassent l'individu unique pour devenir une entité. Il est important que le groupe fonctionne de manière efficiente. Pour cela un certain nombre de compétences individuelles doit être mis au service du collectif.

Par ailleurs, un environnement dynamique est défini par ses irrégularités. Celles-ci peuvent malmener le groupe ou au contraire le stimuler. Pour faire en sorte que ce groupe mette à profit ses compétences dans un tel environnement, nous nous sommes intéressés aux différents facteurs de régulation humaine.

Une homogénéisation des informations est primordiale pour qu'un groupe fonctionne. Nous remarquons que le canal de communication entre les opérateurs peut varier en fonction du contexte environnemental dans lequel évolue les opérateurs. Par ailleurs, les stratégies adoptées par le groupe sont plus difficiles à mettre en place quand la charge de travail ressentie par le groupe s'accroît.

Une première étude, présentée ici, se focalise sur [1] les différences existant dans l'évaluation de la charge de travail selon qu'elle soit estimée individuellement ou collectivement en fonction de la pression temporelle imposée lors de l'exécution de la tâche. Cette étude se poursuit sur [2] l'étude de la structure des communications dans le collectif et sa relation avec le niveau de charge de travail estimée collectivement.

3 METHODE

Dix groupes constitués de trois étudiants de l'université Aix-Marseille, âgés de 18 à 24 ans ($20,6 \pm 7,04$), ont réalisé une tâche collaborative. Les participants de cette étude étaient réunis au « UserLab ». Cette salle d'expérimentation est équipée de quatre caméras nous permettant de filmer et d'enregistrer le déroulement de l'activité tout au long de l'expérimentation.

Nous choisissons de soumettre nos participants à une tâche collaborative sur laquelle nous pouvons faire varier fortement la pression temporelle et qui soit accessible à tous. L'objectif des participants est de réaliser un menu complet (entrée, plat, dessert) sur une journée entière (petit déjeuner, déjeuner, dîner) sur la base d'ingrédients définis préalablement. Afin de faire varier la pression temporelle au cours de l'activité, certains groupes avaient dix minutes pour réaliser cette activité, tandis que d'autres disposaient de vingt minutes. Un décompte du temps est réalisé pour tous les groupes à la moitié de la tâche, à 5 minutes puis 1 minute de la fin de la tâche.

A la fin de la tâche, il était demandé aux participants de remplir le questionnaire NASA-TLX, dans un premier temps de manière individuelle, et ensuite de manière collective. Ces données nous permettent de comparer la charge de travail estimée individuellement et collectivement en fonction de la pression temporelle. Par ailleurs, grâce au logiciel « The Observer », associé au « UserLab », nous avons codé les communications de chaque groupe sous forme de comportement « start-stop ». Sperandio, (1972) note une relation entre la charge de travail et les modes opératoires. En s’inspirant du modèle de DENEVER (Karsenty & Pavard, 1997; Rosa, Borges, & Santoro, 2003), nous choisissons de distinguer trois catégories de dialogue, celles relatives au partage d’information, à la tâche et à la prise de décision collective. Nous avons ensuite analysé la proportion de chaque type de communication dans le déroulement de l’activité.

4 RESULTATS

Une analyse de variance (ANOVA) a été conduite pour tester l’effet de la modalité de mesure (individuelle vs. collective), de la pression temporelle (10 mn vs. 20 mn) et du groupe (10 groupes différents) sur l’indice de charge de travail obtenu avec le NASA-TLX.

Aucun effet significatif de la modalité de mesure et de la pression temporelle n’a été observé. Ainsi, nous n’obtenons pas de différences significatives entre les valeurs ressenties de charge de travail selon qu’elle soit estimée individuellement ou collectivement. De même, la pression temporelle n’a pas d’impact sur la charge de travail ressentie. Cela signifie que, quelle que soit la pression temporelle, subie, la moyenne des charges de travail estimées individuellement par chaque membre du groupe à la même valeur que celle estimée collectivement.

Cette même analyse met en évidence l’existence d’un effet significatif du groupe sur la valeur de la charge de travail estimée collectivement ($F(1;26)=4,70$; $p<0,05$). Des analyses post-hoc (tableau 1) font apparaître des différences significatives entre les groupes (tableau 1).

Tableau 2 : Résultats des analyses Post-Hoc

Comparaisons Post Hoc de Tukey		
	diff	p adj
grp6-grp1	-1,33333333	0,01303847
grp4-grp10	-1,30555556	0,01572295
grp6-grp10	-2,02777778	0,00011682
grp3-grp2	1,72222222	0,00091009
grp7-grp2	1,27777778	0,01894049
grp4-grp3	-1,22222222	0,0273825
grp6-grp3	-1,94444444	0,00020291
grp8-grp4	1,44444444	0,00611958
grp6-grp5	-1,22222222	0,0273825
grp7-grp6	1,5	0,00418077
grp8-grp6	2,16666667	4,7294E-05

Par la suite, en se basant sur les différences observées à travers ces dernières analyses, nous avons réalisé une analyse des discours. Les comportements de communication ont été codés grâce au logiciel « The Observer ». Nous avons relevé le temps accordé au partage d’information, à la tâche, et à la prise de décision collective. Grâce à une fonction « start-stop » nous obtenons une structure temporelle du discours pour les groupes ayant révélés des différences significatives aux analyses post-hoc. Les groupes 5 et 9 n’étant pas significativement différents des autres groupes, ils sont exclus de cette analyse communicationnelle.

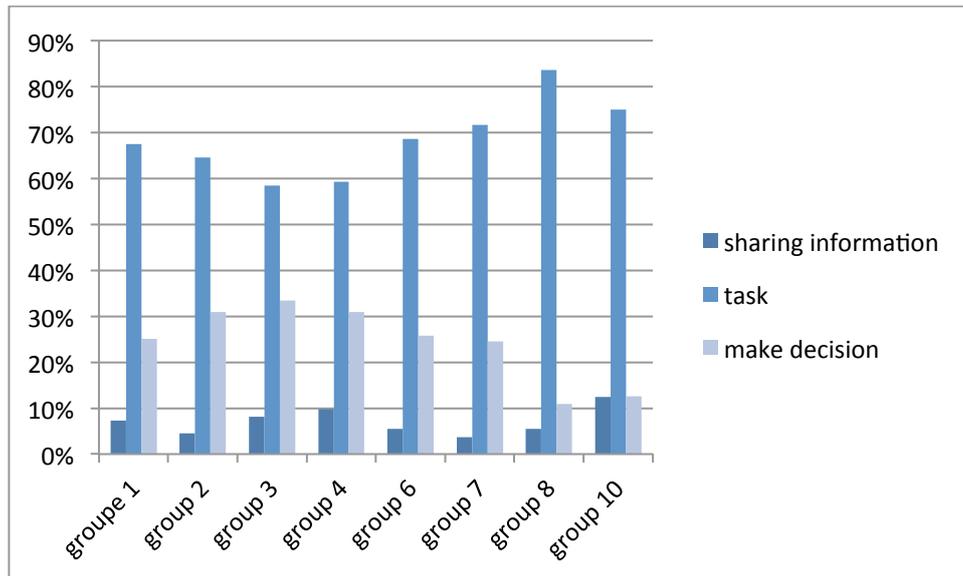


Figure 1 représentation graphique de la répartition des communications

Des tests T de Student ont été effectués sur ces résultats et mettent en évidence des différences significatives entre les proportions de chaque forme de discours (tâche/partage: $t(9)=-29,80$; $p<0,001$; décision/partage: $t(9)=-7,42$, $p<0,001$; tâche/décision: $t(9)=13,01$, $p<0,001$).

Par la suite des analyses de corrélation ont été menées entre les proportions des différentes formes de discours et la charge de travail estimée collectivement. Nous avons observé une corrélation significative positive entre le temps accordé à parler de la tâche et la charge de travail estimée collectivement ($r=0,54$; $p<0,05$). Ainsi, plus le temps accordé à parler de la tâche augmente, plus la charge de travail estimée collectivement est élevée. Par ailleurs, une corrélation négative a été observée entre le temps accordé à la prise de décision collective et la charge de travail estimée collectivement ($r=-0,64$; $p<0,02$). Ainsi, plus le temps accordé à prendre une décision collective augmente plus la charge de travail estimée collectivement diminue.

5 DISCUSSION

Les résultats obtenus montrent que la charge de travail ressentie (que ce soit individuellement ou collectivement) dépend du groupe, et donc certainement de sa structure (Brannick, Salas, & Prince, 1997), plus que de certaines caractéristiques telles que la pression temporelle imposée. En effet, bien que confrontés à une même tâche et une même pression temporelle, la charge de travail ressentie par les groupes varie. Cette différence intergroupe pourrait être due au niveau d'expertise face à la tâche (Martin et al., 2013). En effet un groupe composé d'individus ayant une certaine habitude du travail collectif peut ressentir une charge de travail inférieure à un groupe d'individus novices en la matière.

Cette différence entre les groupes est également mise en évidence concernant la structure temporelle du discours. Le langage peut, dans ce cas, être vu comme une action (Karsenty & Falzon, 1993) et les modes opératoires collectifs agiraient alors sur le ressentiment de la charge de travail collective (Falzon, 1989). Nous constatons que lorsque les groupes accordent plus de temps à parler de la tâche, la charge de travail augmente. Alors que lorsque le temps accordé pour prendre une décision collective augmente, la charge de travail collective diminue. Ces résultats mettent en évidence l'intérêt de partager un contexte commun permettant aux individus de se coordonner (Gronier & Sagot, 2007). Le rôle du contexte peut alors devenir un objet facilitateur ou perturbateur de l'activité (Leplat, 2001).

Dans une prochaine étude, il serait opportun d'approfondir le lien entre l'environnement, la structure communicationnelle et la charge de travail estimée collectivement en prenant en compte

des facteurs de la personnalité qui pourraient se révéler être des variables modulatrices de cette relation. Pour cela, il conviendra d'étudier les types de communication dans une triade homme-machine-environnement (Cadoz, 1994; Falzon, 1991). Cette seconde expérience est actuellement en cours.

BIBLIOGRAPHIE

- Bifulco, N., Bracco, F., Chiorri, C., Galante, F., Pariota, L., & Spina, M. (2013). Driving simulator validating the experimental environment for workload research (No. RSS2013). Rome, Italy.
- Brannick, M. T., Salas, E., & Prince, C. W. (1997). Team performance assessment and measurement: Theory, methods, and applications. Psychology Press.
- Cadoz, C. (1994). Le geste canal de communication homme machine. Grenoble.
- Falzon, P. (1989). Ergonomie cognitive du dialogue. Presses Universitaires de Grenoble.
- Falzon, P. (1991). Les activités verbales dans le travail. Op. cit.[29], 229–250.
- Gronier, G., & Sagot, J.-C. (2007). Le rôle des communications dans les projets de conception de produits: Comparaison des situations de travail collectif en présence et à distance. In Colloque de l'Association pour la Recherche Cognitive-ARCo'07: Cognition-Complexité-Collectif (pp. 291–302). Retrieved from <http://hal.inria.fr/inria-00191136/>
- Karsenty, L., & Falzon, P. (1993). L'ANALYSE DES DIALOGUES ORIENTÉS-TÂCHE: INTRODUCTION À DES MODÈLES DE LA COMMUNICATION. Retrieved from http://ergonomie.cnam.fr/equipe/falzon/articles_pf/l%27analyse_dial_orientes_tache_93.pdf
- Karsenty, L., & Pavard, B. (1997). Différents niveaux d'analyse du contexte dans l'étude ergonomique du travail collectif. *Réseaux*, 15(85), 73–99. <http://doi.org/10.3406/reso.1997.3136>
- Leplat, J. (2001). La gestion des communications par le contexte. *Revue Électronique Pistes*, 3(1). Retrieved from <http://www.pistes.uqam.ca/v3n1/articles/v3n1a2.htm>
- Lévy, P. (1994). L'intelligence collective: pour une anthropologie du cyberspace. La Découverte Paris. Retrieved from http://www.iafric.net/div/ouvrages/Levy_Caroline.rtf
- Lewandowski, A., & Bourguin, G. (2009). Quels supports informatiques pour un travail collaboratif durable ? *Marché et Organisations*, 10(3), 155. <http://doi.org/10.3917/maorg.010.0155>
- Martin, C., Hourlier, S., & Cegarra, J. (2013). La charge mentale de travail : un concept qui reste indispensable, l'exemple de l'aéronautique. *Le Travail Humain*, 76(4), 285. <http://doi.org/10.3917/th.764.0285>
- Poizat, G., Seve, C., Serres, G., & Saury, J. (2008). Analyse du partage d'informations contextuelles dans deux formes d'interaction sportives : coopérative et concurrentielle. *Le Travail Humain*, 71(4), 323. <http://doi.org/10.3917/th.714.0323>
- Rosa, M. G., Borges, M. R., & Santoro, F. M. (2003). A conceptual framework for analyzing the use of context in groupware. In *Groupware: Design, Implementation, and Use* (pp. 300–313). Springer. Retrieved from http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-39850-9_26
- Salembier, P. (2002). Cadres conceptuels et méthodologiques pour l'analyse, la modélisation et l'instrumentation des activités coopératives situées. *Systèmes D'information et Management (SIM)*, (2), 37–56.
- Sperandio, J. (1972). Charge de travail et régulation des processus opératoires. In *Le Travail humain* (Vol. Vol. 35, No. 1, pp. pp. 85–98). PUF.
- Theureau, J. (2004). L'hypothèse de la cognition (ou action) située et la tradition d'analyse du travail de l'ergonomie de langue française. *Revue Électronique*, 11.

Incidence de la survenue de stimulations émotionnelles sur la dynamique d'initiation d'une traversée de rue chez le piéton âgé

Delphine Caffier

Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique industrielles et Humaines
(LAMIH, CNRS UMR 8201), Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, Le Mont Houy,
F-59 313 VALENCIENNES CEDEX 09
Delphine.Caffier@etu.univ-valenciennes.fr

Christophe Gillet

Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique industrielles et Humaines
(LAMIH, CNRS UMR 8201), Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, Le Mont Houy,
F-59 313 VALENCIENNES CEDEX 09
Christophe.Gillet@univ-valenciennes.fr

Loïc Heurley

Université Paris Ouest Nanterre La Défense, Centre de Recherches sur le Sport et le Mouvement
(CeRSM EA 2931), 200 avenue de la république, F-92 000 NANTERRE
heurley.loic@u-paris10.fr

Janick Naveteur

Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique industrielles et Humaines
(LAMIH, CNRS UMR 8201), Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, Le Mont Houy,
F-59 313 VALENCIENNES CEDEX 09 Adresse électronique
Janick.Naveteur@univ-valenciennes.fr

RÉSUMÉ

L'étude réalisée est en lien direct avec la sécurité routière et plus précisément celle des piétons âgés. Elle a pour objectif principal de rechercher si l'initiation de la marche est influencée par des stimulations émotionnelles latérales. La méthodologie expérimentale modélise la survenue soudaine de dangers liés au trafic routier, comparée à des situations contrôlées non accidentogènes et à des stimulations émotionnelles standardisées (non reliées au trafic routier). Les données sont en cours d'analyse.

MOTS-CLÉS

Initiation de la marche, émotion, piéton, vieillissement

1 INTRODUCTION

La marche, pratiquée sur la totalité d'un trajet ou en complément d'autres modes de déplacement, est nécessaire à l'autonomie des personnes âgées. De façon générale, elle est encouragée chez les seniors car elle contribue à la vie sociale et permet la pratique d'une activité physique régulière, favorisant ainsi le bien vieillir (Heam et al., 2000 ; Kujala, 2009). Toutefois, les piétons âgés sont des usagers de la route vulnérables. Les personnes de plus de 60 ans représentent plus de la moitié des piétons tués dans notre pays ces dernières années ; 41 % des tués en métropole avaient plus de 75 ans alors que ces derniers ne représentent que 9 % de la population (ONISR,



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

2012 ; INSEE, 2014). Les accidents corporels non fatals ont aussi des conséquences lourdes chez les personnes âgées entraînant fréquemment un basculement dans la dépendance et des coûts sociétaux conséquents (Demetriades et al., 2004 ; Roudsari et al., 2005). Accroître la sécurité des piétons est un objectif qui peut cibler l'infrastructure, les véhicules et les conducteurs (cf. Zeeger et al., 2012) mais qui requiert également une meilleure compréhension du comportement des piétons. Contribuer à cette connaissance concernant le piéton âgé est l'objectif premier de ce travail de thèse. Heam et al. (2000) constatent que les deux tiers des accidents chez les piétons âgés de plus de 65 ans ont lieu durant une traversée en section courante (i.e., en dehors d'une intersection). Plusieurs travaux ont exploré l'incidence du vieillissement sur des processus cognitifs impliqués dans la traversée de rue (Dommes & Cavallo, 2011 ; Dommes et al., 2014 ; Naveteur et al., 2013) mais, à notre connaissance, l'incidence de perturbations émotionnelles exogènes, notamment liées à la survenue soudaine d'un véhicule, n'a pas été étudiée dans cette population.

Des études de laboratoire, dans des populations jeunes, ont mis en évidence que la survenue de stimulations émotionnelles (présentation d'images) face aux participants peut impacter diverses caractéristiques de la marche et de son initiation. Les consignes étaient soit de regarder l'image puis d'initier la marche (Gélat et al., 2011 ; Naugle, Hass et al., 2011), soit de classer le stimulus (plaisant versus déplaisant) en réalisant un mouvement du corps (un pas) vers l'avant ou vers l'arrière (Stins et al., 2011 ; Stins et al., 2011), soit de se déplacer vers l'avant au rythme souhaité en regardant l'image (Naugle et al., 2010). Les résultats sont compatibles avec l'idée que des stimulations appétitives génèrent des forces d'attraction favorisant le déplacement vers l'avant des participants (ex. déplacement vers l'avant plus rapide que vers l'arrière). En revanche, des stimulations anxiogènes qui génèrent des forces de répulsion favorisant le déplacement vers l'arrière (ex. déplacement vers l'arrière plus rapide que vers l'avant). Ces effets sont interprétables en référence aux théories reliant les émotions à deux systèmes motivationnels, appétitifs et défensif, induisant respectivement des comportements d'approche et d'évitement (Lang et al., 1994).

Dans un contexte de traversée de rue, les stimulations émotionnelles potentiellement les plus dangereuses sont les véhicules ; elles ont donc une plus grande probabilité de survenir à la gauche du piéton que face à lui. L'étude rapportée ici s'est donc inspirée des précédentes par le choix d'une projection d'images mais celles-ci apparaissent à la gauche du participant au moment où celui-ci initiera la marche. L'objectif étant d'étudier l'impact des émotions au niveau de la dynamique d'initiation de la marche chez le piéton senior, nous avons sélectionné des images de trafic routier potentiellement accentogènes, comparées à des images contrôles non accentogènes mais aussi, pour faciliter la comparaison avec les travaux antérieurs, à des images émotionnelles issues de l'IAPS (International Affective Picture System ; Lang et al., 2005). La méthodologie est expérimentale mais une projection « grand format » des images contribue au réalisme ; pour ce type de thématique, l'environnement de laboratoire est également requis pour assurer la sécurité des participants.

La première hypothèse que nous posons est un décalage vers la droite lors de l'apparition d'un stimulus déplaisant ou dangereux qui se manifesterait en premier lieu par un déport du centre de pression. En effet, suite à l'apparition d'une image déplaisante ou dangereuse, un comportement d'éloignement (stimulation anxiogène) devrait se mettre en place. La deuxième hypothèse que nous avançons est une diminution de la vitesse et de la longueur du pas pour des images déplaisantes ou dangereuses. Dans le cas d'une stimulation latérale, de tels effets seraient toutefois différents de ceux observés quand une stimulation survient de face ; les modulations de longueur de pas et/ou de vitesse participent alors directement au processus d'approche/distanciation par rapport à l'image. Dans le cas d'une projection latérale, avec un ordre de marche en droit devant, le principal déterminant ou résultat d'une modulation de ces paramètres moteurs est une variation dans le temps d'exposition à l'image. Un tel processus pourrait être sensiblement moins automatique que celui conduisant à l'écartement latéral. Chez des personnes âgées de tels effets pourraient majorer un risque de chute et donc celui d'une collision avec un véhicule à l'approche. Toutefois, les hypothèses concernant la réactivité émotionnelle elle-même sont difficilement orientables *a priori*,

des travaux antérieurs suggérant soit un émoussement, soit une potentialisation avec l'avancée en âge. Ainsi, par exemple, la diminution des réactions physiologiques et de l'interoception est considérée comme responsable d'une diminution du ressenti émotionnel des seniors (Khalsa et al., 2009) et plusieurs auteurs ont insisté sur le développement de stratégies d'adaptation efficaces, notamment dans le sens d'un biais de positivité, à savoir une orientation préférentielle vers des stimulations positives (Charles & Carstensen, 2007). En revanche, une diminution des inhibitions frontales expliquerait une plus grande perturbation émotionnelle des processus automatiques dans les populations âgées (Wurm et al., 2004).

2 METHODE ET PROTOCOLE

2.1 Participants

Les participantes sont des femmes appartenant à deux classes d'âge différentes : un groupe de 20 seniors dont l'âge est compris entre 60 et 81 ans et un groupe de jeunes adultes, composé de 20 étudiantes âgées de 18 à 28 ans. En ce qui concerne les seniors, un score inférieur ou égal à 27 au Mini Mental State Examination (MMSE ; Folstein et al, 1975), test le plus connu et le plus utilisé pour évaluer les fonctions cognitives, est un critère d'exclusion. Les participantes ont rapporté être en bonne santé, avec notamment une absence de pathologie pouvant altérer la locomotion et une absence de risques cardiaques. Une bonne vision binoculaire de loin, au besoin corrigée, et sans différence bilatérale importante est un critère d'éligibilité. Le résultat au test de vision pratiqué avec une échelle Monoyer à 3m confirme le respect de ce critère. Les participantes qui ont réalisées l'expérience ont le pied dominant droit. Les mesures de taille ne montrent pas de différence significative entre les deux groupes mais les seniors ont un indice de masse corporelle plus important que les jeunes ($24,7 \pm 2,7$ versus $21,6 \pm 1,5$; $t(38)=4,42$; $p < .001$).

2.2 Simulations

Les stimulations visuelles utilisées (cf. Figure 1) sont 9 images provenant soit d'Internet, soit de la base de données IAPS (photographies évaluées selon la valence, l'arousal et la dominance), soit réalisées pour l'étude (tram, voiture et bus). Ces images sont classées dans trois catégories différentes (a) Image Non Dangereuse (rue piétonne ou chemins), (b) Image de Trafic routier (route avec véhicules potentiellement dangereux) et (c) Image Emotionnelle (images de l'IAPS à valence négative). L'ordre d'apparition des images est pseudo-aléatoire et prédéfini ; chacune des séquences étant visualisée par une participante du groupe senior et par une participante du groupe jeune.

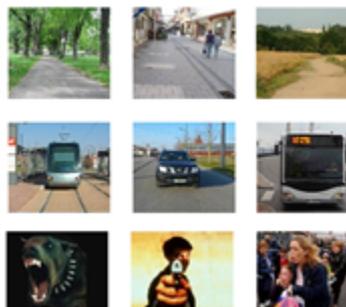


Figure 1. Les différentes stimulations visuelles.

Ligne 1 : images contrôles ; ligne 2 : images de trafic routier ; ligne 3 : images extraites de l'IAPS.

2.3 Le dispositif expérimental

L'espace dédié à l'expérimentation est délimité par une structure en U, comprenant sur la gauche un écran de 2,7 m x 2 m, situé à 2,1 m de distance du participant. Les 9 images cibles sont projetées sur cet écran, occupant la quasi-totalité de l'espace de projection. Un second écran d'une dimension de 2 m x 2 m est situé face aux participants à 3,5 m ; y est rétro-projetée l'information

marquant le début d'un essai et autorisant la marche (apparition-disparition d'un rectangle bleu de 47 cm sur 55 cm sur le fond noir, à 126 cm du sol). Des vidéoprojecteurs Sanyo PLC-XM100L équipés d'une lentille à focale ultracourte sont utilisés. La partie droite de la structure est occupée par une cloison noire. Le sol, en bois, est peint en gris foncé.

2.4 L'appareillage

L'appareillage est composé de deux plateformes de force, d'un contacteur, d'un système Vicon, de marqueurs rétro-réfléchissants disposés sur la participante et de trois ordinateurs. Les déplacements du centre de pression (CP) lors de la phase d'attente (équilibre orthostatique) et d'initiation de la marche (déplacements médo-latéraux et antéro-postérieurs) sont enregistrés grâce à des plateformes de force Kistler (modèle 9286BA ; 40 cm x 60 cm ; fréquence d'acquisition : 1000 Hz). Un contacteur envoyant un signal de type ON/OFF est disposé sous le talon droit de chaque participante, à l'extérieur de la chaussure. Il permet de connaître le moment exact où le talon droit quitte la première plateforme de force. La levée du talon entraîne l'apparition d'une image sur le côté gauche du participant, avec un délai personnalisé en fonction de la durée du premier pas droit enregistré trois fois au préalable ; 50% de ce temps est ajouté au moment de la levée du talon pour présenter l'image. Ainsi, la procédure mime l'occurrence soudaine d'un événement alors que la marche est déjà initiée, tel le cas d'un piéton distrait qui n'explore pas son champ visuel gauche avant d'initier sa traversée de rue. Le contacteur est également connecté au système Vicon en Wifi (Système Wave). Avec 8 caméras infrarouges (caméras T20), ce système permet d'analyser la marche *a posteriori* et, plus précisément, la longueur et la largeur du premier pas ainsi que sa vitesse. Pour cela, dix marqueurs rétro-réfléchissants sont utilisés : deux au niveau de la pointe et du talon de la chaussure et un au niveau de la malléole externe de chaque cheville. Quatre marqueurs rétro-réfléchissants sont placés au niveau de la tête afin de contrôler que les participantes effectuent un pivotement de la tête vers la gauche leur permettant de prendre connaissance de l'image.

3 PROCEDURE

La participation à l'étude se déroule individuellement en deux étapes : une rencontre préalable et la passation proprement dite. La première rencontre se déroule dans un lieu choisi à la convenance des participantes mais offrant des conditions d'isolement satisfaisantes (le plus souvent, pour les seniors, à leur domicile). Les informations concernant l'étude sont explicitées. Il est vérifié que les volontaires ont, comme pied dominant, le pied droit. Pour ce faire, elles sont invitées à effectuer le geste qu'elles feraient pour taper dans une balle ; le pied dominant est celui avec lequel elles réalisent le geste. Suite à ce test, les volontaires seniors passent le Mini Mental State Examination (MMSE ; Folstein et al, 1975). La qualité de la vision est évaluée de façon informelle à ce stade. Aucune exclusion n'a eu lieu à l'issue de ces tests. Chaque participante complète alors l'Echelle de Perception des Comportements des Usagers de la Route (EPCUR ; Granié, 2008) qui quantifie les habitudes des participantes en tant que piétons (un score élevé caractérise un comportement à risque), ainsi qu'un questionnaire portant sur diverses caractéristiques de la volontaire (âge, pratiques physiques, habitudes de déplacements...). A l'issue de cette rencontre, un rendez-vous est fixé pour l'expérimentation.

L'expérience elle-même se déroule dans salle de Biomécanique du CISIT (Campus International sur la Sécurité et l'Intermodalité dans les Transports). Toutes les passations suivent un déroulement identique qui comprend différentes étapes : (a) l'accueil de la participante et la signature du formulaire de consentement éclairé, (b) l'installation des marqueurs rétro-réfléchissants, (c) la détermination de la position initiale standardisée, (d) la réalisation des différents tests d'équilibre, (e) la réalisation de trois initiations de la marche, (f) la réalisation de tests locomoteurs et visuels, (g) l'installation du contacteur et le lancement de l'expérience (phase d'apprentissage), (h) la phase de test, (i) la cotation des images et (j) la phase de débriefing.

Lors de l'expérience, la participante prend place au niveau de la structure en U, après avoir été équipée d'un harnais relié à une structure fixe via une poulie ; la participante est ainsi protégée d'une chute éventuelle sans que son déplacement soit entravé. La salle est ensuite plongée dans une demi-pénombre. L'expérience est structurée en essais. Chaque essai commence quand la participante est positionnée sur la plateforme de force de départ. Il démarre par la présentation du rectangle bleu sur l'écran situé face à la participante. La consigne précise que la participante ne doit pas lever les talons durant cette période (afin d'éviter le déclenchement du processus de présentation d'une image). Au bout d'un certain temps (soit 5, 7 ou 9 s), le rectangle disparaît, autorisant la participante à initier sa marche vers l'avant, en commençant du pied droit. Lorsque la participante initie sa marche, une image est projetée sur l'écran de gauche pendant 2 s, puis apparaît une image grise en attendant une nouvelle image cible. La participante a pour consigne de prendre connaissance de cette image en tournant la tête vers elle, tout en continuant son déplacement vers l'avant à son propre rythme. La participante se replace ensuite sur la plateforme et un nouvel essai peut commencer. Une fois les 9 essais complétés, la participante effectue une cotation de chaque image en termes de valence (plaisant vs déplaisant), intensité (peu intense vs très intense) et sensation de contrôle (dominé vs dominant) sur une échelle SAM en 9 points (Self Assessment Manikin ; Bradley & Lang, 1994).

4 RESULTATS ET DISCUSSION

A ce jour, le recueil des données est terminé mais l'analyse statistique n'est pas encore finalisée. Il n'y a aucun doute sur le fait que les résultats puissent être présentés lors du colloque.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Bradley, M., & Lang, P. (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25, 49-59.
- Charles, S., & Carstensen, L. (2007). Emotion regulation and aging . In J Gross. *Handbook of emotion regulation*, 307 - 327. New York: Guilford Publication.
- Demetriades, D., Murray, J., Martin, M., Velmahos, G., Salim, A., Alo, K., & Rhee, P. (2004). Pedestrians injured by automobiles: Relationship of age to injury type and severity. *Journal of the American College of Surgeons*, 199, 382 - 387.
- Dommes, A., & Cavallo, V. (2011). The role of perceptual, cognitive, and motor abilities in street-crossing decisions of young and older pedestrians. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 31, 292-301.
- Dommes, A., & Cavallo, V., Dubuisson, J., Tournier, I., & Vienne, F. (2014). Crossing a two-way street: comparison of young and old pedestrians. *Journal of Safety Research*, 50, 27-34.
- Folstein, M., Folstein, S., & McHugh, P. (1975). "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatry Research*, 12, 189 - 198.
- Gélat, T., Coudrat, L., & Le Pellec, A. (2011). Gait initiation is affected during emotional conflict. *Neuroscience Letters*, 497, 64 – 67.
- Granié, M. (2008). Influence de l'adhésion aux stéréotypes de sexe sur la perception des comportements piétons chez l'adulte. *Recherche – Transports – Sécurité*, 101, 253 - 264.
- Héam, A., & Dejeannes, M. (2000). L'insécurité routière des piétons âgés à travers le système Mobilité - Urbanisme - Réseau, *Rapport d'étude - Insécurité routière des piétons âgés, CERTU*. Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE). (2014). Tableaux de l'Economie Française. Statistiques 2013. http://www.insee.fr/fr/mobile/etudes/document.asp?reg_id=0&id=4149
- Khalsa, S. S., Rudrauf, D., & Tranel, D. (2009). Interoceptive awareness declines with age. *Psychophysiology*, 46, 1130-1136.
- Kujala, U. (2009).** *Evidence on the effects of exercise therapy in the treatment of chronic disease.* British Journal of Sports Medicine, 43, 550- 555.
- Lang, P.J. (1994). The varieties of emotional experience: a meditation on James-Lange theory. *Psychological Review*, 101, 211-221.

- Lang, P., Bradley, M., & Cuthbert, B. (2005). *International affective picture system (IAPS): affective ratings of pictures and instruction manual*. Technical Report A-6 Gainesville, University of Florida, USA.
- Naugle, K., Joyner, J., Coombes, S., Hass, C., & Janelle, C. (2011). Emotional state affects the initiation of forward gait. *Emotion, 11*, 267 - 277.
- Naugle, K., Joyner, J., Hass, C., & Janelle, C. (2010). Emotional influences on locomotor behavior. *Journal of Biomechanics, 43*, 3099 - 3103.
- Naveteur, J., Delzenne, J., Sockeel, P., Watelain, E., & Dupuy, M. (2013). Crosswalk time estimation and time perception: An experimental study among older female pedestrians. *Accident Analysis and Prevention, 60*, 42-49.
- Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière (ONISR) (2012). La sécurité routière en France. Bilan de l'année 2011. La documentation Française, Paris.
- Roudsari, B., Mock, C., Kaufman, R., Grossman, D., Henary, B., & Crandall, J. (2004). Pedestrian crashes: Higher injury severity and mortality rate for light truck vehicles compared with passenger vehicles. *Injury Prevention, 10*, 154 - 158.
- Stins, J., Beek, P. (2011). Organization of voluntary stepping in response to emotion-inducing pictures. *Gait & Posture, 34*, 164 - 168.
- Stins, J., Roelofs, K., Villan, J., Kooijman, K., Hagenars, M., & Beek, P. (2011). Walk to me when I smile, step back when I'm angry: emotional faces modulate whole-body approach-avoidance behaviors. *Experimental Brain Research, 212*, 603 - 611.
- Wurm, L., Labouvie-Vief, G., Aycock, J., Rebucal, K., & Koch, H. (2004). Performance in Auditory and Visual Emotional Stroop Tasks: A Comparison of Older and Younger Adults. *Psychology and Aging, 9*, 523-535.

Analyse de la prise de décision collective en situation dynamique et à risques pour la conception d'un environnement virtuel de formation : le cas de la médecine de l'avant

Delmas Renaud

LIMSI-CNRS, Groupe CPU, UPR 3251
IRBA, Département ACSO
Renaud.Delmas@limsi.fr

Boccaro Vincent

LIMSI-CNRS, Groupe CPU, UPR 3251
Vincent.Boccaro@limsi.fr

Darses Françoise

IRBA, Département ACSO
Francoise.Darses@irba.fr

RÉSUMÉ

Cette communication présente les travaux de thèse qui s'inscrivent dans le cadre d'un projet de conception d'environnement virtuel de formation à la prise de décision lors d'incident multi victimes en médecine de l'avant (Projet ANR Victteams). Nous souhaitons étudier le processus de prise de décision collective et la façon dont on peut y former dans ce contexte précis. A cette fin nous chercherons à identifier et modéliser ces prises de décision, identifier les compétences professionnelles impliquées, distinguer compétences « techniques » et « non techniques » et réfléchir sur la façon dont on peut former à ces compétences. Nous avons conduit une étude exploratoire préliminaire afin d'obtenir une base de réflexion pour répondre à ces questions. Les premiers résultats de cette étude portent sur la description des situations de formation existantes, des activités de formateurs et de formés, des usages souhaitables et des insertions possibles pour cet environnement virtuel de formation. Ces résultats ont d'ores et déjà permis la conception de l'environnement virtuel.

MOTS-CLÉS

Prise de décision collective, formation, compétences non techniques, environnement virtuel, environnement dynamique à risques.

1 INTRODUCTION

La gestion des environnements à risque est compliquée du fait du niveau de risque associé à ces situations, des fortes contraintes temporelles présentes et du volume important d'informations complexes à traiter simultanément. (Sommer, Hohlfeld, & Sangals, 2004). Dans ces milieux, les capacités d'un individu ne suffisant pas à assurer cet objectif (Paris, Salas, & Cannon-Bowers, 2000) les opérateurs s'organisent/sont organisés en équipes. Or les activités collectives sont aussi vitales que complexes à mettre en place. Etre capable de déployer efficacement une activité collective en situation de travail relève en partie de l'apprentissage, et pose la question de la formation aux activités collectives. Notre étude s'inscrit dans le cadre du projet Victteams²⁴, lancé fin 2014 et

²⁴**Victteams**: Virtual Characters for team Training: Emotional, Adaptive, Motivated and Social.

soutenu par l'ANR. Ce projet, qui réunit plusieurs partenaires scientifiques (Heudiasyc CNRS UTC², CEA LIST³, Limsi CNRS⁴, IRBA⁵), un partenaire industriel (Reviatech) et deux partenaires « opérationnels » (BSPP⁶ et Ecole du Val de Grâce), a pour but de concevoir un environnement virtuel de formation (EVF) à la prise de décision en médecine de l'avant. Cette discipline de la médecine militaire enseigne aux médecins la conduite à tenir pour prendre en charge les blessés au plus vite et au plus près de l'événement, que ce dernier soit d'origine militaire (combat au front) ou civil (acte de terrorisme, catastrophe industrielle, etc). Victteams a l'ambition de développer des PVA (personnages virtuels autonomes) capables d'émotion et de prise de décision qui peupleront l'EVF et qui y agiront collectivement dans des situations de prise en charge multi-victimes. L'Ecole du Val de Grâce est responsable de la formation des équipes médicales militaire en situation opérationnelle et nous permet l'accès au terrain d'étude.

2 OBJECTIF ET PROBLEMATIQUE

Identifier et modéliser les processus sous-tendant la prise de décision collective dans les contextes dynamiques à risques représente un de nos enjeux de recherche. Il est donc nécessaire de choisir à quelles décisions collectives il est pertinent de s'intéresser, et de délimiter le périmètre qui borne chacune de ces décisions. Dans le cadre de notre étude nous nous concentrons sur le rôle du « leader médical », qui organise et coordonne la prise en charge des victimes. En effet, le leader occupe une place centrale dans les prises de décision et porte la responsabilité finale de ces décisions. L'intérêt de la situation de prise en charge multi-victimes réside dans leur richesse en communications et en prises de décision collective requérant un haut niveau de coopération de la part des opérateurs des équipes médicales. Une fois le périmètre des décisions collectives identifié, nous analyserons ce qui s'y passe afin de décrire les processus qui sous-tendent ces décisions dans ce contexte précis. Dès lors, se pose la question de savoir comment on réalise cette étape : quel type de données souhaite-t-on recueillir, que peut-on mettre en place pour les recueillir avec les contraintes du terrain, quel traitement des données récupérées fait-on et enfin comme utilise-t-on les résultats obtenus afin de construire notre modélisation. Traiter l'ensemble de ces questions de manière conjointe plutôt que parallèlement ou séquentiellement devrait permettre d'éviter d'aboutir à des résultats inexploitable ou non pertinents. Le ou les modèles ainsi construits devraient permettre d'alimenter le projet de conception de l'EVF et nos questions de recherche autour des aspects de la définition des compétences « non techniques ».

Notre second objectif est de mettre en évidence les stratégies et les compétences professionnelles mobilisées par les opérateurs lors de ces situations. Une fois ces compétences identifiées, nous nous intéresserons à la distinction entre compétences « techniques » et compétences « non techniques ». Si ces deux versants des compétences semblent inextricablement liés, on sait mal comment ils s'articulent pour garantir la performance des décisions collectives. L'intérêt d'être en mesure de faire cette discrimination « tech/notech » est de pouvoir alimenter les réflexions sur la formation à certains types de compétences (ici la prise de décision), de sorte qu'elles soient plus efficaces et adéquates aux besoins opérationnels. Identifier les compétences professionnelles impliquées dans le processus de prise de décision collectif permettra donc d'investiguer la question de « comment » peut-on mieux former à ces compétences professionnelles. On pourra noter que Les réponses aux questions de « à quoi » on forme et de comment on y forme sont étroitement liées car on pourra cibler au des formations certaines compétences faciles à apprendre, tout comme on pourra renoncer à certaines autres très complexes à apprendre.

² UTC: Université de Technologie de Compiègne.

³ CEA LIST: Commissariat à l'Energie à l'Atomique Laboratoire d'Intégration des Systèmes et Technologies.

⁴ Limsi-CNRS : Laboratoire d'informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'ingénieur.

⁵ IRBA : Institut de la recherche biomédicale des armées.

⁶ BSPP : Brigade des sapeurs-pompiers de Paris.

Connaître les compétences auxquelles on souhaite former constitue une étape préalable mais non suffisante à la conception de formation. L'étape suivante, effectuée en deux temps, nous aidera à comprendre comment on forme actuellement à la prise de décision en médecine de l'avant au sein des situations de formations de notre projet. Une première phase décrira l'ensemble du contenu des formations des équipes médicales en lien avec le processus prise de décision collective en médecine de l'avant et identifiera ce que ces formations mobilisent. Le but ici est d'obtenir une représentation globale de la formation à ce processus. Une seconde phase portera sur l'analyse de la conception de ces situations de formation, dans le but d'identifier les besoins et les contraintes des formateurs. Ceci permettra dans le cadre du projet de discuter les usages souhaitables et insertions possibles pour l'EVF dans les dispositifs de formation de l'EVDG. Les résultats de cette étape permettront aussi d'alimenter et d'orienter la conception de l'EVF.

3 CADRE THEORIQUE

La prise de décision collective dans les milieux dynamiques à risques. — Les travaux de Rasmussen, Brehmer et Leplat (1991) sur la prise de décision distribuée et le travail collaboratif ont été précurseurs des études sur le processus de prise de décision collective dans des situations de contrôle d'environnement dynamiques et à risques. A leur suite de nombreux travaux ont étudié la prise de décision naturelle, s'inscrivant dans le courant du « Naturalistic Decision Making » (NMD) (Zsombok & Klein, 1997). Ces études visent à modéliser « comment des personnes expérimentées, travaillant seules ou en groupe, dans les environnements dynamiques, incertains et souvent à risques, identifient et évaluent leur situation, prennent des décisions et exécutent des actions dont les conséquences ont un impact pour eux même et pour l'organisation dans laquelle ils opèrent » (Zsombok & Klein, 1997, p.5, notre traduction). En France, des travaux sur les activités collectives ont déjà été conduites dans le domaine médical (Adeline & al., 2013 ; Nascimento & Falzon 2014 ; Pelayo & al., 2010, 2014 ; Cuvelier & Falzon 2015).

La conception de formations professionnelles. — La question de conception de formations et de la « formation professionnelle » a été investiguée par Boccara et Delgoulet (2013a) qui ont catégorisés les études en quatre axes : 1) l'analyse de l'activité en situation de travail, 2) l'analyse de l'activité, 3) l'analyse de transmission/partage des savoirs et savoir-faire en situation de travail et 4) la formation à et par l'analyse du travail. Notre étude s'inscrit dans la lignée de précédentes études (Olry & Vidal-Gomel, 2011 ; Boccara et Delgoulet, 2013b) ayant utilisé l'analyse de l'activité en situation de travail des formés et des formateurs dans le but de concevoir un outil pédagogique adapté aux besoins des futurs formés et formateurs.

La conception d'environnement de formation (EVF) aux compétences professionnelles. — Burkhardt (2010) propose trois catégories de « classes d'objectif » pour les EVF : 1) L'acquisition de méthodes de diagnostic ou de procédure, 2) La formation aux gestes, 3) La formation au commandement, à la prise de décision, à la gestion de crise. L'environnement développé dans le cadre du projet Victteams rejoint cette troisième catégorie. A notre connaissance il n'existe actuellement pas d'étude ergonomique portant sur la conception d'EVF peuplés par des PVA capables de prise de décision avec une dimension collective.

Les compétences « non techniques ». — La demande de l'EVDG était centrée autour d'un outil pour la formation aux compétences « non techniques », aussi appelées « non technical skills » dans la littérature anglo-saxonne.

Le terme de compétences « non techniques » est issu des travaux menés par Ruffel Smith en 1979 dans le domaine de l'aéronautique sur le « cockpit resource management », abrégé CRM. Ce concept de CRM, aujourd'hui plus souvent décliné en tant que « crew resource management », s'étend depuis longtemps à de nombreux domaines (Fornette & Jollans, sous presse) et en particulier à la médecine (Flin, O'Connor, Chrichton, 2008). La coopération, le « leadership », la prise de décision, la « situation awareness » et leur formation en milieu opérationnel sont les objets

classiquement abordés dans cette littérature. Elle décrit les « compétences non techniques » comme intrinsèquement liées aux compétences techniques et les considère « comme un tout ».

4 METHODOLOGIE

Une étude exploratoire nous a permis de cerner le périmètre de l'activité de prise en charge des blessés à l'avant, les besoins des enseignants et des apprenants ou encore les usages et insertions envisagés pour l'environnement virtuel de formation. L'analyse préliminaire du travail des formateurs/formés a été réalisée avec les méthodes suivantes:

- Des observations, avec des enregistrements vidéo (environ 3h d'enregistrement), durant des simulations pleine échelle (décrites dans la section suivante) (6 scénarios observés).
- Des entretiens semi directifs, avec enregistrement audio, ont été conduits durant ces simulations avec quatre formateurs et deux formés (environ 4h d'enregistrement) complétés de deux entretiens de 3h à l'EVDG avec des formateurs.
- Une analyse documentaire des procédures et des programmes de formation a été menée afin de construire des premières modélisations (tâches prescrites équipes médicales, lieux de la prise en charge, acteurs et communications présents pendant la prise en charge).

La méthodologie que l'on souhaite déployer dans la suite de notre étude est en cours de définition. Elle devrait regrouper des analyses fines du travail des formés et formateurs, des situations de formation, sur la base d'enregistrement audio et vidéo et d'analyse de dialogue et des techniques d'entretien (semi-directif et autoconfrontation).

5 TERRAIN

Description des situations de formation. — Les situations de formation étudiées sont des simulations pleine échelle de prise en charge de blessés en conditions réalistes, les situations réelles étant inaccessibles. Ces simulations s'inscrivent dans les stages de formation dits de « médicalisation en milieu hostile (MédicHOS) » auxquels participent des équipes médicales militaires (médecins, infirmiers et auxiliaires sanitaires) et une section militaire d'infanterie. L'objectif de ces MédicHOS est de former et d'entraîner la section et les équipes médicales avant leur déploiement hors du territoire pour qu'ils soient en mesure d'agir efficacement dans le contexte opérationnel.

Description de la tâche des formateurs. — Une équipe de formateurs (composée elle aussi de médecins, d'infirmiers et d'auxiliaires sanitaires) encadre ces stages et est garante des objectifs pédagogiques et du contenu de la formation. Ils organisent la session et écrivent les scénarios de formation.

Description de la tâche des formés. — Les apprenants sont formés à assurer à leur fonction de médecin, infirmier ou auxiliaire sanitaire en médecine de l'avant. Le rôle « leader médical » va généralement être assuré par un médecin (possiblement un infirmier). Les formés devront également assister de manière systématique aux débriefings, qu'ils aient participé ou non au scénario.

6 RESULTATS PRELIMINAIRES

Situations de formation. — Lors des MédicHOS, la section militaire et les équipes médicales ont des objectifs communs de formation autour du thème de la coopération médical/tactique et des objectifs propres. Les objectifs, annoncés dans le programme du MédicHOS que nous avons observé, sont : perfectionnement des gestes techniques de sauvetage au combat de niveau 2 (SC2) destinés aux auxiliaires sanitaires et de niveau 3 (SC3) destiné aux médecins et infirmiers, le travail en équipe, la gestion de la communication avec le chef tactique pendant la préparation et pendant la mission simulée ainsi que le renforcement de l'aptitude à la décision médicale en fonction du contexte opérationnel. Les scénarios des simulations MédicHOS sont joués dans différents milieux. Des événements sont invariablement introduits dans les scénarios : incident sur le terrain, gestion tactique avec la section, prise en charge initiale et mise en condition sur le terrain, prise en charge

complémentaire, évacuation vers une antenne médico-chirurgicale. Ces événements ne correspondent pas à une transposition stricto sensu du réel, mais à une distorsion de la réalité orchestrée par les formateurs afin d'obtenir le meilleur compromis possible pour l'atteinte de leurs objectifs de formation. Cela leur permet de faire participer plus de formés par simulation, tout en conservant un niveau de cohérence et de pertinence acceptable au risque de perdre certains éléments importants du réel.

Activité des formateurs. — Ce rôle de formateur représente une très faible part de l'activité annuelle des encadrants, ces derniers ayant du mal « à se libérer ». Une partie de ceux-ci sont peu expérimentés, voire inexpérimentés dans ce rôle. Cette activité est également partiellement contrainte par celles des formateurs de la section d'infanterie. Cette articulation s'illustre dans les conceptions des scénarios dans lesquels les formateurs MédicHOS ne choisissent « que » le nombre de blessés (augmentant classiquement au cours de la session de formation) et les pathologies/traumatismes dont ils sont affectés. Ensuite, ils choisiront les participants médicaux de chaque scénario. Durant les scénarios, les formateurs vont faire « vivre » et « évoluer » les blessés, joués par des soldats grimés, en se positionnant à proximité de ces derniers. Dans le même temps, les formateurs évaluent les formés. Pour finir, ils vont animer les débriefings, « à chaud » après chaque scénario et « à froid » en fin de journée, avec de l'auto confrontation croisée, sur la base des vidéos de la journée.

Activité de « leader médical ». — Le rôle de leader médical consiste à assurer la coopération et la supervision des différentes étapes de la prise en charge. Durant les scénarios il est généralement assuré par deux formés : l'un endosse cette fonction au plus près de « l'incident », sur le terrain, et l'autre l'assure au niveau du poste de secours. Notre étude exploratoire porte sur l'analyse de l'activité de ce « second leader médical ». Cette analyse a permis de mettre en évidence que ce « leader médical » était responsable des prises de décision collective au niveau du tri des blessés et de la prise en charge thérapeutique des blessés. Il est le seul opérateur « de terrain » à participer aux prises de décision en lien avec l'équipe d'évacuation dont le responsable se trouve au niveau du PECC (Patient Evacuation Control Center).

Usages et Insertions envisagés pour l'EVF. — Ces analyses préliminaires nous ont servi de support lors des réunions de projet Victteams pour discuter de la façon dont pourrait s'insérer l'EVF dans les formations existantes tout en tenant compte des contraintes des formateurs. L'EVF devrait être déployé sur cinq ou six sites de l'armée et être utilisé au sein d'une « classe » dirigée par un formateur présent sur place ou à distance. Le but de l'EVF serait de fournir une formation complémentaire à celle dispensée durant les MédicHOS et de limiter l'impact du manque de disponibilité des formateurs. Il pourrait permettre de fournir une formation minimum quand les équipes médicales n'ont pas l'opportunité d'y participer avant de partir en mission.

Orientation dans la conception de l'EVF. — Nos premiers résultats et les insertions et usages envisagés vont orienter la conception de l'EVF, notamment sur ses fonctions, comme le « revisionnage » des parties jouées avec possibilité de changer le point de vue de la caméra afin de fournir plus de possibilités à l'enseignant dans le cadre de sa formation. Nos résultats ont permis de discuter des usages possibles de l'EVF et aboutis par exemple à l'abandon de la fonction multi-joueurs. Notre étude permettra d'orienter les nombreux choix qu'il reste nécessaire à faire dans le cadre de cette conception. Cela permettra aussi de participer efficacement aux phases d'évaluation successives des prototypes de l'EVF.

7 BIBLIOGRAPHIE

Adeline, E., Bourgeon, L., Debien, B., Ringeveal, J.-F., Ardouin, J.-C. & Darses, F.(2013). *Etude exploratoire des styles de coopération développés lors de la gestion de situations médicales d'urgence*, Actes du 7^e colloque de psychologie ergonomique EPIQUE 2013. (pp. 127- 136). Bruxelles Belgique.

- Boccaro, V. & Delgoulet C. (2013a). *Articuler les démarches d'analyse du travail en ergonomie et didactique professionnelle pour la conception d'un EVAH. Congrès international Franco-québécois Les questions vives en éducation et en formation regards croisés France-Canada*. 5-7 juin, Nantes.
- Boccaro, V. & Delgoulet C. (2013b). *Concevoir un outil de réalité virtuelle de formation basé sur une analyse des travaux*. 48ème Congrès de la SELF, 28-30 août 2013. Paris : France.
- Burkhardt, J.-M., (2010). *Conception, utilisation et formation : trois perspectives sur l'apprentissage en ergonomie des technologies émergentes*, soutenance d'HDR (pp. 102-103).
- Cuvelier, L. & Falzon, P. (2015). *The collective construction of safety: A trade-off between understanding and doing in managing dynamic situations*. Applied ergonomics. Vol. 47. (pp. 117-126).
- Flin, R, O'Connor P., Chrichton, M. (2008). *Safety at the sharp end: a guide of non-technical skills*, Aldershot: Ashgate
- Fornette, M.-P. & Jollans, J.-Y. (Eds) (sous presse). *Former les équipes à sécurité et à la performance avec le Crew Resource Management*. Toulouse, France : Octarès.
- Nascimento A., Falzon P., *Jugement différentiel d'acceptabilité et cultures de sécurité en radiothérapie, Le travail humain* 4/2014 (Vol. 77), p. 325-349
- Olry, P., & Vidal-Gomel, C. (2011). *Conception de formation professionnelle continue : tensions croisées et apports de l'ergonomie, de la didactique professionnelle et des pratiques d'ingénierie*. Activités, 8(2), (pp. 115-149).
- Paris, C. R., Salas, E. & Cannon-Bowers, J. A. (2000). *Teamwork in multi-person systems: a review and analysis*, Ergonomics, 43:8, (pp. 1052- 1075).
- Pelayo, S., Loiselet, A., Beuscart-Zéphir, M.-C., Rogalski, J., Anceaux, F. (2010). *Proposition méthodologique pour l'analyse de la coopération dans une planification distribuée des actions*. Le travail humain 4/2010 (Vol. 73). (pp. 361-383).*
- Pelayo, S., Marcilly, R., Anceaux, F., Bernonville, S., Beuscart-Zéphir, M. C. (2014). *Human-Machine task allocation: Impact on patient safety in hospital settings*. Psychol.fr
- Rasmussen, J., Brehmer, B. & Leplat, J. (1991). *Distributed decision making: Cognitive models for cooperative work*, Chichester, UK:Wiley.
- Sommer, W., Hohlfeld, A., & Sangals, J. (2004). *Task load and the microstructure of cognition*. In Dietrich, R. & Childress, T.M. (Eds.), *Group interaction in high risk environments* (pp. 101-107). Aldershot: Ashgate.
- Smith, R. (1979). *A Simulator Study of the Interaction of Pilot Workload with Errors, Vigilance, and Decisions*. Moffett Field, CA: NASA-Ames Research Center. *NASA Technical Memorandum*, 7343.
- Zsombok C. & Klein G. (Eds). (1997) *Naturalistic Dimension Making*, Lawrence Erlbaum associates, Mahwah, New Jersey.

Posters

Analyse comparative en eye tracking de supports textuels et graphiques

Sami Lini

Akiani, Talence, 33400, France
sami.lini@akiani.fr

Christophe Bey

ENSC, Talence, 33400, France
christophe.bey@ensc.fr

Maxime Dandre

Akiani, Talence, 33400 France
maxime.dandre@ensc.fr

Baptiste Bichon

Akiani, Talence, 33400 France
baptiste.bichon@ensc.fr

RÉSUMÉ

Tout jeune chercheur a un jour connu l'épreuve de la présentation de poster en conférence scientifique. Un enjeu de cet exercice qui participe à l'intronisation et la construction d'un réseau professionnel est d'attirer et retenir l'attention des chercheurs déambulant dans les allées pour avoir la possibilité d'échanger sur les travaux présentés. Les dimensions du poster sont fixées et la coutume impose un certain formalisme mais le reste de la forme est laissée à la libre appréciation du présentateur.

Ce travail préliminaire investigate la question de l'impact du format de présentation du poster (pleinement textuel ou graphique) sur la cognition des lecteurs : charge cognitive et mémorisation des informations présentées. Les résultats font apparaître une charge mentale évaluée par pupillométrie significativement plus faible pour le poster graphique ainsi qu'une production d'erreurs de restitution plus faible.

MOTS-CLÉS

Eye tracking, posters scientifiques, visualisation de données, pupillométrie, charge cognitive.

1 PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Les conférences scientifiques du monde entier proposent, en marge des exposés oraux, des sessions « posters » au cours desquelles les chercheurs, bien souvent doctorants, vont assurer la présentation de posters au format A0.

Si la mise en page de ces supports grand format est libre, on y retrouve un certain nombre d'invariants : le titre du poster, ses auteurs et leurs affiliations, un résumé textuel du travail présenté. Pour le reste du contenu, on observe une grande hétérogénéité dans la présentation de l'information mais tous les présentateurs de poster poursuivent le même objectif : les sessions posters sont le lieu de rencontres et de valorisation des travaux effectués.

Ils participent de manière importante à l'intronisation des jeunes chercheurs dans la communauté à laquelle ils viennent soumettre le fruit de leur recherche. Pour ces chercheurs, il y a



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

donc un enjeu crucial à trouver le format qui saura captiver l'attention visuelle furtive de l'auditoire et à communiquer au mieux les éléments importants pour marquer les visiteurs.

Cette étude investigate la question de l'impact du format de présentation de l'information (posters textuels vs posters graphiques) sur la cognition des lecteurs. Deux posters ont été réalisés à cette fin. Tous deux présentent les mêmes travaux, suivant deux modalités différentes : un poster au contenu exclusivement textuel, le second au contenu exclusivement graphique. Nous nous interrogeons sur l'impact des formats des posters sur la mémoire à court terme et la charge cognitive des lecteurs du poster.

Hypothèses opérationnelles

- (H1) : Il y a une différence significative de mémorisation à court terme des informations suivant le format de présentation
- (H2) : Il y a une différence significative de charge cognitive des lecteurs suivant le format de présentation

2 MILIEU D'IMPLANTATION ET METHODE

2.1 Description de la tâche

Après complétion d'un formulaire d'informations personnelles et signature d'un formulaire de consentement, les sujets sont équipés d'un oculomètre portable (Tobii Glasses).

Avant l'enregistrement des données oculométriques, les sujets sont soumis à une phase de calibration. Il est ensuite demandé à chacun des sujets de lire un premier poster durant deux minutes. A l'issue de cette phase de lecture, il leur est demandé de remplir un premier questionnaire, à choix multiples, portant sur les informations présentes sur le poster.

On procède de même pour le second poster. L'ordre de présentation des posters est contrebalancé. Deux groupes sont ainsi constitués.

Le type de poster présenté constitue la variable indépendante : le contenu des deux posters est comparable, la plupart des informations est commune aux deux supports, la forme diffère : le premier poster (Figure 1) est exclusivement textuel quand le second (Figure 2) est exclusivement graphique.

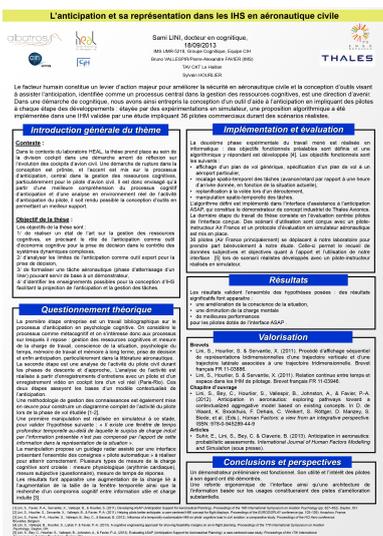


Figure 1 : Poster textuel

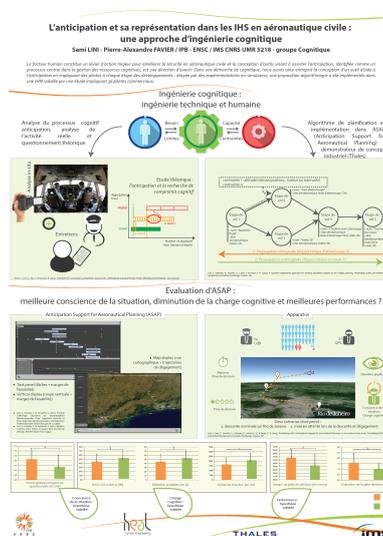


Figure 2 : Poster graphique

Les variables dépendantes sont les suivantes :

- Mesure de la mémoire de travail (restitution avec amorçage) : le nombre de bonnes réponses et d'erreurs au questionnaire à choix multiples est enregistré.
- Charge cognitive : le diamètre pupillaire constitue un indicateur indirect de la charge cognitive (Beatty and Lucero-Wagoner 2000). A luminosité constante, une augmentation globale du diamètre pupillaire est couramment interprétée comme une augmentation de la charge cognitive.
- Temps de réponse (restitution) : le temps de restitution est une mesure de la mémoire de travail.

2.2 Matériel et participants

Les questionnaires à choix multiples ont été développés en C# et présentés sous forme informatique afin de permettre une mesure fine des temps de réponse. 30 sujets sont recrutés, 18 femmes, 12 hommes parmi les élèves-ingénieurs de l'École Nationale Supérieure de Cognitique et le personnel de recherche, entre 19 et 26 ans ($M = 21,7$ ans, $\sigma = 1,95$ ans). 15 sujets forment le premier groupe ($M = 21,3$ ans, $\sigma = 1,8$ ans) et le second groupe ($M = 22,1$ ans, $\sigma = 2,0$ ans).

La luminosité de la pièce est contrôlée. Les participants sont évalués individuellement.

Traitement des données

Les échantillons ne satisfaisant pas l'hypothèse de normalité (test de Fisher), des tests non-paramétriques unilatéraux (test de Wilcoxon signé) sont utilisés pour analyser la variabilité intra-individuelle entre les deux posters (échantillons appariés).

3 RESULTATS

Les données sont analysées en fonction du poster traité. La probabilité d'erreur est fixée à 5% pour les résultats significatifs, à 10% pour des résultats tendanciels.

3.1 Réponses aux questionnaires à choix multiples

Nous ne notons pas de différences significatives entre les deux posters pour les bonnes réponses ($p = .437$) et les scores totaux ($p = .276$). Nous observons une différence tendancielle entre les deux posters pour le nombre d'erreurs ($p = .061$, Figure 3).

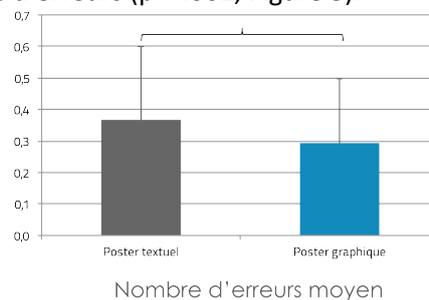


Figure 3 : Moyennes et écarts-types des erreurs aux questionnaires à choix multiples en fonction des posters

Ces résultats valident partiellement l'hypothèse (H1) sur l'impact du format de présentation de l'information sur la mémorisation à court terme : le poster graphique permet une restitution plus juste de l'information (moins de production d'erreurs).

3.2 Temps de réponse aux questionnaires à choix multiples

Nous ne notons pas de différences significatives dans les temps de réponse moyens aux questionnaires à choix multiples ($p = .525$).

3.3 Diamètre pupillaire

Les résultats présentent une différence très significative ($p = .003$, Figure 4) entre les deux formats de présentation. Ce résultat valide l'hypothèse H2 sur l'effet du format de présentation sur la charge cognitive des lecteurs : un ratio de dilatation pupillaire moyen significativement plus faible est noté pendant la lecture du poster graphique.

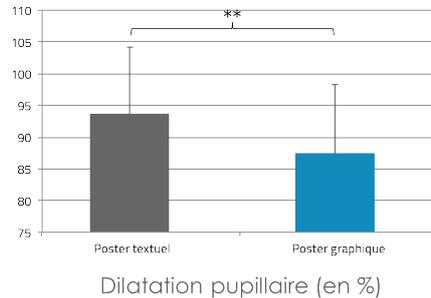


Figure 4 : Moyennes et écarts-types des ratio de dilatation pupillaire en fonction des posters (** : différences très significatives, $p < 0,005$)

4 DISCUSSION

La première hypothèse est validée tendanciellement : les lecteurs produisent moins d'erreurs à la lecture du poster graphique que le poster textuel. Nous n'observons en revanche pas de différence entre les groupes dans les bonnes réponses.

La seconde hypothèse est validée : nous observons une différence très significative de ratio de dilatation pupillaire entre les deux groupes. Cette variation ne peut être expliquée par une variation de la luminosité, contrôlée, ni par l'ordre de passage, contrebalancé. Nous en concluons donc, selon la littérature (Beatty and Lucero-Wagoner 2000), qu'il y a une différence significative de charge cognitive lors de la lecture des deux posters : le poster graphique induit une charge moindre. Nous ne notons en revanche pas de différences dans les temps de restitution pendant le questionnaire à choix multiples.

En comparant deux posters dont la modalité de présentation de l'information varie, nous avons mené une première évaluation de l'impact de ce format de présentation sur la trace en mémoire ainsi que la charge cognitive de lecteurs.

Les résultats font apparaître une différence très significative de charge cognitive entre les deux formats : le diamètre pupillaire est significativement très plus élevé pour le poster au format textuel, ce que la littérature traduit par une charge cognitive plus élevée (Kahneman and Beatty 1966; Beatty 1982). Nous notons également une plus grande production d'erreurs de restitution pour ce format.

5 REFERENCES

- Beatty, Jackson. 1982. "Phasic Not Tonic Pupillary Responses Vary With Auditory Vigilance Performance." *Psychophysiology* 19 (2) (March): 167–172. doi:10.1111/j.1469-8986.1982.tb02540.x. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-8986.1982.tb02540.x>.
- Beatty, Jackson, and Brennis Lucero-Wagoner. 2000. "The Pupillary System." In *Handbook of Psychophysiology*, 2nd ed., 142–162. New York, NY, US: Cambridge University Press.
- Kahneman, D, and J Beatty. 1966. "Pupil Diameter and Load on Memory." *Science* 154 (3756): 1583–1585.

Quelle approche face à la surdité pour l'aménagement de poste ? Le cas d'un outil de communication alternative dédié

Juline Le Grand

eROCCA R&D, 196 rue du Rocher de Lorzier, 38430 MOIRANS
juline.le-grand@erocca.com

RÉSUMÉ

Cet article a pour objectif d'exprimer, à travers une étude de cas issue du projet FUI13 RAPSODIE, les problématiques soulevées dans la conception d'outils de communication par les spécificités des personnes présentant une déficience auditive. Concernant l'aspect ergonomique, une de nos difficultés réside dans le fait que, en plus de la multiplicité des profils de sourds que l'on peut rencontrer, la surdité peut influencer sur les aspects linguistiques, culturels, cognitifs, sociaux et psychologiques. Plusieurs approches peuvent être suivies en conception, dans le cadre du projet Rapsodie, nous avons dû approfondir notre étude de l'utilisateur et faire les choix les mieux adaptés suite à nos observations.

MOTS-CLÉS

Surdité(s), Communication Améliorée et Alternative (CAA), aménagement de poste, interface utilisateur.

1 CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

1.1 SURDITE(S)

Près de 5 000 000 de personnes sont touchées par la surdité en France. On observe en réalité *des surdités* selon la perte auditive (légère, moyenne, sévère ou profonde), la période d'apparition (nés sourds ou devenus sourds), l'appartenance à la culture sourde ou entendante, la présence ou non d'un appareillage mais également, les pratiques éducatives et langagières choisies (bilinguisme : Langue des Signes Française (LSF), français écrit ou oralisme : lecture labiale, Langue Française Parlée Complétée (LFPC)). Ces critères vont influencer sur l'individu sourd et sa relation à la société qui l'entoure. La surdité impacte également l'accès à l'écrit. Plusieurs études (Bertin, 2010 ; Sander, 2007) mentionnent la proportion d'illettrisme : 80% chez les sourds sévères/profonds, ce qui mène à une scolarisation et une évolution dans le monde professionnel souvent plus complexe que pour les entendants. Ainsi, le taux de chômage atteint plus de 50% pour les sourds profonds (Kerbourc'h, 2009 ; Sander, 2007).

Même si du point de vue médical elle est considérée comme un handicap, la définition de la surdité comporte également une dimension "sociétale". En France par exemple, les sourds ont développé une véritable communauté possédant une langue et une culture à part entière. La surdité serait alors un "handicap" social qui touche la communication et vient rompre le lien social entre entendants et sourds.

1.2 Projet Rapsodie

Face au chômage des personnes sourdes, eROCCA lance le projet RAPSODIE (Reconnaissance Automatique de la Parole pour les personnes SOurdes ou handIcapésEs). La finalité technique est de



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

permettre aux sourds de communiquer avec les entendants sans avoir à passer par la lecture labiale seule ou par un interprète.

Bien que des solutions existent (ex : services d'interprètes cités par Dalle-Nazébi (2009), applications RogerVoice ou Pedius), peu d'outils/services sont adaptées au terrain. Par ailleurs, on observe le développement de technologies en Traitement Automatique des Langues Signées (TALS) (Amblard, 2007 ; Dassi-Gnaba, 2010 ; Rezzoug et al., 2006).

Castorama, partenaire du projet, a cherché à fournir à ses employés sourds un dispositif pour favoriser leur autonomie et insertion professionnelle. L'objectif ergonomique est d'obtenir une solution non discriminante facilitant les échanges des sourds avec des entendants sur leur lieu de travail. Au regard des spécificités de la surdité, la problématique est de déterminer si certains profils de sourds impliquent une approche particulière dans la conception de l'interface utilisateur d'un outil de CAA.

1.3 Impacts sur la conception

Plusieurs des spécificités des sourds nous amènent donc à remettre en cause les méthodes habituelles de conception d'une interface utilisateur :

- la déficience auditive. Dans la société entendante, un grand nombre d'informations sont véhiculées par le son. Il faut prendre conscience et repenser ces informations pour les rendre accessibles.
- les pratiques linguistiques des sourds. La réalité démontre un bilinguisme (français/LSF) et des difficultés de maîtrise du français écrit. L'écrit étant prépondérant dans les interfaces, il faudra prendre en considération ce phénomène.
- la culture sourde et l'intégration sociale des sourds précoces (Goasmat 2008). Ce sentiment d'appartenance à un groupe est très fort, développé par Bertin (2010). La surdité n'est pas un handicap pour tous, ce sentiment peut mener au rejet par certains sourds des outils/services proposés. Parallèlement on observe un souhait d'intégration des sourds dans la communauté entendante, et une prédisposition vis-à-vis d'aménagements favorisant cette intégration.
- le regard établit la communication. Delaporte (1998) montre que le regard sert de feedback et est très important pour les sourds. La conception d'une interface de communication devra intégrer au maximum cette composante interactionnelle.
- le visuel est plus sensible et utilisée que pour les entendants. Cet aspect doit être favorisé.

2 ETUDE DE TERRAIN

2.1 Protocole et hypothèses

Afin d'évaluer les habitudes professionnelles et linguistiques des futurs utilisateurs sourds, nous avons choisi de mener des observations en situations réelles. Les observations se sont déroulées auprès de 6 personnes sourdes en caisse et logistique dans 2 magasins de bricolage sur une durée de 2 à 6 heures par personne. Les sujets étaient 2 femmes et 4 hommes âgés de 26 à 48 ans. L'intégralité des situations d'interactions du sujet sourd avec ses interlocuteurs étaient enregistrés par un micro-cravate porté par le sujet observé ou par un micro bi-directionnel placé en caisse à égale distance entre les clients et le sujet observé. L'observateur est placé de façon à pouvoir suivre les interactions mais veille au maximum à ne pas les influencer les interactions. Suite aux observations les enregistrements ont été transcrits manuellement.

Les hypothèses à étudier sont :

- La maîtrise du français écrit est-elle problématique ? utiliser la LSF ?
- Le besoin d'un outil de communication est-il réel ? tous les profils de sourds en ont-ils besoin et dans quelles mesures ?
- Cet outil peut-il s'intégrer de manière naturelle et efficace dans les tâches du sujet ?

- Quelles sont les contraintes techniques des postes de travail ?
- Quels sont les types d'interactions rencontrées ? peut-on extraire une phraséologie métier ?

3 RESULTATS

3.1 Résultats des observations

Sur le plan linguistique, tous les employés sourds pratiquent la LSF et ont parfois des difficultés avec le français. Les types d'interactions sont à 80% routiniers et utilisent le vocabulaire métier. En caisse, 30% des interactions impliquent l'usage du téléphone ou sortent de la phraséologie type.

Côté socio-culturel, les différences culturelles et linguistiques créent parfois des incompréhensions comme le décrivent Dalle-Nazébi (2008) & Metzger (2004).

Concernant les aménagements, l'usage de téléphones pour l'envoi de messages écrits a été testé mais s'est révélé peu efficace car mal utilisé. En caisse, pour favoriser le contact visuel, les caissiers sourds sont toujours placés aux caisses les plus proches de la caisse centrale et en face à face. A l'initiative de Castorama, des formations de sensibilisation à la surdité pour les employés entendants sont effectuées. Metzger (2004), explique que le sourd trouve souvent parmi ses collègues une personne interface, ce que nous avons pu constater sur place.

Le bruit environnant s'est révélé problématique pour le micro initialement choisi pour le prototype.

3.2 Positionnement pour le prototype

Plusieurs conclusions pour l'adaptation de l'outil :

- Les sourds sévères et profonds ont le plus besoin d'une aide. Par ailleurs, la proportion de sourds maîtrisant peu le français écrit est très faible dans notre cas d'usage.
- Nous avons étudié la possibilité d'intégrer la LSF mais l'état des technologies de reconnaissance ou de synthèse de la LSF ne le permet pas (Brossard, 2002).
- Les configurations des caisses permettent l'utilisation de l'outil. L'apport d'un micro « déporté » permettra de capter mieux la parole de l'interlocuteur et un support rendra possible l'inclinaison de la tablette en fonction de la luminosité et de la position au poste.
- Les fonctionnalités seront pensées pour une interaction naturelle et rapide (fig 1). L'interface sera axée sur le visuel et un élément graphique signalera chaque information sonore. Une fonctionnalité de restitution du contexte sera intégrée. Pour l'illettrisme, la saisie du message se fera par clavier ou par des icônes métiers relatifs à la phraséologie relevée.
- Les utilisateurs participeront pour le choix d'affichage des différents éléments et des icônes.

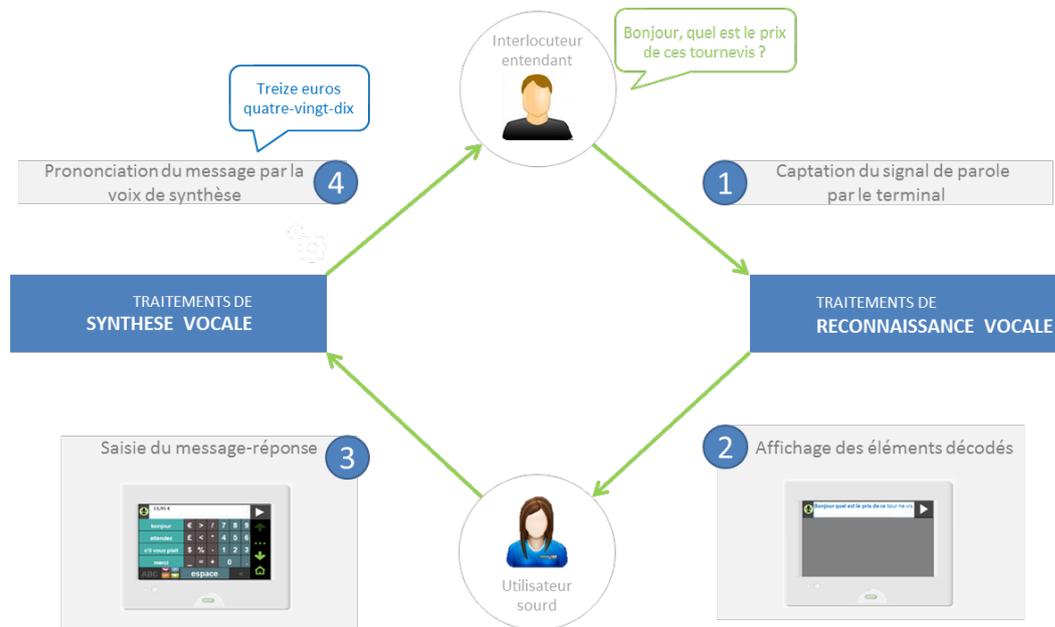


Figure 1 : aperçu du fonctionnement de l'outil dans l'interaction

Le résultat est une conception optimisée entre les possibilités technologiques et les spécificités de l'utilisateur en tant que sourd, employé et utilisateur de nouvelles technologies.

3.3 Validation de l'approche

Les travaux du projet en sont à la phase de conception du prototype. Des expérimentations en situation réelle auront lieu prochainement. Pour valider l'approche, plusieurs aspects seront étudiés :

- Réactions des utilisateurs : confirmation de la pertinence de l'outil, pas de rejet culturel.
- Prise en main rapide : outil intuitif et ne nécessite pas de formation.
- Performances techniques : la qualité de l'écran tactile, la batterie, le décodage, la vitesse de traitement et la téléphonie sont fiables et acceptables par l'utilisateur.
- Interaction fluide : l'outil devient un avantage et le sourd l'utilise volontiers.
- Validation du caractère non discriminant : le terminal n'est pas perçu comme une prothèse mais comme un outil discret.
- Interface adaptée aux besoins : l'interface correspond aux usages des sourds et augmente leur autonomie.

4 DISCUSSION ET CONCLUSION

Pour beaucoup d'aspects quotidiens, les sourds ont trouvé des « stratégies ». Nous pourrions penser qu'il n'est donc pas nécessaire d'intégrer les problématiques pointées par la surdité dans le processus de conception. Or, malgré un vif intérêt pour des services et des dispositifs qui leur sont dédiés, les faits indiquent que les sourds ne sont pas aussi intégrés dans la société qu'ils le pourraient. L'effort doit donc se poursuivre du côté innovation pour concevoir des produits dédiés, notamment en TALS. Pour cela, les obstacles semblent être des verrous scientifiques principalement liés au manque de recul sur les langues gestuelles. Nous espérons que l'approche que nous avons suivie depuis 2012 permette, d'une part, que l'outil soit accepté par la communauté sourde, et, d'autre part, qu'il réponde le mieux aux besoins de l'utilisateur sourd dans son environnement de travail.

5 BIBLIOGRAPHIE

Amblard, M., Voisin, E. (2007). Vers une analyse automatique de la LSF. Rapport de recherche INRIA.
Bertin, F. (2010). Les Sourds : une minorité invisible. Paris : Autrement

- Bossard, B. (2002). Problèmes posés par la reconnaissance de gestes en Langue des Signes. Communication présentée à RÉCITAL 2002, Nancy, 24–27 juin.
- Dalle-Nazébi, S. (2009). Quand les salariés sourds prennent la parole. In Travail, organisations et emploi, 3ème congrès de l'Association Française de Sociologie, Paris, 14 - 17 avril.
- Daassi-Gnaba, H., Zbakh, M., Lopez Krahe, J. (2010). Combinaison de reconnaissance de la parole, reconnaissance des émotions et tête parlante codeuse en LPC pour les personnes sourdes et malentendantes. Sciences et Technologies pour le Handicap. Hermès, (pp 239-253).
- Goasmat, G. (2008). L'intégration sociale du sujet déficient auditif - Enjeux éducatifs et balises cliniques. Paris : L'Harmattan.
- Kerbouc'h, S. (2009). L'emploi des sourds et des malentendants : quels enjeux ?. In Connaissance de l'emploi, juin, n° 66.
- Metzger, J-L. & Barril, C. (2004). L'insertion professionnelle des travailleurs aveugles et sourds : les paradoxes du changement technico-organisationnel. Revue française des affaires sociales, n° 3, juillet-septembre, (pp. 63-86).
- Rezzoug, N., Gorce, P., Heloir, A., Gibet, S., Courty, N., Kamp, J. F., Multon, F., Pelachaud, C. (2006). Agent virtuel signeur, Aide à la communication pour personnes sourdes. Actes de la 4ème conférence pour l'essor des technologies d'assistance, Handicap2006, Juin 2006, (pp 1-6).
- Sander, M-S., Lelièvre, F., Tallec A. (2007). Le handicap auditif en France : apports de l'enquête handicaps, incapacités, dépendance, 1998-1999. Dress, Etudes et Résultats, N°589, aout.

IHM persuasive et pilotage des actions de Maîtrise de l'Energie

Bouchet-Fumeron Marine
Lab-STICC UMR CNRS 6285,
Université de Bretagne Sud
56100 LORIENT, FRANCE
marine.bouchet-fumeron@univ-ubs.fr

Chauvin Christine
Lab-STICC UMR CNRS 6285,
Université de Bretagne Sud
56100 LORIENT, FRANCE
christine.chauvin@univ-ubs.fr

RÉSUMÉ

Le projet SOLENN vise à tester des solutions permettant de démultiplier les actions de MDE (Maîtrise de la Demande en Energie). L'installation de compteurs électriques « intelligents » - smart-grids - est au cœur du projet. Grâce à ce type de dispositif, les usagers bénéficieront d'informations précises sur leur consommation et pourront donc la réguler. Mais le fournisseur pourra également, de son côté, contrôler et réguler l'énergie disponible dans chaque foyer afin d'éviter les incidents d'ordre électrique lors des pics de consommation. L'acceptabilité et l'acceptation du dispositif constituent des problématiques majeures du projet. Après avoir mis en évidence les freins et les leviers de ces processus, nous cherchons à identifier les informations qui pourraient inciter les consommateurs à adopter de nouveaux comportements en matière de consommation d'énergie. Cette réflexion s'appuie sur les concepts d'expérience utilisateur et d'interface persuasive.

MOTS-CLÉS

IHM, Interface persuasive, Smart Grid.

INTRODUCTION

Pour assurer son approvisionnement en électricité, la Bretagne doit faire face à des enjeux particuliers qui résultent de la conjoncture entre la faible production électrique locale, l'augmentation de cette consommation et la capacité limitée du réseau public de transport d'électricité.

Le projet SOLENN vise à tester des solutions permettant de démultiplier les actions de MDE (Maîtrise de la Demande en Energie) à l'échelle d'une collectivité territoriale ainsi qu'une alternative au délestage sur le réseau public en cas de contrainte sur le système électrique : l'écrêtement ciblé, c'est-à-dire une modulation de la puissance maximale appellable par un client résidentiel en situation d'incident ou de contrainte sur les réseaux.

Concrètement le projet consiste en l'installation de plusieurs compteurs électriques de type Linky au sein de 10000 foyers de l'agglomération lorientaise. Ces compteurs électriques, aussi appelés compteurs "intelligents" (Smart-Grid) ou "communicants", pourront recueillir, analyser et envoyer les données de consommation électrique au fournisseur d'électricité. Le fournisseur pourra contrôler et réguler, grâce à ce type de compteurs, l'énergie disponible dans chaque foyer : ce qui



Les auteurs conservent les
droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

évitera les incidents d'ordre électrique lors des pics de consommation. Les clients qui ont accès aux Nouvelles Technologies d'Information et de Communication (ordinateur, tablette, Smartphone, etc.), pourront consulter les informations à partir d'une interface, et être, ainsi, au fait de leur consommation et des modulations d'énergies.

L'acceptabilité et l'acceptation de ce dispositif constituent des problématiques majeures du projet. Pour Bobillier-Chaumon et Dubois (2009), le processus d'acceptabilité renvoie aux représentations des personnes face à une technologie future ou possible alors que le processus d'acceptation renvoie au vécu des personnes lors et suite à l'introduction des TIC. La littérature met en évidence les facteurs qui influencent négativement et positivement ces processus ainsi que les leviers qui permettent de faire évoluer les comportements en matière de consommation d'énergie. Elle montre que les interfaces (site web, applications) mises à disposition des usagers peuvent jouer un rôle essentiel.

2 FREINS ET LEVIERS POUR L'ACCEPTABILITE ET L'ACCEPTATION DES DISPOSITIFS SMART-GRID

En délivrant aux usagers de l'information sur leur consommation en temps réel, les "Smart-Grid" modifient profondément leur rapport à la consommation d'énergie. De consommateurs passifs d'énergie, ils peuvent devenir des décideurs, modifier leurs comportements et jouer un rôle dans les problématiques environnementales. Ils peuvent donc devenir des "prosommateurs" (Mah, van der Vleuten, Hills & Tao, 2012) ou des "consom'acteur", c'est-à-dire des consommateurs responsables (energy citizen).

Différentes études (Mah et al., Ibid. ; Toft, Schuitema & Thøgersen, 2014 ; Perlaviciute & Steg, 2014) ont porté sur l'acceptabilité de ces dispositifs. Elles mettent en évidence des réticences vis à vis des smart-grids qui constituent autant de "freins" à l'acceptabilité ainsi que des leviers qui, au contraire, la facilitent. Les craintes des usagers sont liées notamment à :

- l'utilisation des données transmises (crainte d'une violation de la vie privée) ;
- à la dégradation perçue de la qualité de service (l'ajustement des comportements à la disponibilité de l'énergie peut être vu comme trop "coûteux") ;
- à la complexité du dispositif.

Les principaux leviers sont relatifs à des motivations financières d'un côté et sociétales ou environnementales de l'autre. Il est à noter, cependant, que les motivations financières ne perdurent pas. Au bout d'un certain temps, les individus jugent que les efforts qu'ils fournissent sont trop élevés au regard du bénéfice qu'ils obtiennent (Goater, 2013). L'impact environnemental, quant à lui, motive sur des périodes plus longues, et ceci d'autant plus que les individus sont déjà sensibilisés aux problématiques environnementales (Gangale, Mengolini & Onyeji, 2013).

Par ailleurs, différents auteurs (Kobus, Mugge, & Schoormans, 2013 ; Goulden, Bedwell, Rennick-Egglestone, Rodden & Spence, 2014) notent le rôle important joué par les systèmes d'information dans l'acceptation du dispositif. Ce rôle peut être négatif, lorsqu'ils fournissent des données difficilement compréhensibles et qu'ils apparaissent "opaques". Ils facilitent en revanche les changements de comportement lorsqu'ils sont intégrés à un système (incluant des incitations tarifaires par exemple). Kobus et al. (Ibid.) mettent également en évidence la nécessité de concevoir une interface intuitive, modulable, ainsi que l'importance du feed-back dans les modifications de comportement. Celui-ci doit être fourni fréquemment et porter sur des applications spécifiques pour que les usagers puissent établir des liens entre une action particulière et ses conséquences. Il peut mettre également en évidence des conséquences environnementales ou financières, puisqu'il s'agit des deux principaux leviers de l'acceptabilité.

3 INFLUENCE DES INTERFACES SUR L'ACCEPTATION ET L'USAGE DU DISPOSITIF

Comme Kobus et al. (Ibid.) le soulignent, l'électricité est utilisée dans le cadre de gestes routiniers (allumer la lumière par exemple) fortement automatisés. L'enjeu consiste donc à créer de

nouvelles habitudes grâce notamment aux systèmes d'informations mis à disposition des consommateurs. Dit autrement, il s'agit de "susciter et développer des comportements durables et d'induire des changements comportementaux par le biais des technologies" (Bastien, 2012) en concevant des technologies persuasives et, plus largement, en prenant en compte l'expérience utilisateur.

3.1 Expérience utilisateur et "smart-grid"

L'expérience utilisateur correspond « aux réponses et aux perceptions d'une personne qui résultent de l'usage ou de l'anticipation de l'usage d'un produit, d'un service ou d'un système » (Norme ISO 9241-210). L'expérience utilisateur regroupe quatre domaines (Brangier & Bastien, 2010) présentés par la Figure 1.

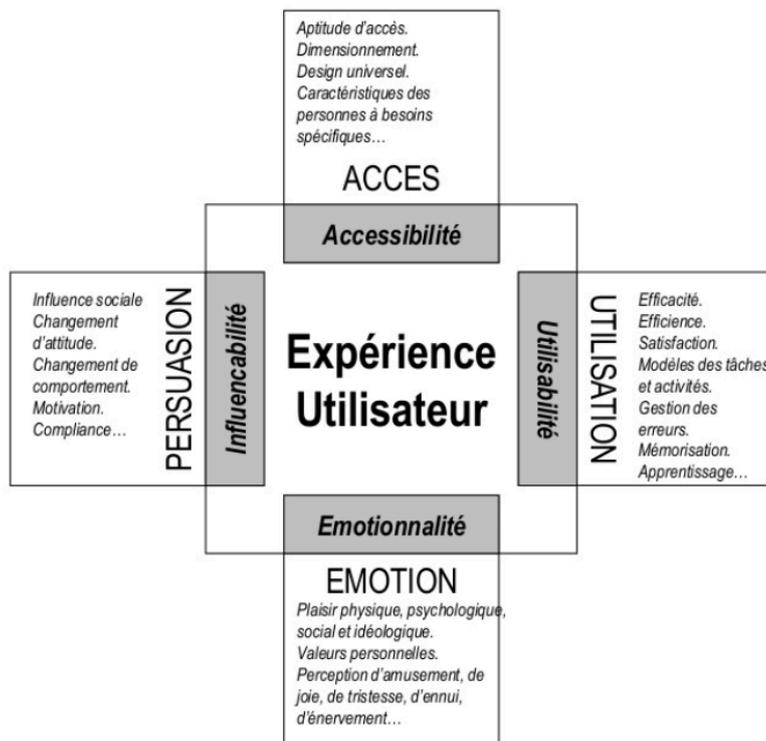


Figure 2 - Représentation schématique des différents pôles de l'expérience utilisateur

- **L'accessibilité** renvoie à la notion d'adaptation des technologies à toutes les personnes. Pour le dispositif Smart – Grid, nous pouvons envisager d'adapter l'interface à tout type de population en permettant aux utilisateurs de modifier la langue, la grosseur des caractères ou les couleurs pour les personnes ayant des déficiences visuelles, ou bien encore le niveau de complexité de l'interface (au travers de différents menus). L'accessibilité constitue une condition nécessaire à l'apparition d'une expérience.
- **L'utilisabilité** renvoie aux critères ergonomiques de conception des logiciels (Bastien & Scapin, 2004). Elle influence également l'expérience utilisateur.
- **L'émotionnalité** passe en partie par l'esthétisme du système qui est importante pour la satisfaction de l'utilisateur. Lors d'interactions avec des interfaces, les consommateurs perçoivent simultanément des qualités instrumentales telles que l'efficacité ou encore l'utilisabilité, et des qualités non-instrumentales comme l'aspect esthétique, l'aspect symbolique, etc. Ces deux impressions agissent à la fois sur l'expérience utilisateur, c'est-à-dire sur le jugement et l'intention d'usage qu'ils auront à l'égard du système et à la fois sur les réactions émotionnelles (e.g. sentiment subjectif, jugement cognitif, tendance

comportementale à l'adoption du système) (Barcenilla & Bastien, 2009). Les consommateurs manifestent donc, au cours de l'utilisation d'un produit, des réactions affectives, qui entraînent un jugement inconscient et imprécis sur le système et qui peuvent, à terme, avoir des conséquences comportementales (acceptation, fascination, perception d'utilisabilité). Dans cette optique, les dispositifs du type Smart-Grid peuvent proposer des challenges (personnel ou collectif) afin de provoquer des émotions et de faire en sorte que l'usage soit agréable et ludique (i.e. La funologie).

- L'expérience utilisateur peut influencer l'utilisateur ; il s'agit de **l'influçabilité**. Les technologies persuasives vont plus loin, puisqu'elles sont conçues avec l'intention de provoquer des modifications d'attitudes ou de comportements.

3.2 Les technologies persuasives et « smart-grid »

Les technologies persuasives sont définies comme « une tentative non coercitive de changement d'attitudes ou de comportement ou les deux » (Fogg, 2003). Fogg explique qu'elles sont conçues de façon à augmenter la motivation des individus, à augmenter leur capacité à agir et à favoriser le déclenchement des comportements (Fogg, 2009).

Les éléments de motivation identifiés par Fogg (Ibid.) sont le plaisir, l'anticipation d'un résultat positif et l'acceptation sociale (la valorisation sociale associée à l'attitude ou au comportement). Il convient, par ailleurs, d'agir sur différents éléments pour faciliter le comportement : le temps nécessaire à la réalisation de l'action, le coût financier, l'effort physique, l'effort cognitif ; par ailleurs, le comportement visé ne doit pas entraîner une déviance par rapport aux normes sociales et doit pouvoir être intégré dans une routine. Enfin, les technologies persuasives doivent intégrer des éléments qui constitueront des déclencheurs des comportements et qui agiront en renforçant les facteurs de motivation ou en facilitant la tâche à réaliser ou bien encore en faisant office de rappel.

Les technologies persuasives sont conçues dans le champ d'une nouvelle discipline, la "captologie" qui se situe à l'interface de deux champs disciplinaires : l'informatique et les IHM d'une part et la psychologie de la persuasion et de l'engagement d'autre part (Fogg, 1998). Différentes caractéristiques des interfaces persuasives font donc écho à des concepts issus de la théorie de l'engagement (Joule & Beauvois, 1998). Nemery et Brangier (2014) retiennent, ainsi, les notions d' "invitation", d' "amorçage", d' "engagement", et d' "emprise" pour caractériser les étapes du processus d'influence technologique. L'invitation initie la relation entre l'utilisateur et le dispositif. L'interface utilise une forme de dialogue (texte ou graphique) pour suggérer des actions. L'amorçage consiste à inciter l'utilisateur à réaliser la première action qui va l'engager. L'engagement renvoie au processus par lequel l'interface va impliquer progressivement l'utilisateur, au travers des louanges, des encouragements, des récompenses. Dans le cas des smart-grids, des feedbacks positifs et négatifs sont utilisés pour mettre en évidence les conséquences des comportements adoptés (d'Oca, Corgnati & Buso, 2014). Bastien (2012) souligne que les approches s'appuyant sur les motivations sociales potentialisent les effets du feedback. Le stade de l'emprise est atteint lorsque l'utilisateur a accepté la logique et les buts proposés par le média.

3.3 Les catégories d'informations à présenter

Afin de faciliter l'acceptation des smart-grid, il est important de garder à l'esprit les caractéristiques de l'expérience utilisateur (accessibilité, utilisabilité, émotionnalité et influçabilité). L'interface d'un dispositif smart-grid doit satisfaire aux critères d'accessibilité et d'utilisabilité, pour générer une expérience positive. Elle peut aussi être conçue de façon à favoriser les actions pro-environnementale, en motivant les utilisateurs et en facilitant le choix des comportements à adopter. Six catégories d'informations appelées « invariants » (Lewis, Dromacque, Brennan, Stromback, & Kennedy, 2012) remplissent ces fonctions. Le Tableau 1 les présente et met en évidence les effets recherchés pour chacune d'entre elles.

Tableau 1 - Les informations utiles pour un utilisateur de "smart-grid"

Type d'informations	Effets sur le comportement	Exemple
Comparaison à une norme sociale	Motive et engage. Influe sur les émotions en induisant un esprit de jeu et / ou de compétition.	Comparaison aux consommations de foyers présentant les mêmes caractéristiques (cf. D'Oca et al., 2014).
Comparaison à une norme individuelle	Motive et engage. Les écarts aux objectifs aident l'utilisateur à se situer ; la comparaison induit des émotions comme la joie de réussir ou la peur d'échouer.	Proposer des objectifs avec une complexité croissante (Lewis et al., Ibid).
Informations a priori : - conseils généraux ou personnalisés	Invitation. Ces conseils permettent de suggérer des modifications d'attitude ou de comportement. Un conseil particularisé à une situation précise pourrait servir à amorcer un comportement.	Fournir des recommandations générales sur les éco-gestes. Alerter en cas de consommation inhabituelle (Lewis et al., Ibid) et préconiser une action précise.
Feed-back • Feed-back immédiats : - consommation en temps réel • Feed-Back différé : - consommation journalière ou mensuelle - Impacts financiers - Impacts sur l'environnement	Permettre à l'usager de mieux comprendre les conséquences de ses actions. La présentation répétée d'associations entre les comportements, la consommation et ses conséquences doit favoriser la création de routines.	Consommation instantanée en Watt et/ ou courbe de charge mis en relation avec les appareils en fonctionnement. Consommation en kWh (totale et par appareils ou groupes d'appareils). Impacts financiers (en euros) et en CO2 (D'Oca et al., Ibid)

4 CONCLUSION

Une revue de la littérature sur l'acceptation des dispositifs "smart-grid" amène à penser que les interfaces peuvent non seulement la faciliter mais aussi favoriser l'adoption et le maintien de comportements pro-environnementaux. Les prochaines étapes de cette recherche consisteront à identifier des règles d'affichage et la fenêtre temporelle de présentation des informations identifiées comme pertinentes, puis à concevoir des maquettes et des prototypes d'une interface "persuasive". Il conviendra d'évaluer ses effets sur les usages, en situation expérimentale et au domicile des usagers, en contrôlant des variables telles que la sensibilité des participants pour les problématiques écologiques ou encore leur attrait pour les nouvelles technologies. Une étude longitudinale permettra d'évaluer dans le temps les modifications comportementales induites par ces nouveaux dispositifs. Il conviendra, enfin, de veiller à ce que soient respectées les règles d'éthique définies dans le domaine des interfaces persuasives par différents auteurs (Berdichevsky & Neuenschwander, 1999; Fogg, 2009).

5 BIBLIOGRAPHIE

- Bastien, J. M. C. (2012). Réchauffement climatique: les contributions possibles de la psychologie ergonomique et de l'interaction humain-machine à la réduction de la consommation d'énergie. *Le Travail Humain*, 75(3), 329-348.
- Bastien, J. M. C., & Scapin D. (2004). La conception de logiciels interactifs centrée sur l'utilisateur: étapes et méthodes. In Falzon, P. (Ed.), *Ergonomie* (pp. 451 – 462). Paris : PUF.

- Barcenilla, J., & Bastien, J. M. C. (2009). L'acceptabilité des nouvelles technologies : Quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ? *Le Travail Humain*, 4(72), 311 – 331.
- Berdichevsky, D., & Neuenschwander, E. (1999). Toward an ethics of persuasive technology. *Communications of the ACM*, 42(5), 51-58.
- Bobillier-Chaumon, M., & Dubois, M. (2009). L'adoption des technologies en situation professionnelle : quelles articulations possibles entre acceptabilité et acceptation? *Le travail humain*, 72(4), 355-382.
- Brangier, E., & Bastien, J. C. (2010). L'évolution de l'ergonomie des produits informatiques: accessibilité, utilisabilité, émotionnalité et influençabilité. *Ergonomie, conception de produits et services médiatisés*, 307-328.
- D'Oca, S., Corgnati, S. P., & Buso, T. (2014). Smart meters and energy savings in Italy: Determining the effectiveness of persuasive communication in dwellings. *Energy Research & Social Science*, 3, 131-142.
- Fogg, B. J. (1999). Persuasive Technologies. *Communications of the ACM*, 42(5), 26 – 29.
- Fogg, B. J. (2003). *Persuasive Technology. Using computers to change what we think and do*. Amsterdam: Morgan Kaufmann.
- Fogg, B. J. (2009). A behavior model for persuasive design. In *Proceedings of the 4th international Conference on Persuasive Technology*. ACM.
- Gangale, F., Mengolini, A., Onyeji, I. (2013) Consumer engagement: an insight from Smart Grid projects in Europe. *Energy Policy*, 60, 621 – 8.
- Goater, A. (2013). "SoEcoMDE": Analyse des facteurs socio-économiques qui entrent en jeu dans l'utilisation et l'adoption par les ménages des solutions de MDE dynamique. 2^{ème} étude internationale. (Rapport: Tâche n°2, Version 1). Valbonne: Alphééis.
- Goulden, M., Bedwell, B., Rennick-Egglestone, S., Rodden, T., & Spence, A. (2014). Smart grids, smart users? The role of the user in demand side management. *Energy Research & Social Science*, 2, 21-29.
- ISO 9241-210 (2010). Ergonomie de l'interaction homme-système - Partie 210: Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs.
- Joule, R. V., & Beauvois (1998). *La soumission librement consentie. Comment amener les gens à faire librement ce qu'ils doivent faire ?* Paris : PUF.
- Kobus, C. B., Mugge, R., & Schoormans, J. P. (2013). Washing when the sun is shining! How users interact with a household energy management system. *Ergonomics*, 56(3), 451-462.
- Lewis, P. E., Dromacque, C., Brennan, S., Stromback, J., & Kennedy, D. (2012). Empower demand 2: Energy efficiency through information and communication technology – best practice examples and guidance. Technical Report. VaasaETT, Global Energy Think Tank. [Online] Available from: www.esmig.eu/sites/default/files/final_empower_2_demand_report_final_distr2.pdf.
- Mah, D. N. Y., van der Vleuten, J. M., Hills, P., & Tao, J. (2012). Consumer perceptions of smart grid development: Results of a Hong Kong survey and policy implications. *Energy Policy*, 49, 204-216.
- Némery, A., & Brangier, E. (2014). Set of Guidelines for Persuasive Interfaces: Organization and Validation of the Criteria. *Journal of Usability Studies*, 9(3), 105-128.
- Perlaviciute, G., & Steg, L. (2014). Contextual and psychological factors shaping evaluations and acceptability of energy alternatives: Integrated review and research agenda. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, 361-381.
- Toft, M. B., Schuitema, G., & Thøgersen, J. (2014). Responsible technology acceptance: Model development and application to consumer acceptance of Smart Grid technology. *Applied Energy*, 134, 392-400.

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du projet SOLENN soutenu par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) dans le cadre des Investissements d'Avenir.

Méthode d'analyse de l'engagement dans les tâches secondaires en conduite automobile dans le cadre du projet U Drive par Data mining

Francoise Josseaume

Laboratoire d'Accidentologie, de Biomécanique et de comportement du conducteur – 92000
Nanterre
francoise.josseaume@lab-france.com

Laurette Guyonvarch

Laboratoire d'Accidentologie, de Biomécanique et de comportement du conducteur – 92000
Nanterre
laurette.guyonvarch@lab-france.com

Thierry Hermitte

Laboratoire d'Accidentologie, de Biomécanique et de comportement du conducteur – 92000
Nanterre
thierry.hermitte@lab-france.com

Luciano Ojeda

PSA Peugeot Citroën – 78943 Vélizy Villacoublay
luciano.ojeda@mpsa.com

Jean-Francois Forzy

Renault – 78280 Guyancourt
jean-francois.forzy@renault.com

Anne Guillaume

Laboratoire d'Accidentologie, de Biomécanique et de comportement du conducteur – 92000
Nanterre
anne.guillaume@lab-france.com

RÉSUMÉ

Pour répondre aux exigences de situations de conduite liées à l'introduction de nouvelles technologies dans les véhicules (système multimédia), l'étude de l'engagement du conducteur dans des tâches secondaires est un enjeu majeur. La conduite automobile est une tâche perceptivo-cognitive qui s'inscrit dans un environnement dynamique complexe. Ainsi les études naturalistiques, en équipant des véhicules clients d'enregistreurs (caméras et capteurs), fournissent les données nécessaires pour une meilleure appréhension de cette activité. Dans le cadre de l'étude naturalistique européenne U Drive, le LAB se propose de compléter son étude de l'engagement du conducteur dans des tâches secondaires via les méthodes d'analyse classiques (odds ratio et ANOVA) par l'utilisation des méthodes issues du marketing et développées dans le cadre du big data. Cet exposé présente les enjeux et la méthodologie qui seront utilisés pour étudier la distraction dans le cadre du projet U Drive.

MOTS-CLÉS

Etude naturalistique, conduite automobile, accidentologie, distraction, tache secondaire, data mining.



Les auteurs conservent les
droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

1 INTRODUCTION

La conduite automobile est une tâche complexe de type perceptivo-cognitive. Elle exige du conducteur, dans un environnement en évolution perpétuelle, une adaptation constante consommatrice de processus attentionnels nécessaires pour contrôler régulièrement l'activité et l'environnement et pour mettre en place des stratégies d'anticipation.

L'offre de services embarqués à bord des véhicules particuliers ne cesse de s'enrichir depuis quelques années. Les équipements nomades et la téléphonie cellulaire prennent place de manière habituelle à côté des usuelles fonctions de climatisation, radio et navigation. Dans ce contexte la distraction associée à l'engagement dans les tâches secondaires durant la conduite devient une préoccupation majeure.

Une connaissance approfondie du comportement du conducteur permettra aux constructeurs de concevoir les logiques d'interaction plus adaptées à la situation de conduite en cours.

2 PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESE

La distraction est reconnue depuis longtemps (Ranney. 2008) comme un des facteurs contributifs aux accidents de la route. En conduite automobile, la distraction se produit lorsque l'attention du conducteur est détournée par un élément, ou un événement, sans lien avec l'activité de conduite et au détriment de celle-ci. Plusieurs dimensions à la distraction sont distinguées :

- - Visuelle : ex. lire un panneau publicitaire
- - Motrice : ex. manipuler les boutons de la climatisation
- - Auditive : ex. écouter la discussion d'un passager
- - Cognitive : ex. évaluer l'horaire d'arrivée.

L'activité distractive combine souvent ces dimensions, et est alors classée selon l'aspect dominant de la distraction induite ou par combinaison ; à titre d'exemple, les tâches secondaires comme « chercher un objet », « envoyer un SMS » sont dites visio-motrices.

Les études sur la réalisation de tâches secondaires pendant la conduite (Engström. 2011) montrent que l'engagement dans une tâche secondaire induit souvent une modification des paramètres de conduite comme la vitesse, la distance inter-véhiculaire ou le positionnement dans la voie.

Cette adaptation de l'activité est mise en œuvre à travers des stratégies qui sont peu étudiées en situation naturelle. Ces stratégies peuvent réussir mais aussi échouer et conduire à des situations critiques voire à l'accident. Le projet U-Drive se propose de combler le manque de connaissances en s'intéressant au moment où la décision de s'engager dans une tâche secondaire est prise par le conducteur, à la façon dont l'attention est distribuée entre des tâches concomitantes et à l'impact de cette adaptation sur des indicateurs de conduite importants pour la sécurité.

Les études naturalistiques consistent à observer la conduite de sujets volontaires en conditions naturelles. La première étude de ce type, 100 Car Study (Neale et al. 2005), lancée aux Etats Unis, a permis de collecter 12 mois de données sur 100 véhicules légers. Les données comprennent des enregistrements vidéo continus de l'ensemble de la scène de conduite (intérieur et extérieur véhicule), ainsi que des données d'autres capteurs donnant des informations relatives à la performance de conduite (position dans la voie, interdistance, angle volant, accélérateur, vitesse, ...). Cette étude a permis de poser les définitions des termes accident, presque-accident et incident et de décrire ces différents événements à partir des données collectées. Les résultats montrent que dans 78% des accidents enregistrés, le conducteur était inattentif et que la tâche secondaire « texting » multiplie le risque d'accident par 23. L'étude naturalistique SHRP2 (Victor et al. 2015), actuellement en cours, poursuit ces recherches sur 3000 véhicules répartis sur le territoire américain ; ces 2 études ont servi de base au Projet U Drive, première étude naturalistique européenne.

3 MILIEU D'IMPLANTATION ET METHODE

L'étude naturalistique européenne U-Drive (Eenink et al. 2014) regroupe 10 pays dans lesquels des véhicules légers, poids lourds et deux roues motorisés sont équipés d'enregistreurs de données. Les cinq grandes thématiques de recherche sont :

- la caractérisation de la conduite normale
- les facteurs d'accidents et les risques associés
- la distraction et l'inattention
- les interactions conducteurs de véhicules légers / piétons et cyclistes
- le comportement des 2 roues
- l'éco-conduite

L'enregistrement de données se déroule sur 21 mois en continu. Les données sont mises en commun et analysées suivant les questions de recherche des différents partenaires.

La présente étude s'intéresse plus particulièrement à la distraction des conducteurs des 120 véhicules légers des quatre pays européens France, Allemagne, Angleterre et Pologne. Tous les signaux CAN (réseau multiplexé) de ces véhicules sont enregistrés et synchronisés avec des données caméra qui permettent d'évaluer le contexte routier. Une caméra active permet aussi de mesurer la position dans la voie ainsi que la présence d'obstacles, les interdistances etc... Le dispositif est conforme aux exigences imposées par le projet et chaque pays impliqué (Gellerman et al. 2014).

L'étude est complétée par la passation de questionnaires (Lai et al. 2013) sur l'attitude du conducteur quant à la recherche de sensations, son style de conduite, ...

Une phase pilote de 6 mois valide d'une part le fonctionnement des capteurs et enregistreurs et d'autre part les échanges et le stockage des données.

Elle est suivie de l'instrumentation des véhicules clients réalisée sur une période de 2 mois. La phase d'enregistrement se déroule sur 21 mois pendant lesquels les conducteurs utilisent normalement leur véhicule. Durant cette phase, des annotations vidéo sont réalisées manuellement pour identifier les éléments pertinents nécessaires aux analyses. La classification du type de tâche secondaire ainsi que le début et la fin de tâche, constituent la base de travail pour l'étude de la distraction.

La phase d'analyse débute pendant les enregistrements et se poursuit pendant 24 mois.

Une étude d'impact finalise ce processus fin 2017.

Dans ce contexte, il s'agit d'étudier l'engagement dans les tâches secondaires en 5 grandes étapes:

3.1 Mise en forme des échantillons

La première étape consiste à repérer dans les données les moments où le conducteur est engagé dans une tâche secondaire soit par l'utilisation des données du CAN véhicule pour identifier les actions sur les boutons du cockpit (façade radio, commandes sous volant, écran tactile...), soit par les annotations vidéos sur un sous-échantillon pour repérer les tâches secondaires impliquant des systèmes nomades.

3.2 Découpage des périodes d'analyse

Une fois la tâche secondaire repérée, il s'agit de définir précisément son début et sa fin ainsi que ses éventuelles interruptions. Cette étape est réalisée manuellement. A partir de ces repérages et afin de limiter les biais dus au changement du contexte routier, la variation des paramètres de conduite est évaluée en comparant trois périodes : 1) une minute avant l'engagement dans la tâche secondaire, 2) pendant l'accomplissement de la tâche secondaire 3) une minute après la tâche

secondaire. Cette comparaison se fait donc à iso-contexte en termes de trafic, conditions de luminosité, heure de la journée, type de route et par conducteur.

3.3 Pré-traitement des échantillons

Dans chacune des périodes ainsi définie, 3 types de variables coexistent :

- Variables enregistrées en continu, exemple : vitesse véhicule, position dans la voie
- Variables calculées en continu, exemple : écart à la vitesse moyenne, temps avant le franchissement de ligne (*TLC Time to Lane Crossing*)
- Indicateurs calculés sur la période d'intérêt, exemple : nombre de survitesse pendant la tâche secondaire, nombre de TLC inférieurs à un seuil critique pendant la tâche secondaire (Östlund et al. 2005)

L'étape suivante consiste à résumer et à transformer ces données quantitatives (variables continues) en données qualitatives (variables de classes) grâce à la méthode SAX (Lin et al. 2007). L'analyse statistique est réalisée à partir de ces données qualitatives.

3.4 Analyse des séquences discriminantes

Issus du marketing, les algorithmes de *sequence mining* consistent à analyser un comportement en étudiant des séquences (suite d'événements) fréquentes. Dans notre étude, l'algorithme TraMineR permet de faire une analyse des séquences discriminantes entre les périodes 1, 2 et 3 (TraMineR).

3.5 Reconstruction de l'activité du conducteur

A partir des traces d'activité recueillies en situation grâce :

- à l'annotation vidéo des tâches secondaires
- aux indicateurs de performance de conduite pertinents issus du *sequence mining* ou des méthodes statistiques usuelles (odds ratio, ANOVA)
- aux indicateurs de contexte (météo, type de route, trafic ...)
- aux caractéristiques du conducteur (âge, genre, tests de personnalité, ...)

des scénarii comportementaux sont identifiés par types de tâche secondaire et par conducteur.

4 RESULTATS

Des études méthodologiques récemment menées par le LAB ont d'ores et déjà montré l'intérêt du *sequence mining* et du *clustering* pour étudier le comportement du conducteur (Guyonvarch et al. 2015 ; Guyonvarch et al. 2014).

L'application de cette démarche dans le cadre du projet U-Drive permettra d'évaluer l'impact de l'engagement dans les tâches secondaires en prenant en compte le type de conducteur, le type de tâche, le contexte routier.

Le projet U-Drive est actuellement en phase de collecte de données.

5 DISCUSSION

Pendant le déroulement d'une étude naturalistique, aucune intervention ou présence physique n'est possible sur le lieu d'observation. Il n'y a pas non plus de questionnaire ou d'échange avec les conducteurs pendant les 21 mois d'enregistrement des données. On ne peut donc avoir accès au sens de l'action du conducteur et ainsi faciliter la compréhension de la situation. Des autoconfrontations en fin d'expérience sur des moments critiques (souvenirs vifs) l'auraient permis (non retenues par le Projet). Cependant la richesse de l'instrumentation déployée dans cette étude devrait permettre de contextualiser, pour les échantillons annotés, l'activité de conduite automobile grâce aux 7 caméras embarquées (Eenink et al. 2014).

Malheureusement, l'annotation vidéo est très coûteuse en temps et une grande partie des enregistrements vidéo ne sera pas utilisable car non annotés manuellement.

La méthodologie *sequence mining* qu'on se propose d'utiliser devrait permettre de repérer des situations où le conducteur est impliqué dans des tâches secondaires grâce à l'identification de *patterns* associant plusieurs paramètres de conduite modifiés (Pinto et al. 2001). Ainsi la connaissance des outils provenant de la *data science* pourrait servir à augmenter les fenêtres d'observation et à améliorer notre compréhension du comportement du conducteur en conduite réelle.

Par ailleurs, il serait intéressant de travailler sur l'annotation automatique des images vidéo en se focalisant par exemple sur les changements de positions de la tête, des mains et éventuellement des pieds (interaction pédales).

La mise en œuvre d'une telle étude est une opportunité pour mettre en commun de nombreux savoir-faire dans des domaines aussi différents que l'ingénierie, l'accidentologie, la *data science*, l'analyse d'images et l'ergonomie.

BIBLIOGRAPHIE

- Eenink R., Barnard Y., Baumann M., Augros X., Utesh F. (2014). *UDRIVE: the European naturalistic driving study*. TRA
- Engström J. (2011). *Understanding attention selection in driving from limited capacity to adaptive behavior*. Thesis for the degree of doctor of philosophy. Chalmers University of Technology. Göteborg
- Gellerman H., Svanberg E., Kotiranta R. (2014). *Data Protection Concept for U Drive*. Project Deliverable.
- Guyonvarch L., Lutz M., Chauvel C., Josseaume F., Guillaume A. (2014). *Data Mining for driver behavior in normal driving*. Fourth International Symposium on NDS, VTTI, USA
- Guyonvarch L., Lutz M., Chauvel C., Josseaume F., Guillaume A. (2015). *Méthodes de datamining pour étudier le comportement du conducteur à partir des données SCORE@F*. ATEC. ITS Conférence
- Lai F., Carsten O., Schmidt E., Petzoldt T., Pereira M., Alonso M., Perez O., Utesh F., Baumann M. (2013). *Study Plan for U Drive*. Project Deliverable
- Lin J., Keogh E., Wei L., Lonardi S. (2007). *Experiencing SAX: a novel symbolic representation of time series, Datamining and knowledge discovery*.
- Neale V.L., Dingus T.A., Klauer S.G., Sudweeks J. (2005). *An overview of the 100-car naturalistic study and findings*. Virginia Tech Transportation Institute. National Highway Traffic Safety Administration United States Paper Number 05-0400
- Östlund J., Peters B., Thorslund B., Engström J., Markkula G., Keinath A., Horst D., Regienov S.J., Mattes S., Foehl U. (2005). *Driving performance assessment methods and metrics*. IST-1-507674-IP
- Pinto H., Han J., Pei J., Wang K., Chen Q., Dayal U. (2001). [Multi-Dimensional Sequential Pattern Mining](#). CIKM. TRA
- Ranney T. A. (2008). *Driver distraction: a review of the current state of knowledge*. DOT HS 810 787 NHTSA
- TraMineR*. Université de Genève. <http://mephisto.unige.ch/traminer/>
- Victor T. (Principal Investigator), (Co-authors in alphabetical order) Bärghman J., Boda C-N., Dozza M. (Co-PI), Engström J., Flannagan C., Lee J.D. , Markkula G. (2015). *Analysis of Naturalistic Driving Study Data: Safer Glances, Driver Inattention, and Crash Risk*. Report S2-S08A-RW

Visualisation innovante de données issues d'eye tracking : définition et conception d'une méthode multifactorielle

Lucien Varacca

Akiani, Talence, 33400, France,
lucien.varacca@ensc.fr

Sami Lini

Akiani, Talence, 33400, France,
sami.lini@akiani.fr

Quentin Lebour

Akiani, Talence, 33400, France,
quentin.lebour@ensc.fr

RÉSUMÉ

La technique de mesure oculométrique, également appelée eye tracking, se démocratise largement de nos jours avec l'émergence de systèmes low-cost et un certain effet de mode. Les résultats les plus largement disséminés présentent les visualisations classiques du domaine : cartes de chaleur et séquences des saccades/fixations oculaires (scanpaths). Pour autant ces moyens ne fournissent pas au chercheur en ergonomie cognitive de moyen d'interprétation solide et satisfaisant. Ce dernier se tourne alors vers les outils statistiques qui lui fournissent les moyens d'évaluer quantitativement ses hypothèses mais ne tirent pas parti de l'aspect hautement graphique des données de départ et de leur potentiel en termes de communication. Cet article décrit une preuve de concept destinée à fournir un moyen de visualiser de manière plus claire et lisible des données en eye tracking et d'évaluer rapidement des hypothèses à leur propos. Cet article présente une preuve de concept

MOTS-CLÉS

Eye tracking, visualisation de données, preuve de concept, relation temps/espace, oculométrie.

1 PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Depuis quelques années, les dispositifs d'*eye tracking* sont devenus des outils populaires dans les domaines de l'ergonomie web et du marketing. 2015 est d'ailleurs annoncée comme étant l'année de l'*eye tracking* par l'entreprise spécialisée Tobii. Ces appareils enregistrant la position du regard permettent une analyse outillée des interfaces Homme-Système en fournissant un nombre conséquent de métriques telles que le temps de fixation, la vitesse de parcours, la dilatation pupillaire... Autant d'informations auxquelles les méthodes actuelles de visualisation de données s'efforcent de donner du sens.

La méthode dite du *scanpath*, que l'on pourrait traduire par « trajectoire des fixations » consiste à afficher en surimpression du média étudié l'ensemble des positions du regard mesurées. Les positions successives (saccades oculaires) sont reliées par des traits, des pastilles numérotées présentent les positions enregistrées. Le diamètre de cette pastille est parfois proportionnel au temps de fixation. Cette représentation statique d'un phénomène dynamique offre l'inconvénient majeur qu'elle devient rapidement illisible avec des appareils dont les fréquences d'échantillonnage



Les auteurs conservent les
droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

augmentent sans cesse et encore moins quand il s'agit de superposer les enregistrements de plusieurs sujets.

Des méthodes agrégatives existent en complément : ce sont les cartes de chaleur et leur inverse les cartes d'opacité. Cette représentation offre une visualisation cumulative de l'ensemble des positions enregistrées, pondérées par leur nombre ou le temps de fixation. Les valeurs ainsi obtenues sont représentées par un gradient de couleur, allant du vert (ou bleu) au rouge. Les cartes d'opacité noircissent l'ensemble du média pour ne révéler que les zones consultées suivant le même principe de gradient d'opacité en fonction du nombre (ou de la durée) de consultation de la zone. Les cartes ainsi générées offrent l'avantage d'une vue d'ensemble claire, au détriment de l'information chronologique, noyée dans la masse des informations agrégées.

Des représentations dynamiques agrégées existent. Les cartes de chaleur dynamique dessinent dynamiquement les cartes de chaleur sur une fenêtre glissante dans le temps définie par l'expert. Les *bee swarms* représentent les positions instantanées des regards d'un ensemble d'utilisateurs et se prêtent particulièrement à l'analyse de support vidéo. Mais ces visualisations se heurtent là encore à des difficultés quand les données sont très éparpillées spatialement ou temporellement et de manière générale elles ne permettent pas de communiquer sur support statique.

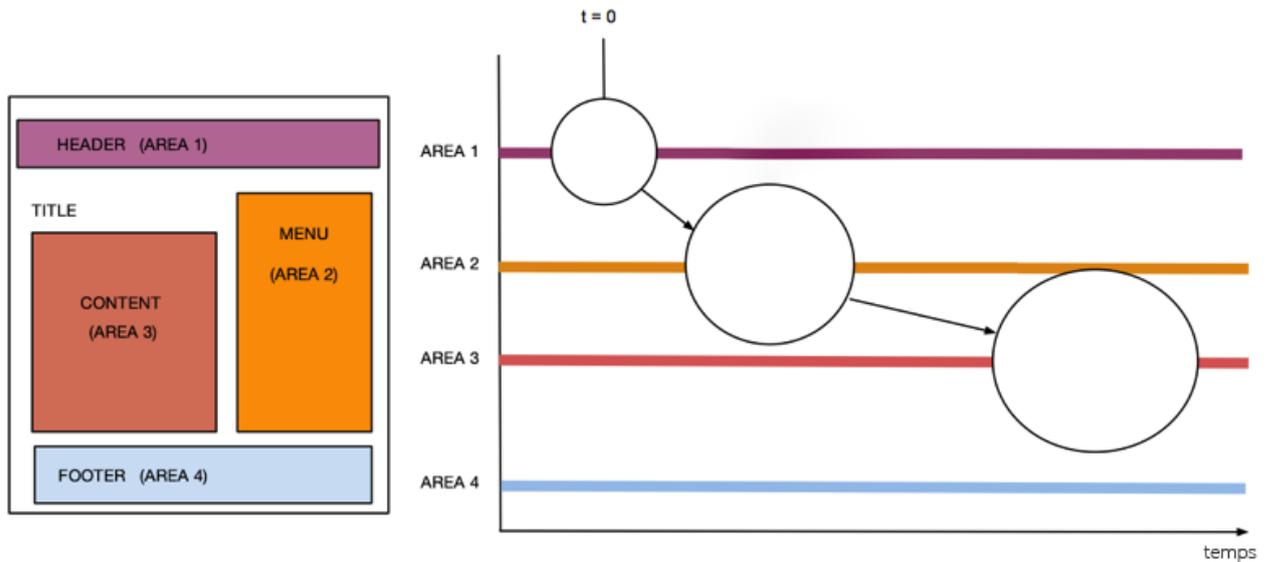
Une autre approche largement exploitée par la communauté est elle statistique : il s'agit de définir des régions du média considéré et d'étudier les propriétés des positions du regard porté dessus. On s'intéressera par exemple au nombre de fixations, aux durées consécutives ou cumulées... Ces aires d'intérêt représentent donc comme leur nom l'indique les principales zones étudiées, ce qui permet d'évaluer statistiquement les tendances observées sur les représentations graphiques présentées plus tôt. Elle a en revanche l'inconvénient majeur de ne pas être graphique et donc de ne pas permettre de communiquer aussi efficacement que les méthodes de visualisation de données.

L'hypothèse posée est donc que les moyens actuels et traditionnels de visualisation de données en *eye tracking* ne permettent qu'insuffisamment la validation d'hypothèses scientifiques et qu'il est possible de concevoir une proposition alternative qui réponde à l'impératif de communication d'un tel support et d'exigence scientifique indispensable à tout travail de recherche.

Ainsi comme Hooge et Camps (2013), il convient de s'interroger sur une représentation alternative des données *eye tracking* tirant le meilleur parti des deux approches : une représentation graphique qui fournisse un support à une approche statistique et qui constitue tant un outil de communication autour de l'étude en *eye tracking* considérée qu'un moyen pour les chercheurs de raffiner leurs conclusions. L'objectif que poursuit cet article est de poser les bases d'une proposition préliminaire de visualisation de données oculométriques qui constitue une preuve de concept.

2 PREUVE DE CONCEPT

En partant d'un besoin de représentation dans le temps des données, c'est tout naturellement qu'émerge l'idée d'offrir une représentation de la consultation des différentes aires d'intérêt dans le temps et donc de la séquence du passage de l'une à l'autre.



Préalable à la visualisation de données, des aires d'intérêt sont définies sur le média étudié. A chacune de ces aires d'intérêt est associée une ligne horizontale la représentant dans le temps. Des cercles viennent se superposer sur les lignes, leur diamètre est proportionnel au temps passé par un utilisateur sur une zone spécifique. Les flèches représentent les passages d'une aire d'intérêt à une autre. Leur longueur est quant à elle proportionnelle au temps entre deux zones.

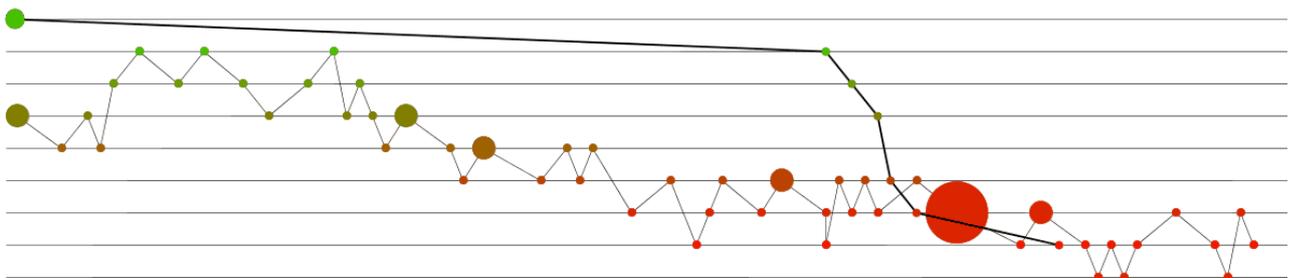
Par souci de lisibilité de l'information, deux échelles de temps se superposent : celle du temps de consultation des aires d'intérêt et celle de la durée de cette consultation

Le déroulé temporel offre une visualisation claire des statistiques individuelles pour un sujet donnée. La visualisation ainsi générée est soit statique, soit dynamique en présentant en temps réel l'évolution de la position du regard.

3 EVALUATION SUR DONNEES REELLES

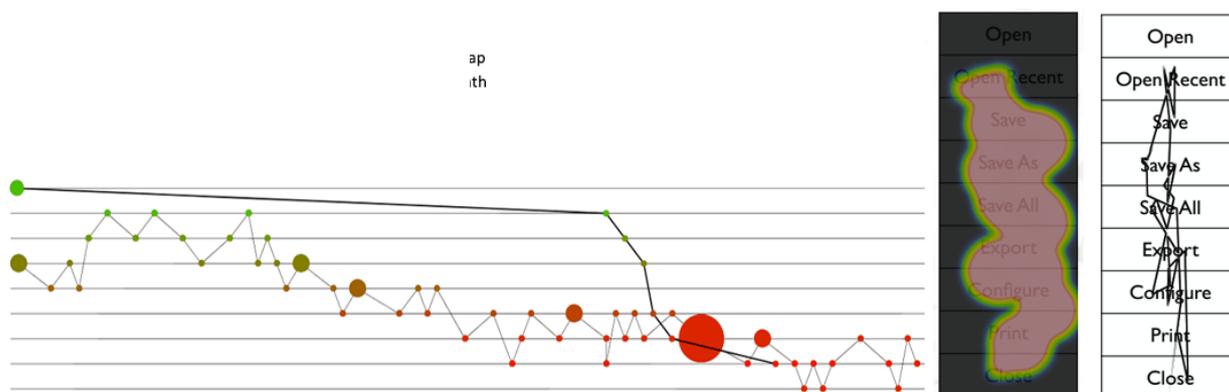
Afin d'éprouver le modèle en conditions réelles, les données de l'étude de Bailly et al. (2014) sont exploitées. L'étude porte sur le développement d'un modèle mathématique de recherche visuelle et de sélection temporelle dans des menus linéaires. A cette fin Bailly et al. réalisent une expérience en *eye tracking* et *mouse tracking* (suivi de la souris). Il est demandé aux sujets de trouver un élément dans un menu trié alphabétiquement, sémantiquement ou aléatoirement.

Un rendu est réalisé sur la base de ces données.



Ce type de représentation offre la possibilité de croiser les données. C'est ainsi qu'ici le parcours du curseur (en gras sur le rendu) et un gradient de couleur en fonction de la distance à la cible ont été ajoutés.

Il est également intéressant de comparer avec les méthodes classiques de visualisation de données : au centre, carte de chaleur, à droite *scanpath*, générés à partir des mêmes données.



Comme évoqué plus tôt, la carte de chaleur ne permet pas de communiquer d'information chronologique. Il est également intéressant de noter que l'entropie du *scanpath* augmente à mesure que l'expérience avance, le rendant peu à peu illisible. Dans le cas précis des données exploitées, la visualisation proposée permet à l'inverse d'identifier instantanément la tendance du parcours de l'utilisateur ainsi que les phénomènes de convergence pouvant exister entre le regard et l'utilisation de la souris.

Une situation intéressante peut d'ailleurs être observée sur l'exemple présenté : le curseur atteint la cible avant le regard, ce qui met en évidence le rôle de la vision périphérique dans le choix de la cible, phénomène que les systèmes d'*eye tracking* ne permettent pas de mettre en évidence usuellement.

4 DISCUSSIONS

Cet article met en évidence la possibilité de développer des méthodes de représentation de données *eye tracking* offrant un compromis entre approche qualitative offerte par les représentations de données existantes et approche quantitative statistique.

La visualisation de données conçue ouvre également des perspectives en matière de croisement d'indicateurs. Si ce sont des données de *mouse tracking* et d'autres propres à l'expérimentation de Bailly et al. (2014) qui ont ici implémentées, des métriques oculaires psychophysiques (Qiyuan et al. 1985; Beatty 1982) pourraient avantageusement être exploitées pour, par exemple, mettre en évidence la relation entre la consultation de certaines aires d'intérêt et la charge de travail induite.

Un autre défi à relever concernera l'agrégation des données de plusieurs utilisateurs. Des visualisations tentent déjà d'atteindre cet objectif, telle que l'approche des AOI sequences charts présentes dans le logiciel BeGaze de SensoMotoric Instruments. Une réflexion plus large doit ainsi être menée pour généraliser notre approche à des données agrégées.

Enfin, la question de l'usage et de l'utilisabilité d'une telle représentation de données doit être posée auprès des futurs utilisateurs. C'est ainsi que des méthodes d'évaluation subjective telles que des enquêtes peuvent être menées dans différents cadres expérimentaux et suivant divers objectifs scientifiques, tel que pratiqué par Komischke (2014).

Une piste d'étude complémentaire à cette approche consisterait à soumettre à un panel d'experts les visualisations générées par les données recueillies lors d'une campagne précédente dont les résultats ont été validés sans leur soumettre l'hypothèse de recherche et d'évaluer la capacité qu'offre la visualisation à éclairer ces sujets sur l'hypothèse initiale.

5 REFERENCES

Bailly, Gilles, Antti Oulasvirta, Duncan P Brumby, and Andrew Howes. 2014. "Model of Visual Search and Selection Time in Linear Menus." In Proceedings of the 32nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, 3865–3874. ACM.

- Beatty, Jackson. 1982. "Phasic Not Tonic Pupillary Responses Vary With Auditory Vigilance Performance." *Psychophysiology* 19 (2) (March): 167–172. doi:10.1111/j.1469-8986.1982.tb02540.x. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-8986.1982.tb02540.x>.
- Hooge, Ignace, and Guido Camps. 2013. "Scan Path Entropy and Arrow Plots: Capturing Scanning Behavior of Multiple Observers." *Frontiers in Psychology* 4.
- Komischke, Tobias. 2014. "User-Centered Data Visualization." World Usability Congress.
- Qiyuan, Jiang, François Richer, Brennis L. Wagoner, and Jackson Beatty. 1985. "The Pupil and Stimulus Probability." *Psychophysiology* 22 (5) (September): 530–534. doi:10.1111/j.1469-8986.1985.tb01645.x. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-8986.1985.tb01645.x>.

Coopération d'acteurs disciplinaires différents dans l'amélioration de l'ergonomie des interfaces – Exemple de la veille sanitaire de défense

Éric Charron

Service de Veille Sanitaire - CESPA- UMR 912-SESSTIM
GSBdD Marseille Aubagne- 111 avenue de la Corse- BP 40026 -13568 Marseille Cedex 02.
charron.eric@hotmail.fr

Marc Tanti

Service de Veille Sanitaire - CESPA- UMR 912-SESSTIM
GSBdD Marseille Aubagne- 111 avenue de la Corse- BP 40026 -13568 Marseille Cedex 02.
mtanti@gmx.fr

RÉSUMÉ

Pour répondre à son besoin d'informations sanitaires, le Service de Santé des Armées a développé en 2004 un système de veille sanitaire qui met à disposition de ses utilisateurs un ensemble de ressources sur le risque biologique et chimique. La mise à jour des contenus et de l'ergonomie des interfaces de ce système s'effectue par un travail coopératif nécessitant quatre acteurs. Un cyberdocumentaliste qui collecte et analyse les documents primaires. Des experts, sous forme de collègues, qui reformatent les contenus documentaires en information utile pour l'utilisateur. Un trio composé d'un ingénieur systèmes-d'informations, d'un technicien réseau et d'un webmestre, qui conçoit et maintient les contenus et interfaces du système. Un ergonomiste qui a pour mission de contribuer à la conception et à l'adaptation du système, y compris des interfaces de navigation à leurs utilisateurs. Cet article présente ces différents acteurs et un exemple de travail coopératif dans le but d'améliorer l'ergonomie des interfaces du système. Il décrit les interactions pour proposer de nouvelles solutions d'interfaces par prototypage itératif.

MOTS-CLÉS

Travail coopératif, ergonomie, acteur, interfaces, veille sanitaire de défense.

1 INTRODUCTION

Pour répondre à son besoin d'informations sanitaires, le Service de Santé des Armées a développé en 2004 un système de veille sanitaire qui met à disposition de ses usagers (médecins, pharmaciens ...) un ensemble de ressources sur le risque biologique et chimique en opération. Son architecture est une architecture hypertexte qui permet de parcourir les contenus par navigation. L'accès se fait via un index alphabétique et un moteur de recherche. La problématique qui se pose est de savoir comment s'effectue la mise à jour des contenus et de l'ergonomie des interfaces d'un tel système ? C'est une activité collective, pluridisciplinaire, nécessitant la coopération d'acteurs venant de domaines d'expertise et de disciplines scientifiques différentes. Cet article a pour objectif de présenter ces différents acteurs et leur travail coopératif dans le but commun d'améliorer l'ergonomie des interfaces et les contenus.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

2 TRAVAIL COOPERATIF

Le travail coopératif est un concept ancien. Il y a déjà deux siècles, Adam Smith soulignait l'importance du travail coopératif dans son texte sur la « fabrique d'épingles » (Smith, 1776). En effet, si dix ouvriers travaillent chacun de leur côté, ils ne parviennent pas à produire plus de 20 épingles par jour et par ouvrier. S'ils travaillent ensemble et se spécialisent chacun dans une étape de la fabrication, les cadences montent à 4 800 épingles par ouvrier et par jour !

Le travail coopératif (Barthe, 1999) est un travail de groupe hiérarchiquement organisé qui fonctionne suivant un planning impliquant des délais, mais surtout un partage des tâches (coordination). Chaque intervenant sait ce qu'il doit faire dès le début et communique, échange ou partage des éléments uniquement pour arriver à son objectif individuel. A la fin, le travail de chacun est relié pour créer un objet unique de travail. Le travail se fait par addition de travaux individuels. Les rapports sont très souvent verticaux. Le mode de communication est plutôt asynchrone même si le travail synchrone n'est pas impossible. Le travail individuel est facilement identifiable à la fin

Le travail coopératif (Barthe, 1999) se différencie du travail collaboratif qui est un travail de groupe d'égal à égal (sans lien hiérarchique de commandement ou d'impulsion) et qui fonctionne sans véritable organisation préalable (coordination). Chaque intervenant apporte son savoir, son idée en pouvant ou non s'inspirer des apports réalisés précédemment par les autres. Il se fait par accumulations et modifications permanentes. Les rapports sont souvent horizontaux. Le mode de communication est plutôt synchrone. A la différence du coopératif, le travail individuel en collaboratif, est difficilement identifiable à la fin.

En conclusion, le travail coopératif est finalisé, actif et organisé dans le temps. Le travail est coordonné, c'est-à-dire que les actions sont agencées dans un certain ordre afin d'atteindre le but final de manière efficace.

Le travail coopératif, avec l'émergence des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication a trouvé de nombreux domaines applicatifs (conception collective, apprentissage en collaboration, développement de logiciel libre sur Internet par des communautés de programmeurs...).

3 LES ACTEURS

Dans notre étude, le travail coopératif a pour objectif d'améliorer l'ergonomie des interfaces et les contenus du système de veille sanitaire des armées françaises. Il met en coopération un groupe d'acteurs organisé et coordonné dans le temps et dans l'espace. Chaque acteur a des missions spécifiques dans son champ « métier ». Il partage des éléments avec les autres acteurs uniquement pour arriver à atteindre son objectif individuel. A la fin, le travail de chacun est relié pour créer l'objet unique du travail qui est l'amélioration des contenus et des interfaces. Cet objectif va être atteint par addition des travaux individuels de chaque acteur. Le mode de communication entre les individus se fait principalement de manière synchrone. Mais, il peut se faire aussi de manière asynchrone.

Chaque acteur ayant une compétence « métier » spécifique, il apporte son savoir individuel au profit de la collectivité et de l'objectif individuel à atteindre. Le travail se fait par accumulations et modifications permanentes, principalement de manière horizontale et via des boucles de rétroaction.

Dans ce travail coopératif, sont impliqués quatre acteurs, mais aussi quatre métiers, dont nous allons décrire les fonctions pour atteindre l'objectif collectif.

3.1 Le cyberdocumentaliste

C'est l'acteur qui alimente le système. Il possède une fonction principale de médiateur des documents. Selon la définition de Latour B.,: « Il n'est pas seulement un intermédiaire... Il n'est pas seulement un moyen pour une fin. Il est à la fois moyen et fin... C'est à la fois un acteur social, un

agent, un actif » (Latour, 1993). Il possède une très bonne pratique des bases de données sanitaires du web ainsi que des mots-clefs et des équations de recherches en langage booléen. Il possède aussi une bonne maîtrise des outils de la collecte de l'information médicale de type pull, push et fils RSS (Really Simple Syndication) afin d'être informé rapidement à chaque nouveauté (Tanti, 2008). Par la technologie pull, il se rend ainsi directement et régulièrement sur des sources de documents dans les domaines d'intérêt de la veille sanitaire de défense. C'est lui qui choisit la fréquence de consultation et les sites à consulter. Par exemple, il consulte régulièrement les notices bibliographiques et les documents en texte intégral de la base de données bibliographique en sciences biologiques et médicales, Medline. Il reçoit, par courriel, la revue *Emerging Infectious Diseases* publiée par le CDC d'Atlanta. Enfin, par les fils RSS, il reçoit les nouveautés du journal *Military Medicine*.

Dans le domaine de la santé, qui est par définition très sensible puisqu'il touche l'être humain, la transmission d'une information fautive, incomplète ou biaisée peut être très dangereuse. Le cyberdocumentaliste doit donc analyser et évaluer la masse pléthorique d'informations qu'il a collectée pour ne sélectionner que les éléments fiables, crédibles et indispensables. Dans cette optique, il recoupe les sources d'informations.

Ensuite, il classe, indexe, conserve et met en scène les documents électroniques collectés dans le système. La recherche, l'analyse et le classement d'informations est un processus chronophage. C'est un processus itératif avec des boucles de rétroaction, notamment quand les informations collectées correspondent à du « bruit » ou du « silence ». Son activité est donc permanente car le système doit sans cesse être mis à jour avec de l'information fraîche et validée et qui tient compte également de l'évolution de l'actualité sanitaire.

Une fois ces séries de tâches itératives effectuées, il coopère avec les deuxièmes acteurs en leur transmettant les informations collectées et analysées : les experts du système.

3.2 Les experts

Deuxièmes acteurs impliqués dans le temps de ce travail coopératif, ils apportent une expertise au contenu collecté, souvent sous la forme de collèges. Cette fonction de médiation des contenus est exercée par des experts du risque Biologique et Chimique (médecins, scientifiques, vétérinaires, chimistes) qui apportent leurs compétences à la fois scientifiques et militaires.

A partir des documents transmis par le cyberdocumentaliste, ils rédigent les contenus sous forme de synthèses documentaires, qu'ils mettent régulièrement à jour en fonction des bouleversements sanitaires. Ils remodelent et adaptent ce contenu notamment en le rédigeant en français, quelle que soit la langue de la source, pour le rendre compréhensible à tous les utilisateurs. La structure du contenu est normalisée dans une procédure qualité. Pour une meilleure lisibilité, cette procédure demande à l'expert d'utiliser des phrases courtes (autour de quinze mots par phrase), une syntaxe simple et un style direct. La procédure recommande également des paragraphes courts et d'éviter de dépasser cinq paragraphes par page. Trois types de synthèses sont ainsi proposés. La première synthèse prend la forme d'une fiche de deux pages sur l'état sanitaire d'un pays où des forces militaires sont ou risquent d'être stationnées. Cette fiche contient des métadonnées définies dans la procédure. Les principales métadonnées sont la situation géopolitique du pays, les risques sanitaires de type bactériens, viraux, parasitaires mais aussi toxiques et industriels rencontrés dans la région et une bibliographie. Le deuxième type de synthèse reprend sous la forme de flashes, les derniers événements sanitaires du pays. Le troisième type de produit documentaire est un document d'au minimum dix pages, qui reprend la même architecture que la fiche de deux pages, mais avec un contenu beaucoup plus exhaustif.

Pour une meilleure exhaustivité du contenu, ces acteurs travaillent en étroite collaboration avec les attachés de défense projetés sur les théâtres d'opérations qui lui font ainsi remonter des informations sanitaires qu'ils auraient pu collecter du terrain. Ils coopèrent également avec les médecins militaires qui surveillent l'état de santé des forces en opération et qui pourraient

transmettre de par leur implication sur le terrain des signaux épidémiologiques faibles en émergence. Dans cette optique, ils entretiennent des contacts étroits avec les acteurs du système d'alerte et de surveillance épidémiologique en temps réel dans les armées qui ont mis au point la plateforme ASTER (Alerte et Surveillance en TEMps Réel) qui permet notamment aux médecins militaires en unités d'alerter, par satellites, ces acteurs de l'émergence d'une épidémie (Chaudet, 2007 & Pellegrin, 2010).

Ils coopèrent de manière permanente avec le cyberdocumentaliste en réorientant régulièrement les thèmes de recherches et la classification. Se créent alors des boucles de rétrocontrôles itératives.

Enfin, une fois les produits documentaires réalisés, ils coopèrent avec le trio ingénieur système/technicien réseau/webmestre et avec l'ergonome pour diffuser dans le système les contenus définitifs et pour améliorer l'architecture d'informations, l'ergonomie et le webdesign des interfaces de navigation.

3.3 L'ergonome

C'est le médiateur des usages. Il a pour mission de contribuer à la conception et à l'adaptation du système documentaire, y compris des interfaces de navigation à leurs utilisateurs.

Il analyse et décrit les tâches et les activités des utilisateurs dans le cadre de leur travail, en situation d'interaction avec ces systèmes. Dans ce contexte, il a pour objectif de structurer ce système documentaire autour de l'activité de ses utilisateurs en tenant compte plus spécifiquement des processus cognitifs en jeu (perception, compréhension, raisonnement, ou encore mémoire, charge mentale performance et prise de décision) et des caractéristiques des différents profils d'utilisateurs, conséquences de différentes expertises et contextes professionnels (Chaudet & al, 2004). Il coopère donc directement avec l'utilisateur du système.

Il intervient dans le design informationnel du système pour en faciliter l'appréhension et la compréhension de l'information par le lecteur (Habert, 2012). Le design informationnel fait appel à des notions plus larges que le « dessin ». Il prône une approche globale de l'information : que faut-il faire émerger ? Comment donner envie de consommer l'information ? Pour répondre à ces diverses attentes, la typographie, le graphisme, l'aspect visuel, l'ergonomie de navigation jouent un rôle très important qui font l'objet de diverses recommandations qui ont pour but d'éviter la désorientation de l'utilisateur, le repérage rapide de l'information utile et une maximisation de l'utilisabilité du système (Rufino & Tricot, 1994).

Par exemple, l'ergonome tient compte des recommandations faites sur l'ergonomie profonde du système. La première des règles est de faire correspondre le contenu au besoin de l'utilisateur, plus qu'à la satisfaction narcissique des médiateurs. Il est recommandé de minimiser les temps de chargement et de proposer des versions imprimables des documents.

Les recommandations prônent de faciliter une vision globale de l'information, avec un niveau de complexité le plus bas possible où la règle des trois clics est respectée au maximum. L'utilisateur, dans cette navigation, doit savoir où il se situe et ce qu'il peut encore aller voir. Enfin la scénarisation doit être conçue autour d'un ou deux parcours types avec quelques variations, afin de définir un système cohérent de contraintes et d'aides et permettre l'accès rapide et facile à l'information importante. Le médiateur des usages doit également tenir compte des recommandations sur l'ergonomie de surface du système qui prônent d'éviter l'abus des ascenseurs horizontaux, des animations, notamment celles qui sont trop voyantes ou proches d'un texte trop long à lire. Il est aussi recommandé pour une lisibilité typographique, d'éviter des polices de caractères trop petites (pas moins d'un corps 10 pour du Times), de gérer les blancs (de quarante à soixante pour cent) et d'être sobre dans les couleurs de fond.

A la fin, l'ergonome établit un diagnostic de la situation. Il propose ses recommandations d'organisation des contenus et des interfaces en étroite coopération avec l'utilisateur, le cyberdocumentaliste, les experts et le trio « ingénieur-systèmes d'informations/technicien système-réseaux/webmestre ».

Ces recommandations sont ensuite conçues et développées en fonction des contraintes métiers et systèmes par le trio informatique.

3.4 Le trio ingénieur systèmes, technicien réseau et webmestre

Ce trio travaille de manière coopérative en permanence et en permanence avec les autres acteurs du système et les usagers. Chacune de leur tâche est bien définie dans l'objectif commun d'organiser, concevoir et maintenir les contenus et interfaces du système.

L'ingénieur systèmes-d'informations coopère avec le cyberdocumentaliste et les utilisateurs du système pour définir le cahier des charges éditoriales, de contenu et des usages.

Il conçoit l'architecture d'informations et graphique proposé par l'ergonome dans son diagnostic. L'architecture d'information se définit comme la structure d'organisation sous-sous-jacente au système de contenu pour en faciliter la prise d'informations (Hoeben, 2012).

Concernant un site, ce qui est le cas du système décrit ici, c'est la structure conceptuelle de ce système. C'est-à-dire la structure qui définit les emplacements et interactions des différents contenus. Cette structure représente les fondations de l'interface qui permettront ainsi à l'utilisateur de se repérer et de naviguer facilement. Selon Krug : « l'organisation des informations et la navigation représente le site lui-même, sa structure fondamentale, permettant de définir un ici et un ailleurs » (Krug, 2000).

Dans la veille sanitaire de défense, le premier objectif de l'ingénieur systèmes d'informations a consisté à trouver un système d'organisation des informations adapté aux recommandations de l'ergonome, qui elles-mêmes permettent aux utilisateurs des tâches de recherche optimum. Il a donc dû développer une interface et une profondeur d'application web qui leur étaient adaptées, tout en respectant les contraintes informatiques inhérentes à tout système de conception informatique. Le deuxième objectif a été pour lui d'anticiper sur les futurs besoins pour fournir à l'utilisateur des informations importantes aux endroits pertinents.

Pour répondre à ces deux objectifs, trois étapes ont été importantes. Il a d'abord en amont, organisé les contenus en collaboration avec les autres acteurs. Ensuite en aval, il a présenté et éditorialisé les données (leur classement thématique, la navigation). Enfin, il a choisi les outils informatiques les mieux adaptés à la conception, la pérennité et l'interopérabilité du système. Il a également choisi les outils informatiques permettant les fonctions de recherches simples et avancées. Sa mission ne s'est pas arrêtée là puisqu'il a défini ensuite avec le technicien système-réseau l'architecture globale du réseau informatique, l'hébergement du système et son référencement.

Le technicien système-réseau

C'est lui qui a en charge l'installation et la maintenance du système. C'est lui qui contrôle et gère l'ensemble des flux d'informations circulants sur le réseau informatique. Il adapte le réseau aux attentes et aux besoins des usagers et se charge de son bon fonctionnement au quotidien. Enfin, il gère les accès des usagers. Il travaille en étroite coopération avec l'ingénieur systèmes et le webmestre.

Le webmestre

Il intervient dans l'intégration quotidienne des nouveaux contenus et dans l'animation de la plate-forme d'informations sur l'intranet. Il agit en étroite coopération avec l'ergonome pour veiller au respect des recommandations d'organisation des contenus et des interfaces établis lors de son

diagnostic. Il agit aussi en étroite collaboration avec l'ingénieur systèmes d'informations pour maintenir le respect de l'architecture d'information et du design informationnel.

L'ensemble de ces acteurs travaille donc en constante concertation avec l'ergonome pour sans cesse améliorer les interfaces de navigation et la charge cognitive des usagers. Ils coopèrent régulièrement avec le cyberdocumentaliste et les experts pour intégrer et actualiser les contenus. Ils travaillent de manière régulière avec l'utilisateur pour maintenir un système sans cesse opérationnel.

Nous proposons de schématiser cette coopération en figure 1 (cf. Fig. 1 : Coopération des acteurs du système) et de décrire ce travail coopératif de manière concrète lors de la révision complète de l'interface d'accueil et de navigation réalisé en 2010.

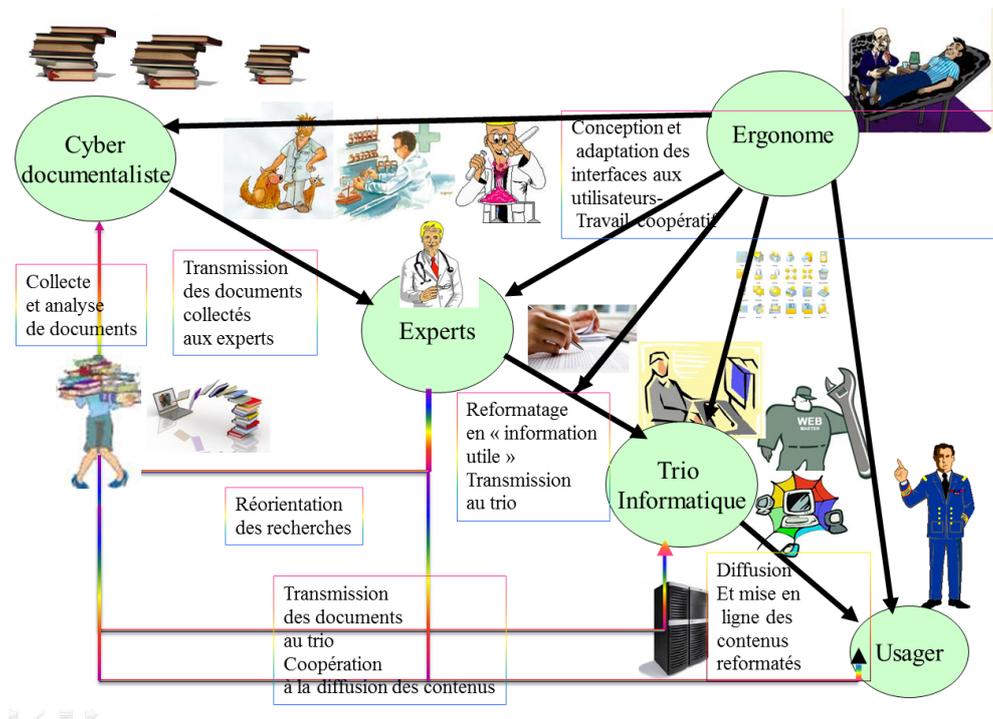


Figure 1 : Coopération des acteurs du système

4 EXEMPLE DE COOPERATION POUR L'AMELIORATION DES INTERFACES

Le système de veille, conçu à partir de 2004, met à disposition de ses usagers un ensemble de ressources documentaires sur le risque biologique, chimique et vétérinaire en opération. Le système a une architecture hypertexte permettant de parcourir les contenus par navigation. L'accès se fait à partir d'un index alphabétique ou via un moteur de recherche.

Une analyse du besoin des usagers a été faite en 2010 par un questionnaire adressé en ligne à 300 utilisateurs du système. Cents-une réponses ont été obtenues et 77% des répondants ont soulevé la demande d'une révision complète de l'interface d'accueil et de navigation, ainsi que du contenu du volet chimique.

Pour répondre à ce besoin, une évaluation à posteriori de l'interface homme-machine existante a été effectuée par l'ergonome du système. Cette évaluation utilise, outre les recommandations globales sur l'ergonomie profonde et de surface décrites précédemment, les critères ergonomiques pour l'évaluation des interfaces utilisateurs de Bastien JMC. Scapin DL. (Bastien et Scapin, 1993) associé aux règles d'évaluation heuristique de Nielsen J. (Nielsen, 1993). Ces différents critères permettent ainsi d'orienter le choix de modification des interfaces existantes afin d'améliorer l'usage des utilisateurs du système ainsi que leur satisfaction. Selon ces recommandations, un ensemble de critères doivent être systématiquement évalués : le guidage, la charge de travail, le contrôle explicite,

l'adaptabilité, la gestion des erreurs, l'homogénéité/la cohérence, la signifiante des codes/ des dénominations, la compatibilité... Une fois ces critères évalués sur l'ensemble du système, l'ergonome a réalisé une nouvelle maquette du système tenant compte de ces recommandations sous forme d'un story-board. Celle-ci présente l'architecture complète du futur site proposé, les pages clés (ou les gabarits) dans le but de représenter la structure des pages du nouveau site (et des applications) proposées.

Cette maquette a été proposée successivement aux experts, au cyberdocumentaliste et à un échantillon d'utilisateurs du système. Le travail coopératif a alors commencé. De nombreuses modifications d'ergonomie, notamment de surface et de typographie des contenus, ainsi que de choix d'hyperliens a été demandé par tous les acteurs. Après d'autres modifications de surface demandé par l'ingénieur système, un premier prototype horizontal et vertical intégrant une nouvelle page d'accueil avec une nouvelle interface de navigation et des fenêtres d'application a été réalisé. Celui-ci a été évalué à nouveau par les utilisateurs et les acteurs et a été amélioré progressivement en fonction des problèmes rencontrés.

Concernant l'évolution de la page d'accueil du volet chimique, elle est vue par tous les visiteurs du site. C'est donc à sa lecture que l'utilisateur se construit une première impression du site qui influencera le reste de sa visite. L'évolution proposée par les acteurs, dont notamment les experts et le cyberdocumentaliste, présente le contenu tout en donnant à l'utilisateur les moyens de pousser plus loin et plus efficacement sa visite. Trois éléments primordiaux sont donc progressivement apparus à leur demande: l'identité du site, des informations utiles et les fondements de la navigation. Les intranutes qui s'orientent sur cette page d'accueil savent en principe ce qu'ils viennent y chercher. Cela signifie donc que son caractère informatif et identitaire est limité.

L'ergonome s'est donc ainsi focalisé principalement sur la navigation et l'accès à l'information, notamment sur le positionnement des systèmes de navigation ou « Zoning » de la page d'accueil qui consiste à définir visuellement les grands espaces d'actions de l'interface sur lesquels l'utilisateur devra interagir, tout en limitant la densité informationnelle. Pour résoudre ce problème, l'ergonome s'est inspiré notamment de la charte ergonomique des sites internet, diffusée par le Ministère du Budget, des Comptes publics et de la Fonction publique. La page d'accueil a ainsi été organisée en quatre grands espaces d'actions : contenu d'intérêt, navigation, fonctionnalités, territoire de marque.

L'ergonome a également pris en compte la problématique de transition car l'outil déjà existant est utilisé quotidiennement par des centaines d'utilisateurs. L'architecture d'information et de l'interface a finalement été révisée en profondeur. De nouvelles fonctionnalités ont été intégrées. Pour permettre la transition au nouveau système, et pour que les usagers ne perdent pas leur expertise à naviguer, l'identité et le design informationnel de l'ancienne interface ont été conservées. A la demande des usagers interrogés, des éléments de contenus ont été supprimés et d'autres rajoutés. Ce travail de mise à jour s'est fait en coopération avec le cyberdocumentaliste et les experts qui ont recherché les documents attendus.

Le webmestre a ensuite reformaté les contenus et a conçu de manière informatique la nouvelle architecture d'informations. Enfin, le prototype a subi deux derniers tests, celui de perception et d'utilisabilité, pour évaluer et réajuster l'outil en fonction de la perception ou de l'utilisation qui en est faite par l'utilisateur. Le test de perception a permis d'évaluer la compréhension de l'interface. Il consiste à présenter à l'utilisateur les principales fenêtres de l'outil. Sans toucher à la souris, l'observateur demande à l'utilisateur d'expliquer comment il interprète les informations affichées à l'écran et de décrire le comportement qu'il attend du logiciel. Le test d'utilisabilité permet d'identifier les problèmes résiduels jusqu'à ce qu'ils soient corrigés pour finalement donner un prototype finalisé.

C'est ce prototype finalisé qui a fait l'objet d'une intégration dans le système par le trio informatique en tenant compte de leurs contraintes informatiques, du design informationnel et des logiciels métiers.

En conclusion, les différents prototypes réalisés en concertation ont permis d'identifier les problèmes, d'analyser leurs causes pour proposer de nouvelles solutions mises en œuvre dans le prototype suivant, permettant ainsi un travail de coopération itératif. Le système complet s'est construit ainsi progressivement par coopérations successives, chaque coopération étant un prototypage.

5 CONCLUSION

Le Service de Santé des Armées a développé en 2004 un système de veille sanitaire pour répondre à son besoin d'informations sanitaires. Ce système a une architecture hypertexte et met à disposition de ses usagers un ensemble de ressources sur le risque biologique et chimique en opération. La mise à jour des contenus et de l'ergonomie des interfaces de ce système s'effectue par un travail coopératif nécessitant le travail de quatre acteurs. Un cyberdocumentaliste qui collecte et analyse les documents primaires. Les experts qui reformatent les contenus documentaires en information utile pour l'utilisateur. Un trio informatique composé d'un ingénieur systèmes, d'un technicien réseau et d'un webmestre, qui conçoit et maintient les contenus et interfaces du système et un ergonomiste qui a pour mission de contribuer à la conception et à l'adaptation du système documentaire, y compris des interfaces de navigation à leurs utilisateurs.

Cet article a présenté ces différents acteurs et un exemple de travail coopératif dans le but commun d'améliorer l'ergonomie des interfaces du système. L'exemple proposé a permis de décrire les interactions et enrichissements mutuels des différents spécialistes pour identifier les problèmes, analyser leurs causes et proposer de nouvelles solutions d'interfaces mises en œuvre dans les prototypes suivants, permettant ainsi un travail de coopération itérative par prototypage. Pour ouvrir une discussion, il serait intéressant d'analyser quels ont été les compromis faits par les différents acteurs dans ce travail coopératif, notamment techniques, mais surtout humains. A notre sens la coopération constituant une véritable « science du compromis » qu'il serait intéressant d'interroger comme une science.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Barthe B., Quéinnec Y. (1999). Terminologie et perspectives d'analyse du travail collectif en ergonomie. *L'année psychologique*, 99(4), 663-686
- Bastien J.M.C. & Sapin D. (1993). *Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer interfaces*. France : INRIA.
- Chaudet H. & al. (2007). A Model-Based Architecture for Supporting Situational Diagnosis in Real-Time Surveillance Systems. *Advances in Disease Surveillance*, 152.
- Chaudet H. & al. (2004). Evaluating the Use of a Comprehensive Pretravel Database by Travel Medicine Experts and Novices for Advice Building. *Journal of Travel Medicine*, 11, 148-156.
- Habert B. (2012). Métiers et compétences- Architecte de l'information : un métier. *Documentaliste-Sciences de l'information*, 49 (1), 4-9.
- Hoeben N, (2012). Qu'est-ce qu'un architecte de l'information ?. *Bulletin des Bibliothèques de France*, 3, 93-94.
- Kug S. (2000). *Don't Make Me Think: A Common Sense Approach to Web Usability*. Indianapolis : New Riders.
- Latour B. (1993). *La Clé de Berlin : et autres leçons d'un amateur de sciences*. Paris : La Découverte.
- Nielsen J. (1993). *Usability Engineering*, Boston : Academic Press.
- Pellegrin L. & al. (2010). Collaborative Activities During an Outbreak Early Warning Assisted by a Decision-Supported System (ASTER). *International Journal of Human Computer Interaction*, 26 (2-3), 262-277.

- Rufino A. & Tricot A. (1994), Les représentations professionnelles des élèves des collèges et des lycées. Étude préparatoire à la mise au point d'un logiciel d'auto documentation assisté par ordinateur. *L'Orientation Scolaire et Professionnelle*, 23 (2), 1994, 215-231.
- Smith A. (1776). *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations*. Paris : Édition Folio Essais.
- Tanti M. & al. (2008), La veille sanitaire de défense - Méthodologies et logiciels. *Bladen voor documentatie*, 2, 15-21.

Cartes conceptuelles pour la formation : rôle des connaissances antérieures et de la consigne

Aline Chevalier

Université Toulouse Jean Jaurès, MDR, Laboratoire CLLE (CNRS UMR 5263), 5 allées A. Machado,
31058 Toulouse cedex, France
aline.chevalier@univ-tlse2.fr

Julien Cegarra

Laboratoire CSDV (ISAE)
CUFR, Place de Verdun, 81012 Albi, France
julien.cegarr@univ-jfc.fr

Franck Amadiou

Université Toulouse Jean Jaurès, MDR, Laboratoire CLLE (CNRS UMR 5263), 5 allées A. Machado,
31058 Toulouse cedex, France
amadiou@univ-tlse2.fr

Julie Lemarié

Université Toulouse Jean Jaurès, MDR, Laboratoire CLLE (CNRS UMR 5263), 5 allées A. Machado,
31058 Toulouse cedex, France
lemarie@univ-tlse2.fr

Ladislao Salmeron

Department of Developmental and Educational Psychology, University of Valencia, Avda. Blasco
Ibáñez, 21, 46010 Valencia, Spain
lasalgon@uv.es

RÉSUMÉ

L'étude présentée vise à déterminer le rôle des connaissances antérieures dans la construction de cartes conceptuelles, dans la mémorisation et l'apprentissage de connaissances issues d'un domaine de connaissances précis (l'effet de serre pour notre étude), en fonction de la consigne donnée (orienté la base de textes vs vers la construction d'un modèle de situation). Des étudiants de psychologie (avec peu de connaissances sur l'effet de serre) et des étudiants de biologie (avec un niveau élevé de connaissances sur l'effet de serre) ont participé à l'étude. Après avoir construit des cartes conceptuelles, les participants devaient répondre à des questions et évaluer leur charge cognitive. Les principaux résultats ne mettent pas en évidence de différence significative entre les groupes concernant les actions de construction des cartes conceptuelles. Toutefois, cette construction favorise l'activité d'apprentissage des participants disposant d'un niveau élevé de connaissances antérieures, quelle que soit la consigne attribuée. La consigne a eu un effet sur les scores obtenus aux items portant sur la macrostructure des textes et de façon surprenante c'est la consigne qui oriente les participants vers la focalisation sur les éléments de la base de texte qui engendre les meilleures performances.

MOTS-CLÉS

Connaissances antérieures ; cartes conceptuelles ; mémorisation ; compréhension.



Les auteurs conservent les
droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015)*, Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015. Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

1 INTRODUCTION

Les documents électroniques, tels que les sites web, les logiciels, etc., font désormais partie de notre quotidien que cela soit dans le cadre professionnel, personnel ou de formation. Plus précisément, dans le contexte de formation et d'apprentissage, les outils informatiques ont une place de plus en plus importante, sous la forme d'activités pédagogiques en classe impliquant Internet ou des devoirs à réaliser chez soi. Toutefois, ces outils ne sont pas toujours adaptés aux apprenants et peuvent dans certains cas ne pas générer les bénéfices escomptés voire perturber les apprentissages.

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à la navigation et à la construction de cartes conceptuelles sur la mémorisation et la compréhension d'informations dans un domaine de connaissances donné.

Les cartes conceptuelles constituent des représentations graphiques qui organisent et structurent des concepts grâce à des relations entre ces concepts (Nesbit & Adesope, 2006). Les cartes conceptuelles peuvent guider l'apprenant dans sa compréhension de textes et d'hypertextes, en particulier lorsque l'apprenant dispose de peu de connaissances dans le domaine donné (Salmerón, Baccino, Cañas, & Madrid, 2009). D'autres travaux s'intéressent à l'impact de la construction de ces cartes sur les processus de mémorisation et compréhension de textes. La construction de cartes conceptuelles demande une participation active de l'apprenant puisque ce dernier doit relier des concepts entre eux (présentés sous forme de cartes) et expliciter ces relations (ex. de relations : « fait partie de », « contribue à », « émet »). Pour ce faire, l'apprenant devra traiter de façon plus profonde les informations contenues dans les cartes pour pouvoir être en mesure de les relier entre elles (pour une synthèse, cf. Liu, Chen, & Chang, 2010). Cette activité, couteuse sur le plan cognitif, devrait demander la mobilisation d'importantes ressources cognitives. Ainsi, construire des cartes devrait aider les apprenants les plus avancés dans le domaine de connaissances concerné ; en revanche, cela pourrait perturber l'activité des plus novices (Amadiou, Tricot, & Mariné, 2009 ; Ifenthaler, 2010). En outre, nous avons souhaité déterminer le rôle que la consigne pouvait avoir sur la mémorisation et la compréhension d'informations. Pour cela, nous avons fait varier la consigne donnée aux participants en nous appuyant sur le modèle de compréhension de texte de Kintsch et van Dijk (1978). Ce modèle distingue deux modes de représentation du sens d'un texte en mémoire : la construction propositionnelle qui correspond à la mémorisation des propositions entre elles pour construire une première structure sémantique (dans notre étude cela correspond à la consigne « micro-structure ») et la représentation situationnelle qui correspond à une structure globale et cohérente de la situation décrite dans le texte. Cette dernière est construite par intégration de l'information sémantique extraite du texte aux connaissances générales stockées en mémoire. Cette représentation situationnelle peut être conservée « à long terme » quelque temps après la lecture d'un texte (dans notre étude cela fait référence à la consigne « macro-structure »).

Les résultats de ce type d'études sont essentiels en ergonomie cognitive car les applications présentant des cartes conceptuelles dans le cadre de formations, de conceptions ou de reconceptions de systèmes, se cessent de se développer (e.g., Mattos, Mateus & Merino, 2012).

Dans l'étude présentée ci-dessous, nous nous sommes intéressés au rôle du niveau de connaissances antérieures et du type de consigne (orientée sur le traitement des informations liées à la macro ou micro-structure du texte) sur la navigation et la construction de cartes conceptuelles ainsi que ses effets sur la mémorisation et la compréhension des informations véhiculées par ces cartes. Il s'agit de reproduire de façon contrôlée une situation de formation où les opérateurs auraient différents niveaux d'expertise et un cadre d'usage différent.

2 METHODE

2.1. Participants

Soixante-quatre étudiants en Licence 2 et Licence 3 du Centre Universitaire de Formation et de Recherche d'Albi ont accepté de participer à l'étude. 25 étudiants étaient issus de biologie ($M_{age} = 21.21$; $s=2.76$ – 17 femmes, 8 hommes) : 13 étaient confrontés à la version Macro et 12 à la version Micro. 39 étudiants étaient issus de psychologie ($M_{age} = 20.20$; $s=2.42$ – 29 femmes, 10 hommes) : dont 19 en version Macro et 20 en version Micro. Les étudiants de biologie avaient suivi au cours de leur cursus des enseignements sur l'effet de serre, alors que les étudiants de psychologie ne n'avaient pas suivi d'enseignements sur cette thématique et n'avaient pas de connaissances précises sur ce thème.

2.2 Procédure et variables

L'étude s'est déroulée au CUF d'Albi dans une salle équipée de 15 ordinateurs. La passation était individuelle (un participant par ordinateur) et entièrement pilotée par ordinateur. Un logiciel a été développé spécifiquement pour les besoins de l'étude, appelé *Mapping Tracker*²⁵ (en langage Python).

L'étude était divisée en 5 étapes. (1) Après avoir accueilli et fait signer la feuille de consentement, le participant répondait un test de vitesse de lecture. (2) Un questionnaire pour tester ses connaissances préalables était administré, ainsi qu'un questionnaire visant à identifier ses habitudes de lecture et d'apprentissage. (3) Chaque participant était confronté à une étape d'entraînement à la manipulation et à la construction de cartes conceptuelles. (4) Les participants devaient ensuite lire et construire les cartes conceptuelles pour expliciter l'effet de serre en fonction de deux consignes : soit une consigne orientée vers le traitement des informations au niveau microstructural, soit macrostructural. (5) Les participants devaient ensuite répondre à un questionnaire pour évaluer leur charge cognitive, ainsi qu'à des questions portant sur l'effet de serre (des questions portaient sur la base de texte, d'autres sur la modèle de situation). Ce questionnaire est composé de 8 items dont le participant doit répondre sur une échelle en 100 points (ex. d'items : « Votre difficulté à organiser la carte des concepts était : » ; « Votre difficulté à étudier le mécanisme de l'effet de serre était : ») Les problèmes, qui devaient être résolus, portaient également sur le thème de l'effet de serre afin de déterminer si de nouvelles connaissances avaient été acquises grâce à la construction des cartes conceptuelles.

Deux variables indépendantes ont été manipulées : le niveau de connaissances antérieures en biologie et sur l'effet de serre (élevé vs faible) et l'orientation de la consigne attribuée aux participants (micro vs. macro). Ainsi, 4 groupes indépendants ont été constitués.

Le questionnaire de connaissances préalables a permis de confirmer que les étudiants de biologie avaient plus de connaissances dans ce domaine que les étudiants de psychologie (en moyenne, 6.84/9 pour les étudiants de biologie vs 4.05/10 pour ceux de psychologie ; $t(1,61)=6.049$, $p<.0001$). Concernant la vitesse de lecture, les étudiants de biologie et ceux de psychologie ont obtenu des performances très proches (respectivement, en moyenne 101.64 et 100.07 ; $t(1,61)=0.306$, $p=n.s.$).

²⁵ Ce logiciel a été développé par l'un des membres de l'ANR (2011-2014: Comprehension and Interaction with hypertexts Structure, 2011-2014) et utilisé pour l'ensemble des études conduites dans ce cadre.

Les variables dépendantes retenues portaient à la fois sur la construction des cartes conceptuelles (nombre de cartes déplacées ; nombre de liens créés ; nombre de cartes consultées), la compréhension des textes présentés dans les cartes (des questions portées sur la base de textes, d'autres sur le modèle de situation, d'autres sur des problèmes de transfert de connaissances) et sur la charge cognitive subjective.

3 RESULTATS

Des ANOVAs à mesures répétées ont été effectuées sur l'ensemble des variables retenues avec comme les V.I. en inter-sujets.

3.1 Construction des cartes conceptuelles

Les analyses statistiques ne montrent aucune différence significative due au niveau de connaissances antérieures, ni de la consigne attribuée au participants sur le nombre de cartes déplacées, le nombre de liens créés, le nombre de cartes consultées. Ainsi, le fait de disposer de plus de connaissances antérieures ne semble pas conduire les participants à réaliser plus d'actions sur les cartes que ceux ayant un niveau de connaissances faible (cf. tableau 1 pour les analyses descriptives).

Tableau 1 : Moyennes (et s) de cartes déplacées, de cartes consultées et de liens créés en fonction du niveau de connaissances antérieures et de la consigne.

	Etudiants de Biologie		Etudiants de Psychologie	
	Macro	Micro	Macro	Micro
Cartes déplacées	27.15 (17.67)	49.66 (33.40)	39.63 (24.60)	39.05 (23.40)
Cartes consultées	23.23 (16.36)	26.83 (19.91)	28.00 (10.41)	23.95 (12.71)
Liens créés	13.54 (6.74)	15.92 (6.89)	15.53 (4.21)	13.70 (4.52)

3.2 Evaluation de la compréhension des textes présentés dans les cartes

Les statistiques descriptives sont présentées dans le tableau 2.

Concernant l'évaluation des connaissances *a posteriori*, i.e. après construction et lecture des cartes, les résultats montrent que les étudiants de biologie ont des scores supérieurs aux étudiants de psychologie quelle que soit la consigne attribuée. Plus précisément, ces différences s'observent sur les performances aux items relatifs à la base de texte ($F(1,59)=42.743, p<.0001, \eta_p^2 = .42$), aux items relatifs au modèle de situation ($F(1,59)=25.415, p<.0001, \eta_p^2 = .30$) ainsi que sur les problèmes de transfert de connaissances ($F(1,60)=16.322, p<.0001, \eta_p^2 = .21$). En outre, pour les items relatifs au modèle de situation, les résultats mettent également en évidence un effet de la consigne en faveur, de façon surprenante, de la consigne orientée Micro ($F(1,59)=12.305, p<.05, \eta_p^2 = .09$). Il n'y a aucun effet significatif de la consigne sur les performances aux items relatifs à la base de texte, ni aux problèmes de transfert des connaissances. Les interactions ne sont pas non plus significatives.

Ainsi, alors que les experts se caractérisent généralement par une représentation plus abstraite que les novices, leur apprentissage de nouvelles connaissances est ici facilité par des consignes visant à travailler la carte à un niveau détaillé. Cela implique, que dans le cadre de la formation professionnelle, le scénario pédagogique doit être orienté à un niveau micro pour les apprentissages.

Tableau 2 : Moyennes (et s) des scores de compréhension obtenus aux items liés à la base de texte, au modèle de situation et aux problèmes de transfert de connaissances en fonction du niveau de connaissances antérieures et de la consigne.

	Etudiants de Biologie		Etudiants de Psychologie	
	Macro	Micro	Macro	Micro
Scores (sur 6 points) questions – base de texte	3.54 (1.19)	3.58 (0.90)	1.55 (1.04)	2.10 (0.96)
Scores questions (sur 6 points) – modèle de situation	2.77 (2.01)	3.33 (1.87)	0.55 (0.70)	1.80 (1.19)
Scores problèmes de transfert (sur 10 points)	5.31 (2.17)	6.00 (1.41)	3.63 (1.64)	3.95 (1.87)

3.3 Charge cognitive

On observe un effet bénéfique des connaissances antérieures puisque les étudiants de biologie évaluent leur charge cognitive comme plus faible que les étudiants de psychologie ($F(1,60)=9.187$, $p<.005$, $\eta_p^2 = .13$) (cf. figure 1).

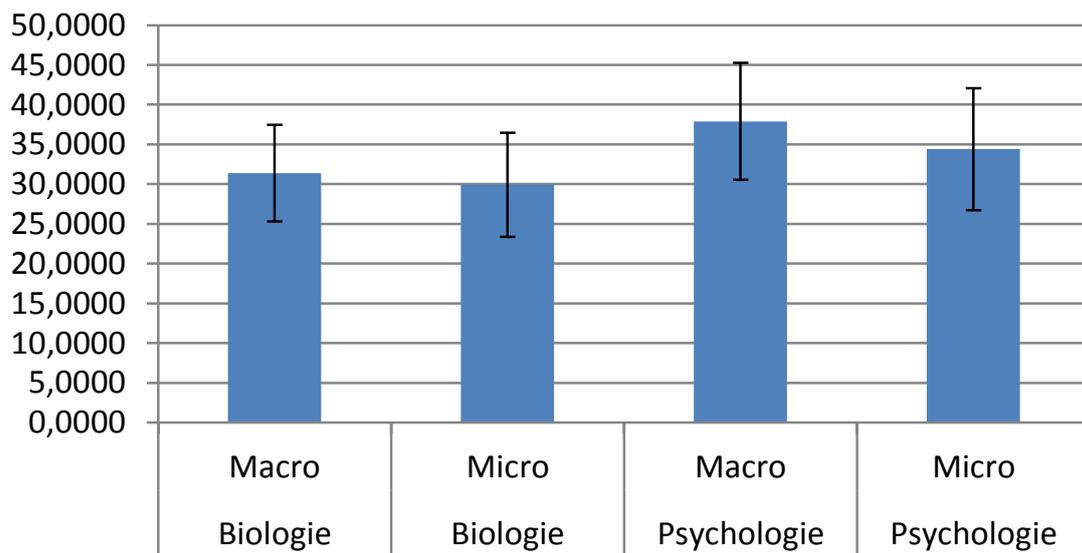


Figure 1 : Moyennes (et s pour les barres verticales) de la charge cognitive subjective en fonction du niveau de connaissances antérieures et de la consigne (score sur 100 points).

4 CONCLUSION

L'objectif de l'étude était de déterminer le rôle des connaissances antérieures sur la construction, la mémorisation et la compréhension d'informations pour un domaine de connaissances donné (ici, l'effet de serre).

Bien que les résultats ne mettent pas en évidence de différence significative due à la consigne concernant les actions de constructions des cartes conceptuelles, construire des cartes favorise l'activité d'apprentissage des participants disposant d'un niveau élevé de connaissances antérieures, quelle que soit la consigne attribuée, ce qui corrobore de précédents travaux (Amadiou et al., 2009 ; Ifenthaler, 2010).

La consigne a eu seulement un effet sur les scores obtenus aux items portant sur la macrostructure des textes et de façon surprenante c'est la consigne qui oriente les participants vers la focalisation sur les éléments de la base de texte qui engendre les meilleures performances. Ces résultats sont confortés par une évaluation plus faible de la charge cognitive par les étudiants de biologie que par les étudiants de psychologie.

Par conséquent, bien que les experts se caractérisent généralement par une représentation plus abstraite que les novices, leur apprentissage de nouvelles connaissances est ici facilité par des consignes visant à travailler la carte à un niveau propositionnel. Cela implique, que dans le cadre de la formation professionnelle, le scénario pédagogique pourrait être orienté à un niveau micro pour les apprentissages. Cependant de nouvelles études doivent être conduites pour pouvoir apporter cette recommandation.

Si les résultats entre les quatre groupes sont très proches en termes d'actions de construction des cartes conceptuelles, il paraît pertinent de déterminer de façon plus précise si des différences s'observent sur la qualité/pertinence des cartes conceptuelles construites. Des analyses sont en cours pour apporter des éléments de réponse.

5 REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée avec le soutien financier de l'ANR : Comprehension and Interaction with hypertexts Structure Compréhension et Interaction avec la Structure des Hypertextes (CISH)

Programme JCJC SHS 2 (2011-2014).

6 BIBLIOGRAPHIE

- Amadiou, F., Tricot, A., & Mariné, C. (2009). Exploratory study of relations between prior knowledge, comprehension, disorientation and on-line processes in hypertext. *The Ergonomics Open Journal*, 9, 49-57.
- Ifenthaler, D. (2010). Relational, structural, and semantic analysis of graphical representations and concept maps. *Educational Technology Research and Development*, 58(1), 81-97.
- Kintsch, W., & van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review*, 85, 363-374.
- Liu, P. L., Chen, C. J., & Chang, Y. J. (2010). Effects of a computer-assisted concept mapping learning strategy on EFL college students' English reading comprehension. *Computer & Education*, 54, 436-445.
- Mattos, D., Mateus Junior, J. R., & Merino, E. (2012). Cognitive Ergonomics: The Use Of Mind Mapping Tool In Maintaining Productive Sector Of A Brazilian Paper Company. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41, 1599-1605.
- Nesbit, J. C., & Adesope, O. O. (2006). Learning with concept and knowledge maps: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 76, 413-448.
- Salmeron, L., Baccino, T., Canas, J. Madrid, R. & Fajardo, I.(2009). Do graphical overviews facilitate or hamper comprehension in hypertext? *Computers & Education*, 53(4),1308-1319.

Une approche pluridisciplinaire pour la conception et l'optimisation d'un logiciel de rééducation des praxies bucco-faciales destiné à des enfants paralysés cérébraux

Anne-Laure Kervellec

CRPCC, Université Rennes 2
Place du Recteur Henri Le Moal
35043 Rennes Cedex, France
anne-laure.kervellec@univ-rennes2.fr

Eric Jamet

eric.jamet@univ-rennes2.fr

Virginie Dardier

virginie.dardier@univ-rennes2.fr

Séverine Erhel

severine.erhel@univ-rennes2.fr

Gaïd Le Maner Idrissi

gaid.lemaner-idrissi@univ-rennes2.fr

Estelle Michinov

estelle.Michinov@univ-rennes2.fr

Martin Ragot

martin.ragot@univ-rennes2.fr

RÉSUMÉ

L'objectif de cette communication est d'exposer la démarche pluridisciplinaire mise en place dans un projet de recherche visant à concevoir un outil de rééducation des praxies bucco-faciales destiné à des enfants paralysés cérébraux. Dans cet objectif, nous présenterons tout d'abord les différentes actions conduites dans une perspective de Conception Centrée-Utilisateur (CCU) et participative. Dans un second temps, nous présenterons les résultats d'une série d'études expérimentales réalisées en vue de répondre à des questions relatives à l'optimisation de l'engagement des enfants dans la tâche qui ont émergé lors des différentes phases de la démarche ergonomique. Les résultats de cette démarche et de ces différentes études ont permis le développement d'un outil utilisé aujourd'hui dans un protocole de rééducation pour lequel une évaluation complémentaire est en cours.

MOTS-CLÉS

Logiciel de rééducation, paralysie cérébrale, Conception Centrée Utilisateur, pluridisciplinarité, interfaces



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

N. Bonnardel, L. Pellegrin & H. Chaudet (Eds.). *Actes du Huitième Colloque de Psychologie Ergonomique (EPIQUE 2015), Aix-en-Provence, France, 8-10 juillet 2015.* Paris, France: Arpege Science Publishing. ISBN 979-10-92329-02-5

1 LE PROJET REPLICA

Nos travaux s'inscrivent dans le cadre du projet RéPliCa. Il a été financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR). Le consortium est composé du laboratoire Mouvement Sport et Santé (M2S), de la société Dynamixyz, de l'école d'ingénieur Supélec, des hôpitaux Saint-Maurice (HSM) et du Centre de Recherches en Psychologie Cognition et Communication (CRPCC). Ce projet a pour but de développer un logiciel de rééducation des praxies bucco-faciales chez l'enfant paralysé cérébral.

La paralysie cérébrale est la pathologie motrice la plus répandue (Cans, De la Cruz & Mermet, 2008). Elle se caractérise par un ensemble de désordres permanents du mouvement et de la posture qui entraînent une limitation dans les activités due à une lésion non progressive survenue sur un cerveau immature (Rosenbaum, Paneth, Leviton et al, 2006). Les désordres moteurs peuvent affecter la sphère bucco-faciale. Ils entraînent une incontinence salivaire et rendent difficile l'alimentation et la communication (Le Métayer, 2008). L'intelligibilité de la parole est notamment souvent entravée (e.g., Cockerill, Elbourne, Allen et al 2013). Pour la rééduquer, la méthode de stimulation intégrale est la plus couramment utilisée (Strand & Skinder, 1999). L'enfant doit imiter le thérapeute, répéter après lui des praxies bucco-faciales (i.e., mouvements bucco-faciaux, prononciation de phonèmes, de mots, etc.) en l'écoutant et en le regardant (Strand & Skinder, 1999). Cela nécessite, de la part des enfants, la capacité de comparer les deux mouvements, le sien et celui du thérapeute sans feedback. Parfois un miroir est utilisé, mais son usage pose problème car beaucoup d'enfants en situation de handicap sont en difficulté avec leur image. La rééducation de la parole s'avère extrêmement éprouvante pour les enfants et ses bénéfices ne sont pas toujours avérés (e.g., Pennington, 2008). Le projet RéPliCa vise donc à développer un nouvel outil afin de rendre la rééducation efficace.

Sur l'interface du logiciel RéPliCa, deux personnages seront présents : le thérapeute virtuel et l'avatar de l'enfant. Le thérapeute virtuel (ou agent rééducateur) sera situé à droite de l'écran, il effectuera les praxies bucco-faciales que l'enfant devra observer et imiter. Le second personnage, l'avatar de l'enfant, sera situé à gauche de l'écran. L'enfant pourra alors observer ses propres mouvements de la bouche reportés en temps réel. Pour cela, il dispose d'un casque avec un bras équipé d'une caméra de type kinect qui enregistre ses mouvements et les retranscrit en temps réel sur son avatar. Le logiciel devrait favoriser la comparaison des praxies. En effet, l'enfant pourra alors visualiser corrélativement au sein du même espace (l'écran) les mouvements du thérapeute virtuel et les siens sur son avatar. Une photographie de la situation thérapeutique est présentée en figure 1.



Figure 1. La situation rééducative avec le logiciel.

Dans le cadre de ce projet, de nombreux partenaires ont collaboré : des praticiens hospitaliers (médecins, orthophonistes), des développeurs, des chercheurs spécialisés dans la capture et la synthèse de visage 3D, des chercheurs en informatique, en sciences du mouvement ou encore en psychologie ergonomique, cognitive, développementale et sociale. L'objectif de cette communication est de présenter les contributions de l'équipe de psychologie dans ce projet. Nous exposerons, dans un premier temps, la démarche ergonomique mise en place pour la conception et l'évaluation du logiciel et de ses fonctionnalités destinées aux professionnels.

La seconde partie s'intéressera de façon plus précise à l'interface destinée aux enfants. Les méthodes utilisées dans la partie précédente ont fait émerger des questions relatives notamment aux spécificités de l'interface et des agents virtuels. Au regard du caractère très spécifique de la tâche, de la population et de l'absence de littérature sur ces points, une série d'études a été menée afin d'y répondre.

2 LA DEMARCHE DE CONCEPTION DU LOGICIEL

Il existe aujourd'hui de nombreuses publications soutenant l'importance de la prise en compte du facteur humain dans la conception de produits innovants (e.g. Salvendy, 2006). L'idée générale défendue dans ces travaux est qu'une meilleure connaissance des besoins et caractéristiques des utilisateurs va permettre d'augmenter les qualités des systèmes conçus, par exemple en termes d'utilisabilité, d'acceptabilité ou d'expérience utilisateur. L'implication des utilisateurs dans la conception peut revêtir des formes assez variées par exemple la conception centrée utilisateur ou la conception participative (Kujala, 2003). Cet auteur reconnaît toutefois que si ces méthodes sont différentes, elles partagent ainsi certains nombres de points communs, tant en termes de méthodes que d'objectifs. Ainsi, conception centrée utilisateur et conception participative auraient en commun des objectifs d'amélioration de la qualité du système pour en favoriser l'acceptabilité et l'usage en impliquant des utilisateurs pendant la conception. Il existe néanmoins des différences importantes entre ces approches. La conception participative fait ainsi référence à une collection d'approches variées (voir Halskov & Hansen, 2015 pour une revue récente) qui vise à mettre en place des collaborations entre concepteurs et utilisateurs pour créer un apprentissage mutuel. L'une des principales caractéristiques de cette approche est que les utilisateurs peuvent être réellement acteur de la conception en agissant directement pendant la collaboration. L'approche CCU a également pour objectif d'impliquer des utilisateurs, notamment en évaluant régulièrement le système conçu avec les utilisateurs mais elle n'est pas systématiquement participative : les utilisateurs peuvent être juste décrits ou réduits au rôle d'informateurs par des enquêtes ou des tests du système (Carroll, 1996).

La démarche globale de « conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs » a été décrite et définie dans la norme ISO 9241-210 de 2010. Elle est définie comme une « approche de conception et de développement de systèmes ayant pour objectif d'améliorer l'utilisabilité des systèmes interactifs en se concentrant sur l'utilisation du système concerné, et en appliquant les connaissances et techniques existantes en matière de facteurs humains/d'ergonomie et d'utilisabilité ». L'application des principes de la CCU conduit à la réalisation de quatre activités principales. La première consiste à comprendre et spécifier le contexte d'utilisation. Ce type d'activité repose sur l'analyse des caractéristiques des utilisateurs potentiels par exemple en termes de compétences ou d'habitudes, d'une spécification des tâches que l'utilisateur devra réaliser avec le système et d'une analyse de l'environnement dans lequel le système sera utilisé. La seconde consiste à spécifier les exigences de l'utilisateur. Dans le cadre d'une démarche CCU, l'analyse fonctionnelle prendra non seulement en compte des aspects techniques juridiques ou financiers mais également des contraintes liées à l'utilisateur notamment en termes de satisfaction, d'efficacité ou de charge de travail par exemple. La troisième activité est relative à la production de solutions de conception (scénarios, maquettes ou prototypes) sur la base des connaissances techniques et des connaissances sur les utilisateurs et le contexte d'utilisation. Enfin, la quatrième activité consiste à évaluer les solutions conçues par rapport aux exigences et ce, à tous les stades de la durée de vie du système.

La démarche de CCU peut donc participer à la conception de produits de nouvelles technologies davantage utilisables et mieux acceptés par les futurs utilisateurs. Dans le domaine de la réhabilitation, certaines technologies pour l'autonomie ont été développées dans une démarche CCU et/ ou dans une perspective de co-conception. Par exemple, Le système EasyWrite (Godinho, Condado, Marielba, Zacarias & Lobo, 2014), une méthode de saisie de texte pour appareil mobile a été développée avec les bénéficiaires, des personnes paralysés cérébrales présentant des difficultés

de coordination manuelle. Soares (2012) décrit la démarche de CCU appliquée dans la mise au point d'un fauteuil électrique avec des personnes en situation de handicap moteur, des designers, des prescripteurs (ergothérapeutes et kinésithérapeutes), des ingénieurs en réhabilitation et des soignants. En ce qui concerne les outils de rééducation, les analyses ergonomiques sont souvent partielles (e.g; Jannink, Van Der Wilden, Navis, Visser, Gussinklo & Ijzerman, 2008) et ne s'intéressent qu'à certains types d'utilisateurs, souvent les bénéficiaires (Jannink, Van Der Wilden, Navis, Visser, Gussinklo & Ijzerman, 2008) et parfois également à leurs parents (e.g., Bozelle, Betrancourt, Deriaz & Pelizzone, 2009). Weightman, Preston, Holt, Allsop, Levesley et Bhakta (2010) impliquent quant à eux les enfants en situation de handicap, leurs parents et l'équipe médicale. Cependant, il semble exister peu d'étude publiée analysant les effets d'une démarche complète de conception centrée utilisateur d'un outil de rééducation impliquant à la fois les bénéficiaires mais également les thérapeutes.

Comme recommandé dans la norme ISO, nous avons procédé, dans un premier temps, à une analyse du besoin en effectuant des entretiens de type semi-directifs auprès des orthophonistes du service de rééducation des neuropathologies acquises de l'enfant des hôpitaux Saint-Maurice, utilisateurs finaux du logiciel. Des spécifications fonctionnelles communes aux thérapeutes ont alors émergé (e.g., le classement possible des items selon leur degré de complexité, la possibilité de faire répéter le mouvement par l'agent). Pour mieux comprendre et spécifier le contexte d'utilisation, nous avons ensuite effectué une observation outillée de la situation de référence. Pour cela, nous avons filmé plusieurs séances de rééducation classique avec différents thérapeutes et différents enfants. L'analyse de ces séquences filmées a été effectuée à l'aide d'une grille de codage des comportements développée à cet effet. Elles ont été codées à l'aide du logiciel Noldus The Observer XT®, qui est un logiciel de codage des comportements. Cela nous a permis d'abstraire et d'identifier des invariants et des différences repérés dans les pratiques des thérapeutes (e.g., l'utilisation, par certains thérapeutes, d'indices kinesthésiques, d'un miroir en séance). De nouveaux entretiens ont permis d'appréhender l'impact de l'introduction du logiciel sur leur activité.

Ces méthodologies classiques de la CCU ont été complétées par des ateliers de travail collaboratifs largement inspirés des méthodes de conception participative. Ils ont permis de discuter les fonctionnalités du logiciel en présence des différents professionnels impliqués dans la conception et de valider une partie d'entre elles. Dans la phase suivante, une maquette a ensuite été soumise aux thérapeutes lors d'un nouveau focus group afin de faire émerger de nouvelles pistes de fonctionnalités (e.g., la possibilité d'obtenir des courbes de résultats par séance et/ou par items).

Après le développement du premier prototype, nous avons mené une évaluation heuristique sur la base des critères ergonomiques de Bastien & Scapin (1993). Elle a été complétée par des tests utilisateurs auprès d'orthophonistes afin de détecter les aspects de l'interface pouvant entraîner des difficultés d'utilisation lors de la programmation d'une séance de rééducation. Ces méthodes avaient ici pour objectif de détecter des problèmes potentiels d'utilisabilité. Elles ont permis de fournir aux développeurs de nombreuses propositions d'amélioration de l'outil. Ces préconisations ont été intégrées dans le logiciel qui est désormais utilisé dans des séances de rééducation. Des entretiens de retours d'expérience ainsi que des analyses des difficultés rencontrées pendant les premières séances sont prévus prochainement afin de compléter cette démarche de conception centrée utilisateur.

L'ensemble de cette démarche était centré sur un type particulier d'utilisateurs de l'outil : les orthophonistes. Les enfants cérébrolésés, à qui est destiné cet outil, ont ici un statut d'utilisateur qu'il convient de ne pas négliger mais qui est très spécifique. L'usage de cet outil leur sera ainsi « imposé » dans les séances et ils n'auront pas à le manipuler directement. Pour autant, il est primordial de prendre en compte les différents facteurs susceptibles de favoriser l'engagement des enfants dans la tâche de rééducation avec cet outil pour limiter les phénomènes de rejet ou de désengagement pendant les séances. L'émergence de questions relatives à l'optimisation de l'engagement des enfants dans la tâche nous a conduit, au regard de l'absence de résultats

spécifiques à ces questions dans la littérature, à mener une série d'études expérimentales auprès d'enfants typiques et cérébrolésés.

3 ETUDES DES CARACTERISTIQUES DE L'INTERFACE POUR OPTIMISER L'ENGAGEMENT DES ENFANTS DANS LA TACHE

Dans les premiers retours des professionnels il est apparu que les enfants pouvaient se désengager rapidement des activités rééducatives. En conséquence, notre objectif scientifique a été de spécifier et d'évaluer des caractéristiques de l'interface destinée aux enfants, susceptibles d'optimiser leur engagement. À cette fin, nous avons fait appel à de multiples concepts issus de champs variés de la psychologie (e.g., théorie de l'apprentissage social (Bandura, 1977); hypothèse de similarité-attractivité (Byrne & Nelson, 1965); théorie du positionnement d'objectif (Locke, 1968)).

La première interrogation portait sur les caractéristiques physiques de l'agent rééducateur animé et aux choix de conception les plus pertinents pour favoriser l'engagement des enfants dans la tâche. L'état de l'art préalablement réalisé exposait des résultats épars et contradictoires (voir Heidig & Clarebout, 2010 pour une revue). Les résultats de notre première étude impliquant plus de 255 enfants typiques ont montré que les choix du tuteur animé s'orientaient très majoritairement vers des agents réalistes, adolescents et de leur propre genre.

Deux agents possédant ces caractéristiques (adolescents fille et garçon) ont donc été développés pour le logiciel de rééducation (Figure 2). Ces résultats nous ont également amené à concevoir un premier prototype logiciel permettant, comme l'outil visé dans la rééducation, une tâche de reproduction de mots prononcés par un tuteur animé, mais adaptée à des enfants typiques (tâche d'apprentissage de mots anglais). Nous souhaitions savoir si, afin d'optimiser l'engagement, la motivation et l'apprentissage, les participants devaient travailler avec un agent du même genre. Nos troisième et quatrième études réalisées sur cette base ont montré que des enfants de 10 ans persévéraient plus dans cette tâche d'entraînement avec un agent de genre opposé mais, paradoxalement, jugeaient de manière plus positive les agents de leur genre.

L'étude suivante a visé à répondre à une demande complémentaire de l'équipe projet en vérifiant si le fait de laisser le choix du genre à l'enfant permettait d'améliorer l'interaction. Les études portant sur le choix et les agents montraient des résultats hétérogènes aussi bien dans les choix effectués par les participants que dans leurs conséquences (e.g., Kim & Wei, 2011; Ozogul, Johnson, Atkinson & Reisslein, 2013). Les participants de notre étude se sont systématiquement orientés vers un agent du même genre. La motivation et l'apprentissage ont été significativement supérieurs en condition choix. L'outil de rééducation offre donc désormais cette possibilité de choix. Cette fonctionnalité s'est avérée particulièrement adaptée aux enfants cérébrolésés car nos résultats ultérieurs ont montré qu'ils s'orientaient moins systématiquement vers des agents de leur genre que des enfants typiques.

Enfin, à la demande des thérapeutes, une autre étude a été réalisée. L'objectif était de voir si la fixation d'un but et la présence d'un feedback (un indicateur de progrès relatif au but) entraîneraient un plus fort engagement (Locke, 1968; Brogren Carlberg & Löwing, 2013). L'objectif fixé aux participants était de faire décoller une fusée, pour cela ils devaient remplir le réservoir de celle-ci. A chaque fois qu'ils persévéraient, un feedback d'avancement relatif au but était affiché à l'écran. Les résultats démontrent des effets positifs de la présence de feedbacks de progression et d'un but spécifique fourni aux enfants sur l'engagement dans la tâche.



Figure 2. Les deux thérapeutes virtuels (adolescente réaliste fille à gauche, adolescent réaliste garçon à droite).

Les préconisations ayant émergé suite aux différentes actions menées en CCU ainsi que dans les études expérimentales ont été prises en compte lors de la conception de la dernière version du prototype. L'approche collaborative présentée ici a donc permis le développement d'un outil de rééducation qui est utilisé depuis quelques semaines aux hôpitaux Saint-Maurice. Nous analysons actuellement l'impact du logiciel sur l'engagement des enfants cérébrolésés dans la tâche. Nous comparons les séances classiques de rééducation aux séances avec le logiciel ainsi que l'implication des enfants inclus dans le protocole au fur et à mesure du programme. Des séances sont filmées et analysées grâce à une grille de codage qui a été développée à cet effet. Le programme n'étant pas terminé, les analyses sont toujours en cours. Les premiers résultats semblent encourageants et indiquent un bon engagement dans les séances thérapeutiques avec le logiciel. Il est nécessaire de poursuivre cette analyse afin de nous assurer que l'intérêt des enfants perdure et ne soit pas uniquement provoqué par le caractère nouveau de cette prise en charge thérapeutique. Cette dernière phase nous permettra également d'évaluer a posteriori un écueil potentiel de la démarche adoptée. Il serait relatif au caractère transférable, ou non, des résultats des études réalisées avec des enfants typiques dans un contexte scolaire à une population d'enfants cérébrolésés observés dans le cadre de la rééducation.

4 BIBLIOGRAPHIE

- Bandura, A. (1977). *Social learning theory* (Vol. viii). Oxford, England: Prentice-Hall.
- Bastien, J. M. C., & Scapin, D. L. (1993). *Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces* (report).
- Bozelle, C., Bétrancourt, M., Deriaz, M. & Pelizzone, M. (2009). Assurer l'acceptabilité d'un environnement informatisé de rééducation: Le cas d'un logiciel d'aide à la réhabilitation auditive pour les enfants sourds ayant reçu un implant cochléaire. In Delozanne, E., Tricot, A., & Leroux, P. (Eds.) *Actes de la conférence EIAH'09*. Paris : INRP.
- Brangier, E., & Pino, P. (2002). Approche ergonomique de la réhabilitation de personnes handicapées tétraplégiques et aphasiques: ergonomie de conception de systèmes prototypes dédiés à la fin de vie. In *Conférence Ergonomie et Informatique Avancée* (pp. 217-231).
- Brogren Carlberg, E., & Löwing, K. (2013). Does goal setting in activity-focused interventions for children with cerebral palsy influence treatment outcome?. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(s4), 47-54.
- Byrne, D., & Nelson, D. (1965). Attraction as a linear function of proportion of positive reinforcements. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1(6), 659–663.
- Cans, C., De-la-Cruz, J., & Mermet, M.-A. (2008). Epidemiology of cerebral palsy. *Paediatrics and Child Health*, 18(9), 393–398. *Disorders in Children*.
- Cans, C., De-la-Cruz, J., & Mermet, M. A. (2008). Epidemiology of cerebral palsy. *paediaTRicS and cHild Health*, 18(9), 393-398.
- Carroll, J.M. 1996. [Becoming social: Expanding scenario-based approaches in HCI](#). *Behaviour and Information Technology*, 15(4), 266-275
- Cockerill, H., Elbourne, D., Allen, E., Scrutton, D., Will, E., McNee, A., Baird, G. (2014). Speech, communication and use of augmentative communication in young people with cerebral palsy: the SH&PE population study. *Child: Care, Health and Development*, 40(2), 149–157.
- Godinho, R., Condado, P. A., Zacarias, M., & Lobo, F. G. (2014). Improving accessibility of mobile

- devices with EasyWrite. *Behaviour & Information Technology*, (ahead-of-print), 1-16.
- Halskov, K., & Hansen, N. B. (2015). The diversity of participatory design research practice at PDC 2002–2012. *International Journal of Human-Computer Studies*, 74, 81-92.
- Heidig, S., & Clarebout, G. (2011). Do pedagogical agents make a difference to student motivation and learning?. *Educational Research Review*, 6(1), 27-54.
- Jannink, M. J., Van Der Wilden, G. J., Navis, D. W., Visser, G., Gussinklo, J., & Ijzerman, M. (2008). A low-cost video game applied for training of upper extremity function in children with cerebral palsy: a pilot study. *CyberPsychology & Behavior*, 11(1), 27-32.
- Kim, Y., & Wei, Q. (2011). The impact of learner attributes and learner choice in an agent-based environment. *Computers & Education*, 56(2), 505-514.
- Kujala, S. (2003). User involvement: a review of the benefits and challenges. *Behaviour & information technology*, 22(1), 1-16.
- Le Métayer, M. (2008). Identification et évaluation des troubles buccofaciaux en infirmité motrice cérébrale. Modalités de l'éducation thérapeutique. *Motricité Cérébrale : Réadaptation, Neurologie Du Développement*, 29(3), 117–120.
- Locke, E. A. (1968). Toward a theory of task motivation and incentives. *Organizational behavior and human performance*, 3(2), 157-189.
- Ozogul, G., Johnson, A. M., Atkinson, R. K., & Reisslein, M. (2013). Investigating the impact of pedagogical agent gender matching and learner choice on learning outcomes and perceptions. *Computers & Education*, 67, 36-50.
- Pennington, L. (2008). Cerebral palsy and communication. *Paediatrics and Child Health*, 18(9), 405–409.
- Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Damiano, D., Jacobsson, B. (2007). A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Developmental Medicine and Child Neurology. Supplement*, 109, 8–14.
- Salvendy, G. (Editor): Handbook of Human Factors and Ergonomics (3rd edition), New York: John Wiley and Sons, 2006, 1670 pages.
- Soares, M. M. (2012). Translating user needs into product design for the disabled: an ergonomic approach. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 13(1), 92-120.
- Strand, E. A., & Skinder, A. (1999). Treatment of developmental apraxia and speech : integral stimulation methods. In Caruso, A. J., & Strand, E. A, *Clinical Management of Motor Speech*.
- Weightman, A. P. H., Preston, N., Holt, R., Allsop, M., Levesley, M., & Bhakta, B. (2010). Engaging children in healthcare technology design: developing rehabilitation technology for children with cerebral palsy. *Journal of Engineering Design*, 21(5), 579-600.