
Doctoriales

Organisées par
ARPEGE (Association pour la Recherche en Psychologie
ErGonomique et l'Ergonomie)

ARPEGE
Association pour la Recherche
en Psychologie Ergonomique et Ergonomie

Avec le concours du RJCE



Avec le soutien du Collège des Enseignants Chercheurs en
Ergonomie et de la SELF



Lille (Visioconférence), le 06/07/2021

Comité d'organisation des doctoriales

Comité de Lecture

Liliane Pellegrin (Centre d'Epidémiologie et de Santé Publique des Armées & Aix-Marseille Université)

Irène Gaillard (IPST-CNAM, CERTOP, Université de Toulouse)

Françoise Anceaux (LAMIH-SHV, Université Polytechnique Hauts de France)

Julien Nelson (Université de Paris)

Avec le Réseau des Jeunes Chercheurs en Ergonomie (RJCE)

Audrey Marquet (*Paris Descartes & SNCF*)

Artémis Drakos (*LAPEA, U. Paris Descartes, Université de Genève*)

Discutants

Julie Albentosa (Institut de Recherche Biomédical des Armées)

Françoise Anceaux (LAMIH-SHV, Université Polytechnique Hauts de France)

Vincent Boccara (Université Paris Sud - Orsay)

Jean-Marie Burkhardt (IFSTTAR LPC)

Béatrice Cahour (CNRS i3 Télécom ParisTech)

Loïc Caroux (CLLE, Université de Toulouse & CNRS)

Christine Chauvin (Université de Bretagne Sud)

Irène Gaillard (CERTOP-Université de Toulouse, CNAM)

Louis Galey (LPS-Université Paris Nanterre)

Corinne Grusenmeyer (Institut National de Recherche et de Sécurité, Nancy)

Chloe Le Bail (Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences du Numérique, Paris Saclay)

Céline Lemercier (CLLE, Université de Toulouse & CNRS)

Jacques Marc (Institut National de Recherche et de Sécurité, Nancy)

Sylvia Pelayo (INSERM CICIT - Université Lille)

Liliane Pellegrin (Centre d'Epidémiologie et de Santé Publique des Armées & Aix-Marseille Université)

Programme

<i>Doctoriales ARPEGE - RJCE</i>			
9h	José Manuel Castillo	Étude de la charge mentale et du stress généré par l'usage du numérique dans le milieu professionnel	p.4
9h30	Alexis Remigereau	Influence de la difficulté et de la modalité des tâches sur la charge cognitive en environnement dynamique : le cas du fantassin débarqué	p.11
10h	Nolwenn Le Gonidec	Evaluer l'impact des interactions à distance et du contrôle temporel sur la charge mentale des opérateurs. Proposition d'un protocole expérimental.	p.18
10h30	pause		
11h	Marion Olivier	Etudier les échanges sociaux et leurs règles dans le but de les intégrer dans la conception d'une interaction homme-robot acceptable	p. 25
11h30	Pascal Un	Impact de l'information voyageurs sur le comportement des usagers réguliers des transports en commun en situation perturbée	p.32
12h	Loick Simon	Développement de règles de conception et des mécanismes adaptatifs des interfaces dans le dialogue humain-machine - Application à l'industrie 4.0	p.39
12h30	repas		
13h30	Tabatha Thiébaud Rizzoni	La transition des pratiques actuelles vers des pratiques durables : le cas d'un filet de pêche biodégradable	p.46
14h00	Sharon Ouddiz	Prévention des risques émergents des véhicules autonomes : Comment améliorer les capacités attentionnelles des drivengers ?	p.52
14h30	Jordan Scoliege	Conception d'un poste de supervision de véhicules autonomes par une démarche d'ergonomie prospective.	p.59
15h00	pause		
15h30	Mélanie Biencourt	Concevoir des outils d'actimétrie pour un travail et des usages raisonnés	p.66
16h00	Pierre Flandrin	L'hospitalité à l'ère du digital : quelles influences sur les activités d'accueil ?	p.74
16h30	Alexis Chambel	Mutation du travail et doctrine de prévention : présentation du cadre conceptuel et méthodologique	p.81

Étude de la charge mentale et du stress généré par l'usage du numérique dans le milieu professionnel

José Manuel Castillo

Laboratoire d'Anthropologie et de Psychologie Cliniques, Cognitives et Sociales (LAPCOS), Université Côte d'Azur, 25 avenue François Mitterrand, 06357 Nice, France
Npxlab, 1047 Route des Dolines, 06560 Valbonne
jose-manuel.castillo@etu.univ-cotedazur.fr

Edith Galy

Laboratoire d'Anthropologie et de Psychologie Cliniques, Cognitives et Sociales (LAPCOS), Université Côte d'Azur, 25 avenue François Mitterrand, 06357 Nice, France
Edith.galy@univ-cotedazur.fr

Pierre Thérouanne

Npxlab, 1047 Route des Dolines, 06560 Valbonne
Pierre.therouanne@univ-cotedazur.fr

DISCUTANTS : Jean-Marie Burkhardt & Julie Albentosa

RÉSUMÉ

Dans le contexte d'une digitalisation constante des processus, services et activités de travail, cette thèse se concentre sur l'étude de deux problèmes inhérents à l'utilisation des technologies numériques : la charge mentale et le technostress. Elle tente de répondre à la question suivante : la charge mentale générée par l'utilisation de la technologie peut-elle être un facteur de risque de développer le technostress au travail ? Bien que ces deux concepts aient été largement étudiés, la façon dont la charge mentale joue un rôle sur le technostress reste à préciser. Il s'agit d'étudier ce rôle en prenant en compte les facteurs individuels et organisationnels ainsi que de comprendre comment le technostress est généré, ce qui permettra par la suite d'éviter son apparition en milieu professionnel.

MOTS-CLÉS

Charge mentale, technostress, technologie numérique, facteurs humains,

1. INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE

Les technologies numériques font partie de l'ensemble des technologies de l'information et de communication (TIC). Ces dernières s'entendent comme l'ensemble des outils et des ressources qui permettent de recevoir, d'émettre, de stocker, d'échanger et de traiter différentes informations entre les individus (Bobillier-Chaumon et al., 2014). Dans la plupart des contextes professionnels, les technologies numériques sont désormais très présentes, et de nouvelles telles que l'informatique mobile, le *big data*, les capteurs *intelligents* dans la production industrielle, la robotique et les technologies d'énergie propre continuent de transformer la façon dont les entreprises créent de la valeur et des services, ainsi que la façon dont le travail est organisé : où et comment nous travaillons, interagissons et communiquons (Cascio & Montealegre, 2015)



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International.

En termes de santé au travail, l'usage des TIC peut entraîner une série de problèmes affectant directement la santé des travailleurs. Concrètement, les TIC peuvent contribuer à brouiller la ligne qui sépare la vie privée de la vie professionnelle. De plus, elles peuvent favoriser l'apparition du stress technologique, de nouvelles formes d'épuisement, de risques de sécurité et l'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques (Popma, 2013 ; Salanova et al., 2013). Parmi les questions soulevées précédemment, nous nous concentrerons sur la prise en charge du technostress et de la charge mentale engendrés par l'usage des technologies.

2. VUE D'ENSEMBLE DES TRAVAUX ET DES APPROCHES EXISTANTES

2.1. Technostress

Le technostress est un concept issu de la littérature anglo-saxonne et dont l'étude s'est accentuée au fil des décennies. Brod (1984) l'a défini comme une « maladie moderne » causée par l'incapacité de faire face aux nouvelles technologies informatiques de manière saine. En revanche, Weil et Rosen (1997) ne considèrent pas le technostress comme une maladie mais le définissent comme tout impact négatif sur les attitudes, les pensées, les comportements ou la physiologie corporelle causé directement ou indirectement par la technologie. Riedl (2013), d'un point de vue biologique, le conceptualise comme un phénomène découlant d'une interaction humaine directe avec les TIC, ainsi que des perceptions, des émotions et des réflexions sur la mise en œuvre des TIC dans les organisations et son omniprésence dans la société en général.

Au cours des dernières décennies, l'étude du technostress a pris une grande importance en raison de ses impacts sur l'individu, tant au niveau psychologique (Salanova et al., 2013) que physiologique (Riedl, 2013), et sur les organisations (Ragu Nathan et al., 2008 ; Tarafdar et al., 2011). Les principaux facteurs provoquant le technostress sont : la techno-surcharge (trop d'information), la techno-invasion (toujours connecté), la techno-complexité (difficulté dans l'usage), l'insécurité technologique (sentiment de menace) et l'incertitude technologique (peur d'être obsolète) (Ragu Nathan et al., 2008), ainsi que des caractéristiques des technologies telles que l'utilisabilité et la synchronisation de l'information (Sellberg & Susi, 2014).

2.2. Charge Mentale

L'étude de la charge mentale est essentielle pour comprendre l'activité dans le cadre du travail. Intuitivement, la charge mentale est une certaine quantité de travail de type mental qui doit être effectuée dans un temps requis et qui peut avoir des effets délétères, principalement de la fatigue et des erreurs au travail. L'expression « charge mentale » est ambiguë et est étroitement liée aux notions de fatigue, de stress, d'anxiété, etc. (Spérandio, 2019).

Sweller (1988) propose la Théorie de la Charge Cognitive (TCC). Il s'agit d'un modèle s'inscrivant à l'origine dans le cadre de la psychologie de l'apprentissage et qui postule que la charge cognitive possède trois composantes : la charge cognitive « intrinsèque » (liée au contenu et à la difficulté de la leçon à apprendre), « externe » (liée au mode de présentation de l'information) et « essentielle » (énergie cognitive pour la construction des schémas). Galy (2017) transpose la Théorie de la charge cognitive au domaine du travail et conclut que la charge mentale intrinsèque est liée aux paramètres de la tâche à accomplir. La charge mentale externe est quant à elle liée au contexte d'exécution de cette tâche. Enfin, la charge mentale essentielle est engendrée par les différentes stratégies élaborées par le travailleur pour faire face à cette tâche.

2.3. Relation entre charge mentale et technostress

La littérature montre que la charge mentale et le stress sont deux phénomènes étroitement liés. Par exemple, l'effort perçu, facteur de la charge mentale, est le principal facteur de prédiction du stress professionnel des cadres à différents niveaux de management (Desai, 1993). De même, l'étude de Muñoz et Martínez (2006), menée sur un échantillon de travailleurs de l'industrie électronique au

Mexique, montre que la charge mentale est un facteur de risque de stress. Trois éléments constituaient les facteurs de risque : la demande mentale, la demande temporaire et la frustration face à la tâche.

Dans le cadre d'une étude de laboratoire portant sur la déficience cognitive causée par l'âge et influençant l'apparition du technostress, Tams et al. (2018) démontrent que la charge mentale est un prédicteur du stress et qu'elle est influencée par l'expérience informatique et par l'âge de l'utilisateur. De même, ces auteurs confirment que la fréquence des interruptions dues à la technologie est positivement liée à la charge de travail mentale perçue. Enfin, Sellberg et Susi (2014) ont montré que certaines caractéristiques inhérentes à l'utilisation des TIC - synchronisation de l'information et utilisabilité - peuvent engendrer un technostress et une charge mentale élevée chez les personnes qui occupent des postes administratifs. Ces auteurs affirment également qu'il peut être difficile de déterminer le moment où une charge cognitive élevée et une euphorie psychologique franchissent la ligne et se transforment en technostress.

3. APPROCHE METHODOLOGIQUE ENVISAGEE

En se basant sur le modèle transactionnel¹ ICA (Individu – Charge mentale - Activité) développé par Galy (2017), et afin de comprendre l'évaluation cognitive qu'opère un individu de son usage des technologies numériques dans le cadre de son travail, nous devons prendre en considération des facteurs relevant des individus (expertise, âge, etc.), de la tâche (paramètres des tâches, difficulté, etc.) et du contexte d'exécution de la tâche (organisation, horaires, reconnaissance, relation avec les collègues, etc.).

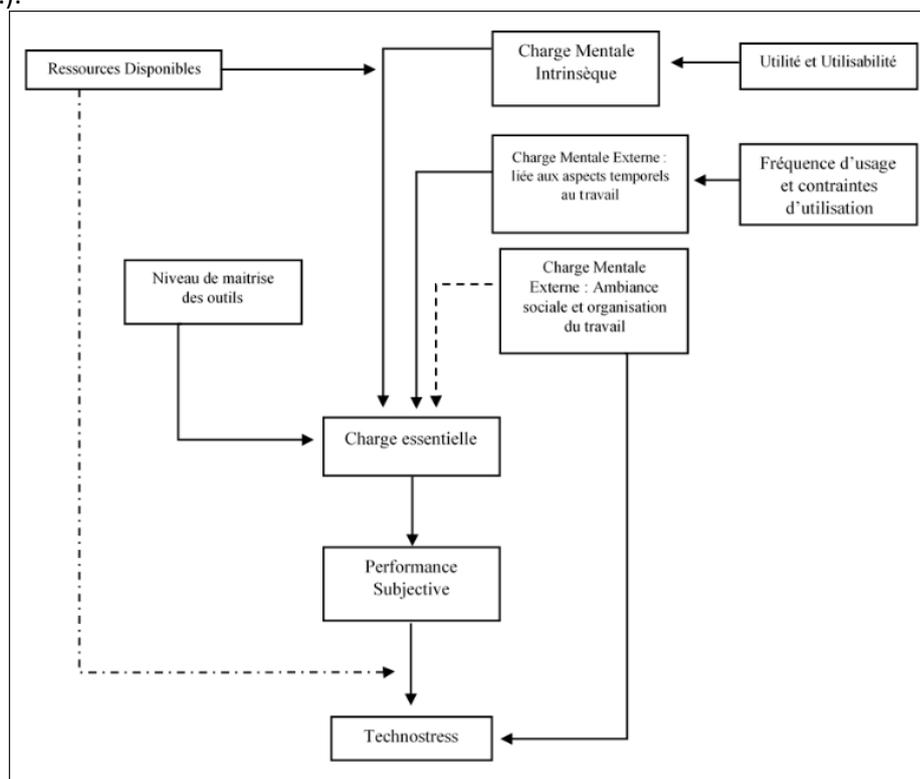


Figure 1 : Modèle étendu à partir des éléments du modèle ICA (Galy, 2020) et les éléments inhérents à l'usage des technologies numériques. Les lignes continues représentent les relations positives, les lignes en pointillés représentent les relations négatives.

Ainsi, reprenant la terminologie de Sweller (1988), les facteurs liés aux caractéristiques de la tâche vont être responsables d'un coût mental appelé la charge mentale intrinsèque. Les facteurs en lien avec le contexte d'exécution correspondront à un coût mental appelé la charge mentale externe. En

¹ Évaluation cognitive de l'individu face à un événement stressant tenant compte des facteurs individuels et environnementaux.

fonction de l'expertise des individus dans le travail et des tâches associées, mais également de leurs ressources cognitives, ceux-ci seront plus ou moins capables de mettre en œuvre des stratégies de régulation de leur activité pour faire face, par exemple, à des conditions d'exécution stressantes. Le coût mental représenté par la mise en œuvre de ces stratégies de régulation est appelé la charge mentale essentielle. L'adaptation du modèle ICA que nous proposons est représentée dans la Figure 1.

Par la suite, nous avons élaboré un questionnaire permettant d'évaluer le technostress et ses déterminants supposés. Ce questionnaire est en cours de validation. Dans le même temps, nous réalisons une étude exploratoire du lien entre la charge mentale et le technostress afin d'étudier les relations possibles entre leurs composants.

Enfin, une fois élaboré, le questionnaire sera utilisé pour tester les hypothèses spécifiques du modèle que nous proposons, en complément d'entretiens semi-directifs.

4. TRAVAIL REALISE ET EN COURS

4.1. Etat de l'art de la conceptualisation et de l'évaluation du technostress et de la charge mentale

À partir de l'examen détaillé de la littérature sur les deux concepts, nous avons constaté l'existence de trois cadres pour l'évaluation subjective du technostress. Le premier proposé par Ragu Nathan et al. (2008) est basé sur la perspective de stress transactionnel de Lazarus et Folkman (1984) et évalue les créateurs du technostress en milieu professionnel. Le deuxième, proposé par Ayyagari et al. (2011), postule que le technostress serait le produit de l'incompatibilité des caractéristiques de l'utilisateur avec les caractéristiques de la technologie. Enfin, le troisième proposé par Salanova et al. (2013) postule que le technostress est une expérience négative divisé en deux états : la techno-tension et la techno-dépendance.

Concernant la charge mentale, il existe plusieurs méthodes permettant son évaluation, telles que les mesures subjectives, comportementales et physiologiques. Il existe deux approches pour comprendre le concept de charge mentale. La première, appelée « exigences de la tâche », considère la charge mentale comme une variable externe et indépendante à laquelle les travailleurs doivent faire face ; et la seconde, appelée « exigences-ressources » définit la charge mentale comme les exigences de la tâche et les capacités ou ressources de la personne (Hacker, 1998).

4.2. Adaptation et validation d'une échelle de mesure subjective de créateurs du technostress (en cours)

4.2.1. Description de l'échelle à valider et objectifs de l'étude

L'instrument est une échelle développée et validée par Ragu-Nathan et al. (2008). Cette échelle est basée sur le modèle transactionnel du stress de Lazarus et Folkman (1984). Cet instrument mesure les créateurs de technostress définis comme les aspects de la technologie qui favorisent l'apparition du technostress, et les protecteurs de technostress qui sont les facteurs aidant à réduire le risque d'apparition du technostress en milieu professionnel.

D'un côté, les créateurs du technostress sont les suivants : la surcharge due à la technologie, l'envahissement de la technologie, l'auto-efficacité vis-à-vis des technologies, l'insécurité technologique et l'incertitude technologique. D'un autre côté, les protecteurs du technostress sont les suivants : la présence du support technique, l'organisation de l'apprentissage et l'implication des utilisateurs.

Les objectifs de l'étude sont d'adapter linguistiquement et culturellement l'échelle du technostress au contexte français en utilisant la méthode de traduction inversée, ainsi que d'explorer ses propriétés psychométriques (telles que la validité liée au contenu, la validité liée à la structure interne et la consistance interne) et enfin, de constituer un outil de mesure valide et fiable du technostress pour l'utiliser dans les prochaines expériences. Le recueil de données est en cours.

4.2.2. Public cible

Toutes les personnes en occupation professionnelle et qui utilisent au moins un type de technologie numérique ont été prises en considération. Ainsi, ces personnes peuvent faire partie des entreprises, de l'administration publique ou des associations. Pour l'étude, les personnes en situation de retraite, les inactifs et les étudiants sans emploi ont été exclus de l'étude.

Pour collecter les réponses, une plateforme en ligne est utilisée. La réglementation RGDP ainsi que l'anonymat des participants sont respectés. Enfin, avant de réaliser l'étude, les participants doivent donner leur consentement pour participer.

4.2.3. Résultats partiels

Une partie du processus d'adaptation linguistique et culturelle d'un instrument consiste à vérifier la validité de contenu des énoncés qui la composent. La validité de contenu évalue dans quelle mesure les divers items d'un instrument ou d'une échelle sont représentatifs du ou des construits mesurés. Pour réaliser cette évaluation, nous avons fait appel à des enseignants-chercheurs en psychologie du travail et en ergonomie. A l'aide d'une grille d'évaluation, ceux-ci ont donné leur avis pour chaque énoncé composant l'échelle. Afin de quantifier les appréciations de chaque juge, nous avons utilisé le calcul du coefficient V d'Aiken (1980). Le V d'Aiken est un coefficient qui permet de quantifier la pertinence des items par rapport à un domaine de contenu, à partir des évaluations de « N » juges. Au total nous avons réalisé successivement trois études de validité de contenu. Un résumé des études est proposé dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Synthèse des résultats sur la validité de contenu vis-à-vis des énoncés de l'échelle

Nombre d'étude	N. de juges experts	N d'items testés	V d'Aiken*	N d'items acceptés	N d'items refusés	Décision
Etude 1	10	30	0,7	9	21	Reformuler les questions dont le V de Aiken n'était pas suffisant Deux questions ayant eu un score très faible ont été retirées
Etude 2	10	19	0,7	16	3	Reformuler les questions dont le V de Aiken n'était pas suffisant
Etude 3	3	3	0,92	2	1	Retirer la question qui n'a pas eu le score minimum.

(*) Coefficient nécessaire pour accepter un item. S'il est supérieur ou égal l'item est accepté, s'il est inférieur l'item doit être modifié ou retiré selon les recommandations des experts

4.3. Etude exploratoire et quantitative de la charge mentale et le technostress (en cours)

Compte tenu du fait que la charge mentale et le technostress peuvent être évalués depuis une perspective transactionnelle, une étude exploratoire de nature quantitative est menée en utilisant deux échelles. La première, mesurant la charge mentale développée par Galy (2020) et la seconde, mesurant le technostress développé par Ragu-Nathan et al. (2008). Le premier instrument est un questionnaire comprenant 40 questions réparties en 4 dimensions : les ressources disponibles, la charge intrinsèque, la charge essentielle et la charge externe. La charge externe est elle-même répartie en deux sous-dimensions, "aspects temporels au travail" et "organisation et ambiance sociale". Le second est la version française de l'échelle de créateurs et protecteurs du technostress qui est composé de 27 questions réparties en 8 dimensions (dont 5 sont les créateurs du technostress et 3, protecteurs du technostress).

5. CONCLUSION ET ORIGINALITE DE LA THESE

Dans la littérature scientifique, certaines études ont appréhendé le rôle du technostress et de la charge mentale dans la surcharge d'information, les difficultés à concilier la vie privée et la vie professionnelle, l'amélioration de l'interaction homme-machine, l'apparition des interruptions et la polyvalence dues à l'utilisation des technologies au travail, etc.

Ces deux concepts peuvent donc être évalués ensemble autour d'un même sujet ou problème, ceci permettant de comprendre la manière dont les deux concepts sont liés. L'originalité de la thèse repose sur le fait que la charge mentale est un prédicteur de stress technologique (technostress) professionnel avec une perspective transactionnelle, c'est-à-dire en tenant compte de la perception et du jugement de l'opérateur vis-à-vis de l'usage des technologies numériques dans l'environnement professionnel.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Aiken, L. R. (1980). Content Validity and Reliability of Single Items or Questionnaires. *Educational and Psychological Measurement*, 40(4), 955-959.
- Ayyagari, Grover, & Purvis. (2011). Technostress : Technological Antecedents and Implications. *MIS Quarterly*, 35(4), 831.
- Brod, C. (1984). *Technostress: The Human Cost of the Computer Revolution*. Addison-Wesley, Reading, Mass.
- Chaumon, M. E. B., Brangier, E., & Fadier, E. (2014). Usage des technologies de l'information et de la communication et bien-être au travail. *EMC-Pathologie professionnelle et de l'environnement*, 9, 1-9.
- Cascio, W. F., & Montealegre, R. (2016). How Technology Is Changing Work and Organizations. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 3(1), 349-375.
- Desai, T. (1993). Stress and Mental Workload: A Study in an Industrial Organisation. *Indian Journal of Industrial Relations*, 28(3), 258-273.
- Hacker, W. (1998). Carga mental de trabajo. In Stellman (Ed.), *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. 29.44-29.46
- Galy, E. (2017). Consideration of several mental workload categories : Perspectives for elaboration of new ergonomic recommendations concerning shiftwork. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 19(4), 483-497.
- Galy, E. (2020). A multidimensional scale of mental workload evaluation based on Individual-Workload-Activity (IWA) model : Validation and relationships with job satisfaction. *The Quantitative Methods for Psychology*, 16(3), 240-252.
- Lazarus, R. S. and Folkman, S. (1984), 'Stress, Appraisal, and Coping'. New York, Springer Publishing Company
- Muñoz, E. L. G., & Martínez, R. E. G. (2006). La carga de trabajo mental como factor de riesgo de estrés en trabajadores de la industria electrónica. *Revista latinoamericana de psicología*, 38(2), 259-270.
- Popma, J. (2013). Technostress et autres revers du travail nomade. *Bruxelles, Belgique: ETUI aisbl*.
- Ragu-Nathan, T. S., Tarafdar, M., Ragu-Nathan, B. S., & Tu, Q. (2008). The Consequences of Technostress for End Users in Organizations : Conceptual Development and Empirical Validation. *Information Systems Research*, 19(4), 417-433.
- Riedl, R. (2013). On the biology of technostress : Literature review and research agenda. *ACM SIGMIS Database: The DATABASE for Advances in Information Systems*, 44(1), 18-55.
- Salanova, M., Llorens, S., & Cifre, E. (2013). The dark side of technologies : Technostress among users of information and communication technologies. *International Journal of Psychology*, 48(3), 422-436.
- Sellberg, C., & Susi, T. (2014). Technostress in the office : A distributed cognition perspective on human-technology interaction. *Cognition, Technology & Work*, 16(2), 187-201.
- Sperandio, J. (2019). La charge mentale... au travers de quelques recherches anciennes d'ergonomie. Communication présentée à EPIQUE. Lyon, France, Jul.
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- Tams, S., Thatcher, J. B., & Grover, V. (2018). Concentration, competence, confidence, and capture: An experimental study of age, interruption-based technostress, and task performance. *Journal of the Association for Information Systems*, 19(9), 2.

- Tarafdar, M., Tu, Q., Ragu-Nathan, T. S., & Ragu-Nathan, B. S. (2011). Crossing to the dark side : Examining creators, outcomes, and inhibitors of technostress. *Communications of the ACM*, 54(9), 113-120.
- Weil, M. M. and Rosen, L.D. (1997). *Technostress: Coping with Technology @Work @Home @Play*. Wiley, New York

Effet de la difficulté et de la modalité des tâches sur la charge cognitive en environnement dynamique : le cas du fantassin débarqué

Alexis Remigereau

Institut de recherche biomédicale des armées
Département NSCo – Unité ECSO, 1 place Valérie André - BP 73
91220 Brétigny sur Orge Cedex (France)
alexis.remigereau@intradef.gouv.fr

Julie Albentosa

Institut de recherche biomédicale des armées
Département NSCo – Unité ECSO, 1 place Valérie André - BP 73
91220 Brétigny sur Orge Cedex (France)
julie.albentosa@intradef.gouv.fr

Françoise Darses

Institut de recherche biomédicale des armées
Département NSCo – Unité ECSO, 1 place Valérie André - BP 73
91220 Brétigny sur Orge Cedex (France)
francoise.darses@intradef.gouv.fr

DISCUTANTS : Irène Gaillard & Françoise Anceaux

RÉSUMÉ

Ce document a pour objectif de présenter la thèse intitulée « Influence de la difficulté et de la modalité des tâches sur la charge cognitive en environnement dynamique : le cas du fantassin débarqué ». Cette thèse, débutée en janvier 2020, est réalisée à l'Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA) et s'inscrit dans le cadre du projet de recherche d'Évaluation de la Charge Cognitive du Combattant Débarqué (ECCODÉ). Ce projet est mené en partenariat avec l'Etat-Major de l'Armée de Terre (EMAT), la Section Technique de l'Armée de Terre (STAT) et l'équipe VENISE du LISMI, laboratoire de recherche du CNRS. Une première section présente le contexte opérationnel de la thèse. Une seconde section présente le cadre théorique et la problématique. Dans la dernière section, nous décrivons notre programme de recherche en précisant les expérimentations envisagées.

MOTS-CLÉS

Charge cognitive ; multitâche ; simulation ; modalité sensorielle ; fantassin.

1. CONTEXTE OPERATIONNEL

Lorsque le fantassin débarqué opère hors de son véhicule, à pieds, il est soumis à de fortes contraintes opérationnelles (c ex., gestion d'une situation multitâche), environnementales (par ex., topographie difficile), ou technologiques (par ex., multimodalité des équipements). Leur intensité ou leur survenue simultanée sont susceptibles d'entraîner une surcharge cognitive.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International.

Pour soutenir le combattant débarqué dans ses missions opérationnelles, on conçoit des équipements de plus en plus sophistiqués tels que le Système d'Information Tactique du COMBattant DEbarqué (SITCOMDé) ou le bandeau ostéo-communicant, deux composants du système FELIN (Fantassin à équipement et liaisons intégrés). Aujourd'hui, de nouvelles technologies telle que la réalité augmentée sont envisagées. Ces équipements, fondés sur un principe d'intégration multisensorielle, offrent au combattant des possibilités d'action augmentées et un accès à de nouvelles sources d'informations.

Cependant, ces équipements sont conçus selon une approche technocentrée qui gagnerait à mieux prendre en considération les compétences perceptives et cognitives de l'humain en situation d'action, telles qu'elles sont investiguées par les recherches en psychologie cognitive et en ergonomie. Ces travaux scientifiques ont montré que les humains – dans notre cas, les combattants débarqués - aussi entraînés soient-ils, ne disposent pas de ressources perceptives et cognitives illimitées (Broadbent, 1958; Wickens, 1984) et peuvent arriver à un point de surcharge cognitive s'ils sont sollicités par le traitement d'un nombre excessif de contraintes externes ou internes (Chanquoy et al., 2007). L'objectif de la thèse est de comprendre le mécanisme d'influence de deux facteurs sur la charge cognitive des combattants en environnement dynamique: la modalité de présentation des informations et la difficulté des tâches.

2. CADRE THEORIQUE

2.1. Définition et mesure de la charge cognitive

La notion de charge cognitive tire son origine du postulat selon lequel les capacités cognitives de l'individu sont limitées (Deutsch & Deutsch, 1963; Moray, 1967), notamment en termes de ressources attentionnelles (Broadbent, 1958; Wickens, 1984) et mnésiques (Baddeley, 2000; Miller, 1956). Ces deux limites expliquent la survenue d'une surcharge cognitive lorsque l'individu est confronté à une situation présentant des exigences trop élevées au regard des ressources dont l'individu dispose, entraînant une détérioration des performances. Parmi les nombreuses définitions pouvant être relevées dans la littérature, celle de Chanquoy et al. (2007) nous semble particulièrement consensuelle, décrivant la charge cognitive comme « l'intensité du traitement cognitif mis en œuvre par un individu lorsqu'il réalise une tâche donnée dans un contexte particulier ». Toutes les formes de mesures de la charge cognitive renvoient à trois catégories d'indicateurs (Cain, 2007), notamment physiologiques (i.e. ECG, EEG, RED, etc.), comportementaux et de performances (i.e. temps de réaction, nombre d'erreurs, performance à la tâche, etc.) ou encore subjectifs (i.e. Questionnaires tels que l'échelle ISA, NASA-TLX, Workload Profile, MRQ, RSME, etc.).

2.2. Effet de la difficulté des tâches sur la survenue d'une surcharge cognitive

Les travaux princeps s'intéressant à la difficulté d'une tâche la décrivent par des exigences de performance attendues (Ex. : productivité) et la part de ressources que l'individu doit mobiliser pour atteindre ce niveau de performance (Kantowitz & Knight, 1978). Cette définition montre le lien étroit existant entre la difficulté et la charge cognitive. La difficulté fait intuitivement référence à un sentiment subjectif de contrainte apparaissant lors de la réalisation de la tâche. Cependant, elle se définit par l'efficacité objective de la mise en œuvre des ressources de l'individu en fonction des caractéristiques de la tâche et de l'individu. Celles-ci peuvent être le format de présentation des stimuli (Ex. : saillance visuelle), la prédictibilité des états futurs, la compatibilité stimulus-réponse ou encore l'expertise (Navon & Gopher, 1979). Le rôle de l'expertise fait écho au contrôle cognitif, en tant que capacité des individus à organiser leurs pensées et leurs actions en fonction de buts à atteindre (Miller & Cohen, 2001). Cette notion fait intervenir la distinction entre les processus contrôlés, qui implique une régulation consciente et coûteuse en ressources d'une part, et les processus automatisés, peu coûteux d'autre part (Schneider & Shiffrin, 1977). Ce concept est à la base du modèle Skills - Rules - Knowledge proposé par Rasmussen (1986) puis repris par Hoc & Amalberti (2007) qui postule que les tâches sont réalisées selon différents niveaux de contrôle : le niveau S, le moins coûteux, est basé sur le recours à des habiletés sensorimotrices ou des automatismes ; le niveau R intermédiaire,

moyennement coûteux, est basé sur l'exécution contrôlée de règles ; le niveau K élevé, le plus coûteux cognitivement, est dirigé vers l'élaboration des procédures, ce qui nécessite la mobilisation de connaissances complexes (stratégies, heuristiques, anticipation, simulation mentale, etc.). Ce modèle SRK a été éprouvé dans des environnements multitâches expérimentaux, comme le MATB-II dont les tâches ont été décrites selon ces trois niveaux de contrôle. Cegarra et al. (2017) ont confirmé en partie les prédictions permises par le modèle SRK sur la charge cognitive des participants, montrant qu'une tâche du niveau R engendre un coût cognitif moins élevé qu'une tâche de niveau K.

2.3. Effet de la modalité de présentation d'une information sur la charge cognitive

2.3.1. Modalité des tâches et limites des capacités de traitement de l'information : canal unique versus ressources multiples

Les recherches sur l'attention et les ressources cognitives limitées de l'individu ont donné lieu à deux types de modèles s'opposant sur le fonctionnement des ressources : (i) les modèles postulant un canal attentionnel unique et partagé entre les tâches (Kahneman, 1973) et (ii) les modèles décrivant de multiples ressources pour chacune des modalités sensorielles (Wickens, 1984). D'après le modèle de Wickens (2002), il existe des ressources attentionnelles indépendantes pour chaque modalité sensorielle, dont la vision et l'audition, également pour le type d'encodage, visuel ou spatial, où selon le type de réponse, verbal ou manuel. Il a été proposé d'ajouter la modalité haptique aux modalités de ressources attentionnelles indépendantes (Boles, 2007).

Par ailleurs, il a été montré un effet de clignement attentionnel (attentional blink), c'est-à-dire une altération de l'encodage d'un stimulus consécutif à un premier, lorsque les deux cibles sont de modalités différentes (par ex., visuelle et auditive - Arnell, 2001). La période réfractaire psychologique (psychological refractory period), qui se définit par une réponse plus lente à un second stimulus présenté consécutivement à un premier stimulus, est un mécanisme/effet observé avec des stimuli de modalités différentes (Davis, 1957). Un coût cognitif supplémentaire qui peut être expliqué par le traitement centralisé des informations après la perception des stimuli visuels et auditifs (Davis, 1957). Ces résultats interrogent l'opposition entre les modèles d'un canal unique de traitement de l'information et ceux de ressources attentionnelles multiples.

Dans la continuité de ce débat théorique sur le fonctionnement des ressources attentionnelles, les modalités sensorielles des informations ont été étudiées sous le prisme des contraintes (qui engendrent un coût cognitif) et sous celui des bénéfices (amélioration des temps de réaction ou de précision des réponses) dans certaines tâches (Arnell, 2001). Dans le cadre du paradigme de l'indigage spatial, il a été montré que le temps de réaction pour répondre à la présentation d'une cible était plus court lorsque l'indice précédent l'apparition de la cible était présenté dans une modalité différente que celle de la cible (Spence & Driver, 1997). L'interaction entre l'effet de la modalité des stimuli d'une tâche (visuelle ; auditive) et l'effet du changement de tâche sur la charge a été démontrée (Sandhu & Dyson, 2013). Les modalités de présentation des informations sur la charge cognitive de fantassin peuvent conduire à des effets bénéfiques, ou au contraire, délétères, comme cela a été montré dans différentes tâches - dont la navigation (Elliott et al., 2010) ou encore la recherche de cible (White & Hancock, 2020).

2.3.2. Effet de la modalité d'une tâche secondaire de détection sur la charge cognitive en situation multitâche

La tâche de réponse à la détection (Detection response task ; DRT ; Strayer et al., 2015) consiste à demander au participant de répondre le plus vite possible à l'apparition d'un stimulus. La DRT est très utilisée en psychologie ergonomique pour mesurer la charge cognitive des individus impliqués dans des tâches diverses. La DRT peut prendre plusieurs formes selon la modalité des stimuli (visuelle, auditive ou haptique) et permet d'identifier le niveau de charge cognitive résultant de niveaux variés de difficulté (Thorpe et al., 2020). Toutes les modalités sensorielles exploitées par la DRT sont sensibles à des variations de la charge cognitive (Stojmenova & Sodnik, 2018). En outre, l'usage de la DRT avec une modalité spécifique des stimuli peut constituer un indicateur du degré de sollicitation d'un canal

sensoriel. Pour évaluer les effets sur la charge cognitive mesurée avec une DRT dont les stimuli étaient visuels, Hollands et al., (2019) ont demandé à des soldats de réaliser des tâches dont la difficulté variait du fait de la vitesse de présentation de message (rapide ; lente) et dont les modalités de présentation des informations (auditive ; visuelle) variaient également. Les résultats ont montré que les temps de réaction étaient plus courts lorsque la présentation des messages était lente et lorsque ces messages étaient présentés auditivement. En situation multitâche réelle, cet effet de la modalité sur la charge cognitive est susceptible d'être influencé par les autres processus cognitifs impliqués dans la réalisation des autres tâches. Une expérimentation prenant en compte l'activité de ces autres processus cognitifs permettra d'obtenir un plus haut niveau de validité externe et à terme, une meilleure évaluation des bénéfices de l'usage d'équipements multimodaux de navigation ou de communication pour les fantassins.

3. PROBLEMATIQUE

Cette thèse se propose d'étudier l'influence de la modalité sensorielle des stimuli d'une tâche secondaire sur la charge cognitive des individus selon différents niveaux de difficulté des tâches principales représentatives. À notre connaissance, ces effets d'interaction n'ont pas été évalués jusqu'à présent. Bien que différentes tâches de réponse à la détection aient été comparées avec des stimuli uni-modaux ou multimodaux (Stojmenova & Sodnik, 2018), on ignore si les effets sur la charge cognitive prédits par les modèles de ressources multiples (Wickens, 2002) - en opposition avec les modèles d'un canal unique de traitement de l'information (Broadbent, 1958) - se vérifient dans le cas de situations multitâches qui reproduisent fidèlement les propriétés de l'activité des fantassins.

4. ETUDES EMPIRIQUES

4.1. Etude exploratoire : analyse de l'activité des fantassins débarqués

Nous avons analysé l'activité des fantassins débarqués, sur la base d'un recueil de données verbales (entretiens semi-dirigés) auprès de 47 combattants, puis d'un recueil in situ de données comportementales (observations systématiques instrumentées) sur un échantillon de 14 participants. Une analyse de contenu du corpus verbal et vidéo permis d'identifier un ensemble de situations d'action caractéristiques (Jeffroy, 1987), comme par exemple un contact avec l'ennemi avec ou sans ouverture de feu, la survenue d'un blessé dans le groupe, deux communications radio simultanées, etc.). Nous avons également extrait les facteurs susceptibles de générer une charge cognitive élevée, comme par exemple l'anxiété, le multitâche, l'incertitude, la surcharge informationnelle ou la pression temporelle. Les facteurs identifiés permettent de définir les variables qu'il est pertinent de manipuler lorsqu'on veut faire varier expérimentalement le niveau de charge cognitive. Ces résultats ont également servi de repères pour cibler les observations sur des situations pertinentes sur le terrain. Des observations systématiques instrumentées ont été effectuées au sein de régiments d'infanterie et ont porté sur des entraînements pleine échelle (live simulation) dédiées aux chefs de groupe et chefs de section. Les données audio-visuelles ont été traitées pour servir de support à la conception d'un environnement virtuel multitâche et de scénarios afin de simuler l'activité du fantassin.

4.2. Etude expérimentale : effet de la difficulté des tâches et de la modalité de présentation des informations d'une tâche de réponse à la détection (DRT) sur la charge cognitive

4.2.1. Objectifs

Le premier objectif théorique de cette étude est d'investiguer les effets du niveau de difficulté des tâches sur le niveau de charge cognitive des fantassins, en fonction de la modalité de présentation d'une tâche secondaire de réponse à la détection - DRT (visuelle, auditive ou haptique). Le deuxième objectif est de confirmer la validité d'un modèle des ressources attentionnelles multiples (Wickens, 2002) pour les situations multitâches opérationnelles dans lesquelles évoluent les fantassins débarqués. L'objectif applicatif consiste quant à lui de vérifier la portée pratique du dispositif en tant qu'outil de mesure de la charge cognitive.

4.2.2. Matériel et tâche

Le support de cette expérimentation sera le dispositif de test multitâche, nommé MTT-IRBA, permettant de simuler une situation multitâche. Celle-ci est composée de quatre tâches représentatives de l'activité des fantassins : progresser, se protéger, s'orienter, observer/neutraliser. Ces tâches seront présentées sur un écran d'ordinateur ; le participant interagira avec un clavier et une souris. La tâche secondaire sera une DRT, qui consiste à répondre le plus vite possible à l'apparition d'un stimulus pouvant être, selon les conditions, un signal lumineux, sonore ou encore haptique.

4.2.3. Plan expérimental

Les variables indépendantes seront la Difficulté de la situation multitâche (nombre d'informations à traiter pour les quatre tâches (élevé ; faible), la modalité de la Tâche de réponse à la détection (visuelle ; auditive ; haptique ; aucune) et la Modalité de chacune des quatre tâches principales (visuelle ; auditive). Les variables dépendantes seront le niveau de charge cognitive et la performance. Le plan d'expérience est le suivant : $S30 < D2 * T4 * M2 >$.

La charge cognitive sera évaluée par des mesures physiologiques dont l'électroencéphalographie, l'électrocardiographie et la réponse électrodermale (Cain, 2007). Une mesure subjective sera également utilisée au travers du NASA-TLX (Hart & Staveland, 1988). La performance sera évaluée au travers des temps de réaction, du nombre d'erreur ou de la qualité des réponses.

4.3. Programme ultérieur

Plusieurs possibilités d'expérimentation sont actuellement envisagées dans la continuité de ces deux premières études et en fonction des résultats. Une investigation plus approfondie de l'influence des modalités sensorielles des informations sur la charge cognitive, notamment au travers de la notion de multimodalité pourrait être envisagée. Il s'agirait de tester l'effet d'une présentation bimodale (par ex., visuo-auditif vs. visuo-tactile) de la DRT sur la charge cognitive des fantassins. Par ailleurs, les qualités psychométriques du dispositif MTT-IRBA pourraient faire l'objet d'une évaluation afin d'estimer dans quelle mesure les observations réalisées avec cet outil peuvent être extrapolées aux situations réelles. Ainsi, il serait intéressant de corrélérer la performance des fantassins aux tâches simulées avec leur performance à l'entraînement, en opération.

4.4. Retombées attendues

Les retombées envisagées à la suite de ce travail de thèse sont de prévenir la survenue d'une surcharge cognitive chez le combattant et de garantir la bonne adéquation entre ses capacités cognitives et les propriétés des équipements futurs au travers de recommandations établies auprès des forces et des industriels. Parallèlement, l'objectif est de proposer un outil de mesure de la charge cognitive en situation opérationnelle multitâche, centré sur les chefs de groupe et de section débarqués, via un dispositif expérimental de simulation pouvant être réutilisé pour des recherches ultérieures. Une perspective d'amélioration des outils de formation et d'entraînement des fantassins est également envisagée.

5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arnell, K. M. (2001). Cross-modal interactions in dual-task paradigms. In K. Shapiro (Ed.), *The limits of attention* (pp. 141-177). New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer : A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. Pergamon Press.
- Cain, B. (2007). *A review of the mental workload literature*. Defence Research And Development Toronto (Canada).

- Cegarra, J., Baracat, B., Calmettes, C., Matton, N., & Capa, R. (2017). A neuroergonomics perspective on mental workload predictions in Jens Rasmussen's SRK framework. *Le Travail Humain*, 2017(1), 7–22.
- Chanquoy, L., Tricot, A., & Sweller, J. (2007). *La charge cognitive : Théorie et applications*. A. Colin.
- Davis, R. (1957). The Human Operator as a Single Channel Information System. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 9(3), 119–129.
- Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70(1), 80–90.
- Elliott, L. R., van Erp, J., Redden, E. S., & Duistermaat, M. (2010). Field-Based Validation of a Tactile Navigation Device. *IEEE Transactions on Haptics*, 3(2), 78–87.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index) : Results of Empirical and Theoretical Research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Éds.), *Advances in Psychology* (Vol. 52, p. 139–183). North-Holland.
- 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.
- Hollands, J. G., Spivak, T., & Kramkowski, E. W. (2019). Cognitive Load and Situation Awareness for Soldiers : Effects of Message Presentation Rate and Sensory Modality. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 61(5), 763–773.
- Jeffroy, F. (1987). *Maîtrise de l'exploitation d'un système micro-informatique par des utilisateurs non-informaticiens : Analyse ergonomique et processus cognitif* [These de doctorat, Paris 13].
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Prentice-Hall.
- Kantowitz, B. H., & Knight, J. L. (1978). When is an easy task difficult and vice versa? A reply to lane. *Acta Psychologica*, 42(2), 163–170.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An Integrative Theory of Prefrontal Cortex Function. *Annual Review of Neuroscience*, 24(1), 167–202.
- Miller, G. A. (1956). The magic number seven plus or minus two : Some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63, 91–97.
- Moray, N. (1967). Where is capacity limited? A survey and a model. *Acta Psychologica*, 27, 84–92.
- Navon, D., & Gopher, D. (1979). On the economy of the human-processing system. *Psychological Review*, 86(3), 214–255.
- Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction : An approach to cognitive engineering*. North-Holland.
- Sandhu, R., & Dyson, B. J. (2013). Modality and task switching interactions using bi-modal and bivalent stimuli. *Brain and Cognition*, 82(1), 90–99.
- Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing : I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84(1), 1–66.
- Spence, C., & Driver, J. (1997). Audiovisual links in exogenous covert spatial orienting. *Perception & Psychophysics*, 59(1), 1–22.
- Stojmenova, K., & Sodnik, J. (2018). Detection-Response Task—Uses and Limitations. *Sensors*, 18(2), 594.
- Strayer, D. L., Turrill, J., Cooper, J. M., Coleman, J. R., Medeiros-Ward, N., & Biondi, F. (2015). Assessing Cognitive Distraction in the Automobile. *Human Factors*, 57(8), 1300–1324.

- Thorpe, A., Innes, R., Townsend, J., Heath, R., Nesbitt, K., & Eidels, A. (2020). Assessing cross-modal interference in the detection response task. *Journal of Mathematical Psychology*, 98, 102390.
- White, T. L., & Hancock, P. A. (2020). Specifying advantages of multi-modal cueing : Quantifying improvements with augmented tactile information. *Applied Ergonomics*, 88, 103146.
- Wickens, C. D. (1984). *Processing resources in attention/R. Parasuraman, DR Davis (Eds.). Varieties of Attention*. Academic Press, Orlando, FL.
- Wickens, C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(2), 159–177.

Evaluer l'impact des interactions à distance et de la latitude décisionnelle sur la charge mentale. Proposition d'un protocole expérimental.

Nolwenn Le Gonidec

LAPCOS – MSHS Sud-Est

24 avenue des diables bleus, 06 357 Nice

nolwenn.legonidec@etu-unice.fr

Caroline Dubois

Orange Atalante

4 rue du Clos Courtel, 35 510 Cesson-Sevigne

caroline.dubois@orange.com

Caroline Fenzy-Peyre

Orange Labs Sophia

905 rue Albert Einstein, 06 560 Valbonne

caroline.fenzypeyre@orange.com

Edith Galy

LAPCOS – MSHS Sud-Est

24 avenue des diables bleus, 06 357 Nice

edith.galy@univ-cotedazur.fr

DISCUTANTS : Liliane Pellegrin & Julie Albentosa

RÉSUMÉ

La charge mentale représente l'effort fourni par un opérateur pour répondre aux exigences d'une tâche. Cette quantité d'effort peut être modulée en fonction de différents facteurs, tels que l'environnement, la pression temporelle et l'état interne de l'opérateur. Dans le cadre d'une thèse portant sur l'impact du numérique sur la charge mentale des salariés de la relation client, nous nous intéressons aux modalités d'interaction entre deux conseillers, ainsi qu'au niveau de contrôle que le salarié a sur son activité. Cet article présente la mise en place d'un protocole expérimental, visant à étudier l'impact sur la charge mentale d'une interaction entre plusieurs opérateurs, médiée par des outils numériques collaboratifs en comparaison à une interaction en face-à-face, ainsi qu'un niveau de contrôle plus ou moins restreint lors de la réalisation de la tâche.

MOTS-CLÉS

Charge mentale ; Protocole expérimental ; Téléconseillers de la relation client ; Interaction ; Outils numériques.

INTRODUCTION

Toute tâche a un coût, physique et mental, plus ou moins important.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International.

Même si le terme « charge de travail » date depuis les années 70, sa définition, ses mécanismes, ses conséquences ainsi que sa mesure continuent à faire débat au sein des différentes disciplines des Sciences Humaines (Cain, 2007). La charge de travail est un « descripteur global » des impacts du travail sur l'aspect physique, cognitif et psychique qui sont propres à chaque individu. Le temps permet à l'opérateur d'anticiper la charge future liée à l'activité et de mettre en place des processus de régulation en fonction de ses expériences antérieures (Cazabat et al., 2008).

Dans le cadre de cette thèse, nous nous astreignons à l'étude de la quantité de l'effort mental requis pour la réalisation d'une tâche pour un individu donné (Tricot & Chanquoy, 1996).

Plus particulièrement, nous cherchons à comprendre l'impact de l'usage des outils numériques sur la charge mentale de téléconseillers.

Nous proposons d'abord un état de l'art du concept de « charge mentale » qui fait l'objet de plusieurs modèles. Dans une deuxième partie, nous présentons une analyse de l'activité de téléconseillers, qui met l'accent sur l'enjeu de la régulation de la charge mentale pour ce métier. Puis nous décrivons le protocole expérimental mis en place pour évaluer l'impact des interactions à distance et de la latitude décisionnelle sur la charge mentale. Enfin, nous présenterons nos hypothèses et les perceptives attendus de ces travaux en cours.

ETAT DE L'ART DU CONCEPT DE CHARGE MENTALE

Les différentes théories

La charge mentale de travail peut se définir comme l'effort fourni par le travailleur pour répondre aux exigences de la tâche dans des conditions matérielles déterminées, en rapport avec son état interne et les divers mécanismes en jeu dans son travail (Fournier et al., 2013).

En psychologie expérimentale, la charge mentale réfère à l'identification des limites cognitives, à partir du moment où les performances sont affectées lors du traitement de l'information (Fournier et al., 2013), rendant compte du fait que l'individu a une quantité de ressources cognitives disponibles et une capacité de traitement en mémoire de travail limitée. D'autres auteurs s'intéressent à la charge mentale, avec une approche centrée sur la situation. Ainsi, ils étudient des facteurs tels que l'environnement de travail, la responsabilité, la pression temporelle et les interruptions du travail, qui contribuent à augmenter la charge mentale (Fournier et al., 2013).

Pour comprendre la charge mentale, il est nécessaire de s'attarder sur le caractère dynamique des relations qui existent entre les ressources mobilisées par l'individu, son activité professionnelle et le contexte organisationnel afin de la conceptualiser dans sa globalité (Leplat, 1977). Ainsi, Galy (2020) propose un modèle prenant en considération le coût que représente l'exécution de la tâche, le contexte d'exécution et la mise en œuvre de mécanismes de régulation.

Ce modèle ICA (Individu - Charge mentale - Activité) se découpe en trois grandes composantes :

- L'individu, qui se caractérise par les dimensions physiologiques, cognitives, affectives et sociales.
- L'activité, définie par les caractéristiques des tâches à effectuer et par le contexte d'exécution.
- La charge mentale, conceptualisée à partir de la théorie de la charge cognitive de Sweller (1988), qui se caractérise par la charge intrinsèque (effort qu'induit la tâche en elle-même), la charge externe (effort lié aux caractéristiques externes à la tâche) et la charge essentielle (effort lié à la mise en œuvre de mécanismes de régulation de l'activité).

Méthodes et mesures

On référence principalement trois méthodes de recueil de données pour évaluer la charge mentale : Les mesures comportementales, les mesures subjectives et les mesures physiologiques.

Le recueil des mesures physiologiques (par ex. fréquence cardiaque, des réponses pupillaires ou encore des méthodes d'imagerie cérébrale (EEG, fNIRS), ...) sont difficilement acceptables dans le cadre

d'une activité de travail car nécessitant des outils spécifiques. En revanche, les mesures comportementales qui relèvent d'observation comme l'analyse temporelle, et l'analyse de modification des modes opératoires ainsi que les mesures subjectives qui sont essentiellement des mesures déclaratives verbalisées ou écrites par les opérateurs, sont envisageables en milieu écologique. Pour prendre en compte la complexité de la situation de travail des téléconseillers, nous avons adopté, en 2020, une première approche basée sur l'observation et l'analyse de l'activité, de six opérateurs en centre d'appel.

L'ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL DES TELECONSEILLERS DE LA RELATION CLIENT

Les centres d'appels ont vu le jour dès les années 90 en France, sous l'effet de la tertiarisation de l'économie (Ponge, 2017). Ces structures de gestion à distance en temps réel permettent de fournir une relation clientèle facilitée et sur demande, répondant aux exigences du consommateur.

Début 2020, six téléconseillers d'un centre d'appel ont été filmés pendant une demi-journée chacun et ont participé à un entretien d'auto-confrontation. Ces phases d'observation et d'échanges nous ont permis de constater d'une part la mise en œuvre de compétences à la fois sociales et cognitives pour être en mesure d'établir un diagnostic et considérer l'ensemble des possibilités d'actions. Et d'autre part, nous avons noté la sédentarité de ce métier ainsi que la réalisation de tâches et de mouvements répétitifs, dans des bureaux ouverts pouvant être très bruyants. De plus, les téléconseillers sont exposés à diverses contraintes telles qu'une maîtrise d'une multitude d'applications numériques, une surveillance en temps réel de leurs performances par leur manager, un manque d'autonomie, un faible contrôle de l'activité ainsi qu'une forte pression temporelle, pouvant alors induire une forte charge de travail. Ces observations ont également été relevées par diverses auteurs tels que Lahlou et Ponge (Lahlou, 2000; Ponge, 2017).

En 1979, Karasek propose un modèle expliquant que l'insatisfaction au travail, la forte tension mentale et l'intention de quitter son emploi, sont liées au manque de soutien social de la part de la hiérarchie et des collègues (étant une ressource disponible pour faire face aux exigences élevées), à l'excès de demandes psychologiques et à un manque de latitude décisionnelle (c'est à dire à l'étendue de la liberté de prise de décision, d'autonomie et l'usage des compétences) (Truchot, 2010). Cependant, ce modèle ne prend pas en compte les différences individuelles dans le milieu professionnel, telles que les profils, qui peuvent influencer sur l'évaluation de la situation et déterminer les stratégies mises en place par le salarié (Truchot, 2010). Ainsi, le modèle de Siegrist prend en compte trois dimensions psychosociales à savoir : les efforts extrinsèques liés au travail (sur le plan psychologique et physique), les récompenses professionnelles et les efforts intrinsèques associés à l'engagement dans le travail (Fournier et al., 2013).

On observe que l'emploi du terme « tension mentale », peut faire appel au concept de stress ou de la charge mentale de travail (Hellemans & Karnas, 1999). Cependant, nous pouvons définir le stress comme la conséquence d'un déséquilibre à plus ou moins long terme entre ce qui est exigé de la personne et les ressources dont elle dispose pour faire face aux exigences professionnelles (Hellemans & Karnas, 1999; Langevin et al., 2011). Alors que la charge mentale concerne l'effort mobilisé à l'instant lors de la réalisation d'une tâche par l'opérateur en fonction du contexte, des moyens nécessaires à l'atteinte du but, et des connaissances de l'opérateur (Tricot & Chanquoy, 1996). La charge mentale peut donc être vue comme un orchestrateur qui fait évoluer la quantité de ressources allouées pour la réalisation de la tâche.

Nous souhaitons donc étudier de plus près les effets du niveau de latitude décisionnelle et des modes d'interactions sur la charge mentale des opérateurs, en prenant en compte les différences individuelles.

LE PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Une étude longitudinale, portant sur la charge mentale des salariés en télétravail pendant le premier confinement en 2020, nous a révélé que les échanges à distance via le numérique semblaient demander un plus grand effort aux salariés et ne permettaient pas d'être aussi efficace qu'en présentiel

(Le Gonidec, 2020). Le protocole expérimental mis en place vise donc à savoir si le niveau de charge mentale est influencé par l'utilisation du numérique en situation d'interaction et d'évaluer l'impact d'un niveau de latitude décisionnelle restreint. Plus précisément, notre projet s'articule autour de deux problématiques :

- Le niveau de latitude décisionnelle sur une tâche a-t-il un impact sur la charge mentale de l'opérateur qui la réalise ?
- Le transfert d'informations nécessite-t-il plus d'effort, et donc engendre-t-il une charge mentale plus élevée, via les outils numériques collaboratifs qu'en face-à-face ?

Matériel et méthode

Les participants

Les téléconseillers font partie de la force de vente, et à ce titre il est difficile d'obtenir un accord managérial de participation à une activité hors de leurs missions habituelles. De surcroît, la période de Covid a encore tendu le fonctionnement des équipes. Au vu de cette difficulté, nous avons préféré solliciter une trentaine de salariés du domaine de la recherche et développement d'un groupe des télécoms en France, afin de tester nos hypothèses avant de solliciter des téléconseillers. Ces salariés volontaires sont familiers de l'usage des outils numériques et des échanges à distance, au même titre que les téléconseillers. Ainsi, nous avons formé des groupes de deux, en recueillant au préalable leurs réponses à un test de personnalité (cf. figure 1). L'expérience (cf. figure 1) a été menée ensuite selon l'une des trois modalités décrites ci-après.

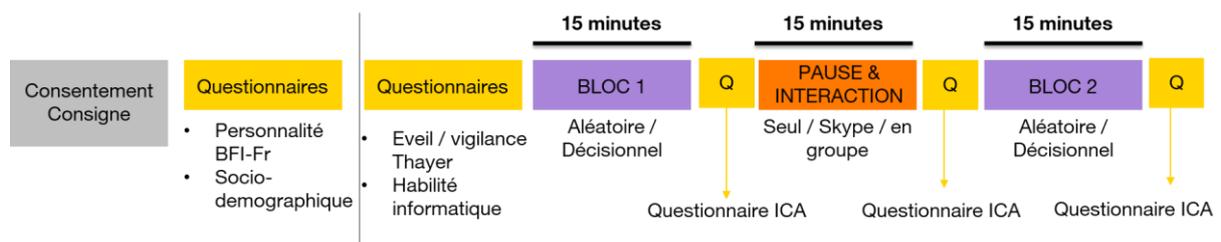


Figure 1 - Test de personnalité – Protocole expérimental - 2ème partie de l'expérience

Test de personnalité « BFI-Fr »

Bell (2002, cité par Gaudin, 2017) met en évidence le rôle de la personnalité sur les performances collectives lors de la réalisation d'une activité en présentiel. Ainsi, le BFI-Fr, proposé par Plaisant en 2005, est un questionnaire qui permet de calculer un score pour cinq dimensions : l'Extraversion – l'Agréabilité – la Conscience – les Emotions Négatives – l'Ouverture (Plaisant et al., 2010). Celui-ci nous permettra de vérifier statistiquement, d'une part la mixité de chaque groupe, c'est-à-dire qu'un type de personnalité ne soit pas surreprésenté dans une des conditions de l'expérience et d'autre part de vérifier a posteriori l'impact de la personnalité sur les résultats de l'expérience. Dans une étude, Gaudin (Gaudin, 2017) conclue que la personnalité a un effet sur les performances, seulement lorsque les opérateurs interagissent en présentiel par rapport au contexte à distance. Nous aimerions donc vérifier cette hypothèse, en comparant deux modalités d'interactions (en présentiel et en distanciel).

Procédure

Afin d'induire un effort mental chez les participants, nous allons utiliser la « Number Reduction Task » (NRT) modifiée, développée originellement par Thurstone et Thurstone en 1941. Cette tâche est basée sur l'apprentissage et la mise en œuvre de règles et sur la découverte d'une règle implicite, qui entraîne un changement qualitatif du temps de réponse.

Afin de faire varier le niveau de latitude décisionnelle sur la réalisation d'une tâche, nous allons mettre en place deux conditions, une dite « décisionnelle » où l'opérateur pourra choisir quand afficher la série suivante et une autre dite « aléatoire ». Pour la condition « aléatoire », Trois lapses de

temps entre chaque série ont été programmés : instantanée [1000 ms entre deux séries], moyenne [5000ms entre deux séries] et longue [20 000ms entre deux séries], l'opérateur sera donc dépendant de l'application numérique et aura une latitude décisionnelle restreinte. Chaque condition expérimentale sera découpée en deux blocs de 15 séries (cf. figure 2) et les groupes passeront l'une des deux conditions (décisionnelle ou aléatoire).

A la suite de la réalisation du premier bloc, deux tiers des opérateurs sont retrouveront en binôme pendant 10 minutes. En fonction de la condition d'interaction, le groupe échangera par téléphone ou en face à face. Ces interactions permettront un échange entre les opérateurs afin de partager la règle implicite, si l'un d'entre eux l'a trouvée, ou d'essayer de la trouver ensemble. Le tiers des opérateurs restant n'aura aucune interaction et constituera le groupe contrôle.

Enfin, les opérateurs exécuteront un deuxième bloc de séries, dans la même condition que le premier bloc (« décisionnelle » ou « aléatoire »).

Voici donc le plan expérimental : S5 <L2*I3> (S : opérateurs ; L : latitude décisionnelle ; M : condition d'interaction).

Niveau de vigilance

La performance d'un individu à une tâche dépendrait de son état fonctionnel. Ainsi, Smit et al. (2005, cité par Gaudin, 2017) ont mis en avant qu'une diminution de l'excitation et de la vigilance était associée à une diminution des performances et à une charge mentale auto-déclarée plus élevée. Afin de contrôler ce paramètre, chaque participant va compléter le questionnaire de Thayer « Activation-Desaction Adjective Checklist » (Thayer, 1978). La vigilance déterminerait la quantité de ressources totales disponibles pouvant être allouées à l'activité effectuée. La vigilance aura des conséquences sur la quantité de ressources qui peuvent être allouée à une tâche (Galy, 2020).

Mesure de la charge mentale

Chaque tâche (NRT et interaction en groupe) sera suivie d'un questionnaire d'évaluation de la charge mentale (cf. figure 2). Nous utiliserons une version adaptée du questionnaire ICA (Galy, 2020). Ce questionnaire doit nous permettre d'identifier les paramètres de la situation responsables de la charge mentale supportée par les opérateurs. Cette échelle de mesure est basée sur le modèle ICA qui repose sur quatre dimensions évaluant la charge intrinsèque, la charge externe, la charge essentielle et les ressources disponibles générales.

EFFETS ATTENDUS ET MISE EN PERSPECTIVE

Nos hypothèses sont les suivantes :

- Plus l'opérateur aura de ressources disponibles, plus il sera performant pour la réalisation de l'activité.
- La latitude décisionnelle donnée ou non donnée à l'opérateur aura un effet sur sa charge mentale. Nous pensons que les opérateurs, qui pourront choisir quand répondre à la tâche, auront des niveaux de charges mentales intrinsèque et externe plus faibles et une charge essentielle plus élevée, que ceux qui n'auront pas cette latitude décisionnelle.
- Le mode d'interaction aura un effet sur la charge mentale des opérateurs et sur les performances de la tâche. En effet, nous supposons que les opérateurs ayant échangé en face à face auront une charge mentale plus faible que ceux ayant échangé via un outil numérique collaboratif. De plus, les opérateurs ayant interagi, auront de meilleures performances par rapport au groupe contrôle (sans interaction).

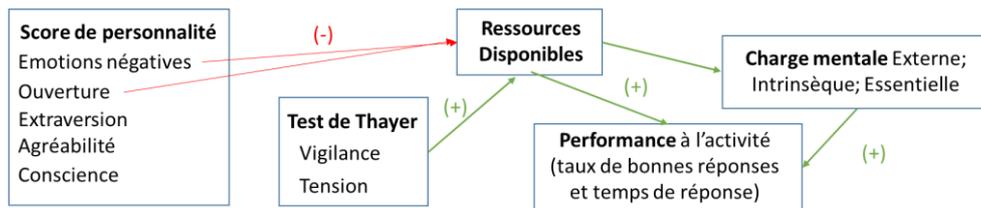


Figure 2 Relation des interactions entre les différentes variables sur l'impact de la charge mentale ressentie lors de la réalisation de l'activité (NRT)

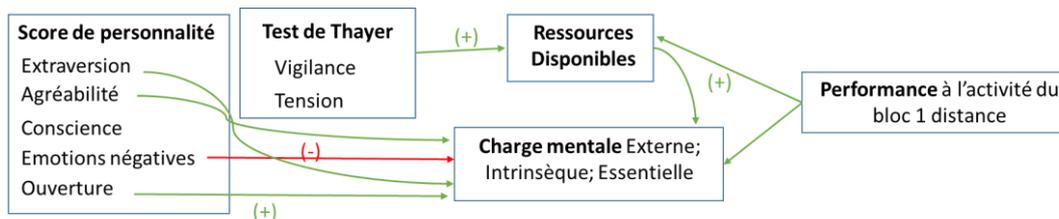


Figure 3 Relations des interactions entre les différentes variables sur l'impact de la charge mentale ressentie lors de l'interaction (à distance ou en présentielle)

Les opérateurs auront une charge essentielle et de meilleures performances au cours du deuxième bloc comparativement au premier, et ce, quelles que ce soient la modalité d'interaction et la latitude décisionnelle. À l'aide des résultats de cette étude, nous souhaitons mettre en place une prochaine expérimentation en milieu écologique avec des téléconseillers de la relation client, dans le but de vérifier, confirmer et enrichir les résultats obtenus. Cela nous permettra de tendre vers un modèle d'évaluation de la charge mentale et de proposer des recommandations en lien avec la réalité du terrain.

BIBLIOGRAPHIE

- Cain, B. (2007). *A Review of the Mental Workload Literature*. Report RTO-TR-HFM-121-Part-II.
- Cazabat, S., Barthe, B., & Cascino, N. (2008). Charge de travail et stress professionnel : Deux facettes d'une même réalité ? : Étude exploratoire dans un service de gérontologie. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 10-1.
- Fournier, P.-S., Montreuil, S., & Villa, J. (2013). Contribution à un modèle explicatif de la charge de travail : Le cas du service à la clientèle. *ERUDIT*, 68(1), 46-70.
- Galy, E. (2020). A multidimensional scale of mental workload evaluation based on Individual-Workload-Activity (IWA) model : Validation and relationships with job satisfaction. *The Quantitative Methods for Psychology*, 16(3), 240-252.
- Gaudin, C. (2017). *Activités collectives: étude intégrative de l'interaction de facteurs contextuels et individuels* (Doctoral dissertation, Aix-Marseille).
- Hellemans, C., & Karnas, G. (1999). Epreuve de validation du modèle de Karasek auprès de travailleurs du secteur tertiaire. Relations du modèle avec les « tensions mentales ». *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 49, 215-224.
- Langevin, V., François, M., Boini, S., & Riou, A. (2011). Job content questionnaire Karasek. *INRS*, 125, 105-110.
- Le Gonidec, N. (2020, décembre 11). Quand la charge mentale parle des effets du télétravail en confinement. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13463.39845>
- Leplat, J. (1977). Les facteurs déterminant la charge de travail _ Rapport introductif. *Le Travail Humain*, 40(2), 195-202.
- Plaisant, O., Guertault, J., Courtois, R., Réveillère, C., Mendelsohn, G. A., & John, O. P. (2010). Histoire des " Big Five " : OCEAN des cinq grands facteurs de la personnalité. *Annales Médico-Psychologiques, Revue Psychiatrique*, 168(7), 481.

- Ponge, L. (2017). La relation de service face à la transformation numérique : Le cas des conseillers de clientèle dans la banque. *52ème Congrès de la SELF - Présent et Futur de l'Ergonomie*, Toulouse.
- Tricot, A., & Chanquoy, L. (1996). La charge mentale, « vertu dormitive » ou concept opérationnel ? Introduction. *Psychologie Française*, 41(4), 313-318.
- Truchot, D. (2010). Le modèle de Karasek et l'épuisement professionnel : Pour une approche contextualisée. *Cognition, Santé et vie Quotidienne*, 3, 45-66.

Etudier les échanges sociaux et leurs règles dans le but de les intégrer dans la conception d'une interaction homme-robot acceptable

Marion Olivier

Université de Technologie de Troyes, Institut Charles Delaunay
12 rue Marie Curie, 10004 Troyes cedex
Berger-Levrault, Boulogne-Billancourt, France
marion.olivier@berger-levrault.com

1^{ère} année de thèse en Sciences des technologies de l'information et de la communication (ED130)

DISCUTANTS : Jacques Marc & Françoise Anceaux

RÉSUMÉ

L'évolution démographique s'accompagne d'une augmentation d'une population vieillissante avec une espérance de vie supérieure aux années précédentes, cependant, souvent corrélée à la présence de maladies chroniques ou de polyopathologies affectent l'autonomie. Lorsque celle-ci se dégrade, l'avis médical permet l'accès à des services et établissements de santé (EHPAD, accueil de jour, centre de réadaptation, SSIAD, SSAD). L'objectif de notre recherche est d'étudier l'organisation sociale au sein d'établissements accueillant des personnes âgées et l'impact de l'introduction d'un robot mobile social. Dans une démarche de co-conception avec les professionnels, l'observation des comportements, régis par des règles et normes sociales, permettra de questionner les conditions nécessaires à la conception d'une interaction homme-robot acceptable. L'enquête ethnographique, annulée pour cause de confinement, nous a amené à utiliser la méthode des « cultural probes » combinée à des entretiens, pour mieux cerner le travail quotidien des professionnels de santé.

MOTS-CLÉS

Robotique sociale, Interactions Homme-Robot, Conception participative, ethnométhodologie, cultural probes

1 INTRODUCTION

En France, hormis les périodes de guerres, l'espérance de vie n'a cessé d'augmenter depuis la fin du XIX^{ème} siècle (Blanpain, 2018). En effet, les progrès divers en médecine, pharmacologie et chirurgie ont permis une baisse de la mortalité due aux maladies infectieuses. De plus la mise en place de politiques de santé publique a aussi amené la population à vieillir en meilleure santé et plus longtemps. Ainsi, notre espérance de vie a presque doublé entre 1890 et 2017, passant de 44 et 41 ans à 85,6 et 79,7 ans respectivement pour les femmes et les hommes (Papon et al., 2020). Les projections pour le futur sont similaires, puisqu'il est estimé qu'à l'horizon 2050, un tiers de la population française sera âgée de 60 ans et plus (United Nations, 2019 et Tournadre, 2002).

Cette évolution socio-démographique questionne de nouveaux enjeux sanitaires et sociaux au profit d'une éthique du care (Tronto et al., 2009) ou de la sollicitude en français, et de l'accès aux soins. En effet, avec une augmentation de la population vieillissante et des pathologies liées au grand âge,



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International.

nous pouvons imaginer une sollicitation accrue des systèmes de soins (Muller et al., 2004 ; Chanssang & Gautier, 2019).

Actuellement, la prise en charge de la personne âgée en établissement se fait sur la base d'échanges entre famille, résident et équipe pluridisciplinaire afin d'adapter le projet d'accompagnement. Cependant, les observations de terrain nous montrent des procédures existantes difficiles à mettre en place car trop chronophages. Les soignants en sous-effectif n'ont malheureusement pas le loisir d'accorder plus de temps aux aînés que celui nécessaire aux soins (Eloi & Martin, 2017). Ainsi, il n'est pas rare d'observer des troubles dépressifs chez les personnes âgées quand elles souffrent d'un sentiment d'abandon (Kuhnel et al., 2010), mais aussi chez les soignants, pour qui l'épuisement résulte d'une fatigue de compassion (Thomas et al., 2012). Pourtant, des observations montrent des bienfaits concrets, tant pour le soigné que le soignant, lorsque l'accent est mis sur l'éthique de la sollicitude (Bailleul & Marie-Bailleul, 2020 ; Guérin, 2016). Comme le définit Paperman (2010) : « *L'éthique du care souligne l'importance des relations sociales organisées autour de la dépendance et de la vulnérabilité* ». Cette éthique de la sollicitude amène une réflexion autour du « prendre soin » alliant attention et responsabilités pour le bien-être des individus et leurs interactions.

Les comportements, régis par des règles et normes sociales, ou encore des règles professionnelles pour les soignants, nous serviront de support pour examiner la question de la conception des interfaces d'interaction avec ces machines.

Des usages de robots ont émergé lors du confinement de mars, mais avant cela plusieurs études montraient déjà les nouveaux usages de robots sociaux (Wrobel & al., 2014 ; Carrion-Martinaud & Bobillier-Chaumon, 2017) laissant présager une expansion de ceux-ci. L'étude des Interactions Humain-Robot (IHR) devient alors un réel enjeu pour une meilleure acceptabilité du robot par l'Homme. L'Interaction Humain-Robot (IHR) apparaît dans les années 1980 et vise à étudier les différents rapports entre les êtres humains et les robots. Ce champ de la recherche est vaste car il regroupe de nombreuses disciplines : Interaction Homme Machine (IHM), sociologie, informatique, psychologie, neurosciences, proxémique, ... La communication et l'interaction restent des domaines à approfondir pour permettre à ces outils technologiques de nous assister dans notre quotidien sans nous remplacer et en nous permettant de maintenir notre autonomie de décision. Les perspectives futures pour le robot ne sont pas pour autant définies notamment pour les questionnements éthiques que cela pose (Vandemeulebroucke & al., 2018).

En définitive, la thèse cherchera, à partir d'une enquête ethnographique s'intégrant dans une approche participative (Blomberg & Karasti, 2012 ; Crabtree, 1998), à co-concevoir une interface humain-robot acceptable et étudier son impact avec des groupes de personnes au sein de ces établissements.

2 METHODOLOGIE

2.1 Etudier l'organisation sociale et cocréer un outil utile et acceptable

Nous souhaitons observer et analyser qualitativement des pratiques réelles de travail en établissements du champ de la gériatrie. Dans un premier temps, en amont de l'introduction de la machine, il nous apparaît primordial d'étudier l'usage d'un robot social mobile avec les résidents ainsi que les professionnels d'un établissement accueillant un public fragile et ce, dans leur environnement naturel et à partir des données sociologiques d'interactions. Ces données d'observations tenteront de répondre à la question suivante : en quoi le robot pourrait leur être utile et/ou agréable dans leur vie quotidienne ? De plus, toute interaction est composée de règles et de codes sociaux propres aux lieux ou aux statuts des participants (Watzlawick & al. 1972). Nous avons donc décidé d'étudier ces échanges sociaux dans le but d'intégrer les règles qui les régissent dans la conception d'une interaction homme-robot acceptable et ainsi permettre, hypothétiquement, à la machine de s'adapter à la situation sociale. Cette étude préalable des pratiques professionnelles auprès de la personne âgée s'inspire de la sociologie de l'interaction, et notamment de la méthode ethnographique d'Erving Goffman (1975).

2.2 Une démarche ethnographique pour étudier les besoins...

L'objectif de l'approche ethnographique de la communication (Winkin, 1998) est de fournir une description d'un milieu et de comprendre une situation en l'observant et en y participant. Pour notre démarche, comprendre signifie non seulement décrire ce que font les participants, mais aussi pourquoi ils le font, ce qu'ils vivent en le faisant et comment leur action correspond à leur culture ou environnement de travail. L'étude qualitative des pratiques professionnelles s'appuiera sur des observations, entretiens et parfois des cultural probes (Voir la partie 3.1.) réalisés avec les différents soignants au contact des personnes âgées afin d'identifier leurs besoins et problématiques réelles. Nous discuterons ensuite, avec eux, de possibles cas d'usages d'un robot social pour répondre à celles-ci.

A la manière de Goffman (1975), nous mènerons cette phase de l'étude comme observateur participant au sein de l'établissement. Nous proposons de définir ces observations par l'étude de la représentation (au sens de performance de Goffman) menée par le collectif d'acteurs présents dans le cadre de l'établissement. L'observation participante laisse la liberté au chercheur d'aller questionner les acteurs, de revenir avec eux sur une action qui vient de se dérouler. Cela permet de sortir l'acteur du cadre de sa représentation (un acte de soin par exemple) pour un travail réflexif de ses propres pratiques en se positionnant sous un angle de spectateur pour questionner ensemble la situation – Quelle façade adopter dans cette situation ? Comment rester en congruence avec le socialement acceptable ? Qu'attend-on de moi ? Nous pensons que cette méthode peut être pertinente lorsqu'il est question d'aborder des sujets relevant de l'éthique du care (Hennion & Vidal-Naquet, 2015).

2.3 ... Couplée à une démarche de co-conception...

La méthode Living Lab permet de réunir l'ensemble des parties prenantes dans le projet d'innovation. Concrètement, il s'agira de professionnels de santé, de personnels soignants, de personnes âgées, et de leur entourage (aidants proches ou familiaux), réunis ensemble afin de discuter et décider en consensus des différents aspects du robot en se questionnant – Cette manière d'agir du robot a-t-elle du sens ? Est-elle éthique ? Comment la rendre plus morale ? L'objectif est la production de résultats alliant crédibilité et sens (Guével & al., 2016), en prenant en compte les besoins, les expériences et les usages de chacun dans le développement et l'évaluation d'un prototype. Dans la pratique, des tests de scénarios d'utilisation (définis au préalable en collaboration avec l'ensemble des acteurs) seront effectués ensuite de manière itérative afin d'établir des observations pour améliorer le prototype de conception. Ils seront réalisés en premier lieu, en environnement réaliste (Appartement d'expérimentation du Living Lab ActivAgeing de l'UTT, voir Voilmy & Duchêne, 2013) puis, dans un second temps, en environnement réel au sein d'établissements gériatriques (Accueil de jour, EHPAD) ou du secteur médico-social (Soins de suite, centre de rééducation).

2.4 ...Pour un outil socialement intelligent

Pour rendre les interactions homme-robot les plus transparentes et intelligibles socialement parlant nous devons nous questionner sur le sens apporté par la machine du point de vue de l'utilisateur. Comment la machine doit-elle se comporter en établissement ? Ce comportement va-t-il tendre vers un comportement social ? Ce comportement la rend-elle plus acceptable pour l'utilisateur ?

Par exemple, si un animateur rencontre des difficultés à motiver les personnes âgées pour participer aux activités de groupe, nous pouvons imaginer en séance de créativité comment et en quoi le robot serait un levier à cette participation. Et ainsi de suite, établir d'autres cas d'usage potentiels pour les évaluer et prioriser en concertation.

Nous chercherons à accompagner la co-conception de ce robot avec des modules de reconnaissance vocale notamment pour le rendre verbalement le plus autonome possible et permettre à cette machine d'agir avec et en fonction des règles et comportement sociaux moraux (à partir de nos analyses des données ethnographiques).

En somme, nous voulons répondre à la problématique : quels impacts, en termes d'interactions, ce robot social peut-il amener dans un établissement accueillant des personnes âgées ?

3 TRAVAUX EFFECTUES

3.1 Etude qualitative des pratiques professionnelles : observations, entretiens et cultural probes

En raison du contexte sanitaire, nous avons également inclus la méthode des cultural probes (Gaver & al, 1999), très utilisée en design et qui vise à un recueil de données qualitatives pendant un contexte de pandémie, de confinements et d'accès restreints à ces établissements. Ces « sondes culturelles » se représentent comme des kits de collecte d'informations et sont distribués aux participants. A leur retour, elles permettent au chercheur une « fenêtre » sur la vie du participant, et, dans notre cas, de mieux cerner le quotidien de travail des professionnels. Elles servent aussi de support lors d'entretiens avec les participantes, pour explorer diverses thématiques évoquées dans leurs réponses. La méthode émerge en 1997 dans le projet Presence : Gaver, Dunne et Pacenti explorent le quotidien des personnes âgées dans leur communauté locale pour une meilleure inclusion. Ils choisissent cette démarche du fait de la distance et de la langue (étude menée dans 3 pays). Le but était donc bien de cerner la culture des participants et de leur quartier, à distance et de manière informelle. Plutôt qu'une information complète à leur sujet, on rassemble des indices fragmentaires sur leur vie et leurs pensées.

Nous avons recruté 4 participantes professionnelles d'un même établissement en novembre. Nous avons créé un kit de 10 activités ludiques et rapides à faire pour questionner leur quotidien de travail et leur vision a priori de l'immersion d'un robot dans leur établissement. Notre pochette rassemblait l'ensemble des activités et du matériel nécessaire. Pour créer les différentes activités, nous avons d'abord établi les objectifs de chaque exercice. Puis nous avons déterminé des consignes claires ainsi que le design concret de l'activité. Au total, 10 activités ont été créés :

- Un portrait chinois permettait de compléter des phases (ex : « Si j'étais un animal, je serais... ») pour une présentation ludique du participant.
- Un emploi du temps hebdomadaire était à remplir pour mieux cerner le quotidien et la charge de travail hebdomadaire.
- Les participants étaient encouragés à remplir des cartes « 3 Tops et 3 Flops » pour mettre en avant 6 moments marquants de la journée (3 négatifs et 3 positifs), sur plusieurs jours, afin d'étudier les pratiques de travail et difficultés perçues du quotidien.
- Une activité ludique et manuelle amenait les personnes à construire une boule de Noël en papier (nous étions en décembre) et inscrire sur chaque face ce que leur inspire les termes d'« éthique professionnelle ». L'objectif étant d'identifier les représentations autour de cette notion.
- Ne pouvant pas nous déplacer dans l'établissement, il nous a semblé utile de demander une cartographie des lieux avec une légende à compléter (« là où je passe le plus de temps » « mon endroit préféré », ...) pour identifier les lieux clés de l'établissement.
- Une activité, illustrée d'enfants autour d'un toboggan, intitulée « c'est mon tour » demandait aux participants, comment était géré la priorisation et quelles étaient les règles de priorisation, pour nous permettre d'étudier les règles sociales et morales de priorisation, négociation.
- Une activité de dessin/collage demandait aux professionnels d'imaginer des cas d'usages et représenter des scénarios avec le robot dans leur établissement.
- Nous demandions aussi sur un autre support, de remplir des bulles sur les discussions pendant le repas afin d'explorer les moments de pause.
- Les interactions de la journée étaient aussi demandées pour identifier les parties prenantes à prendre en compte pour l'introduction du robot.
- Enfin, une dernière activité permettait aux volontaires d'écrire une carte postale au robot en complétant les phrases « Aujourd'hui tu aurais pu m'être utile pour... », « Par contre, je ne

t' imagine pas m'aider à faire... », afin de faire émerger des situations d'utilisation du robot ou des contraintes à l'utilisation.

4 TRAVAUX FUTURS

4.1 Analyse des données, définition des cas d'usages

La figure suivante montre un aperçu temporel de la réalisation des cultural probes et de cette combinaison de méthodes.

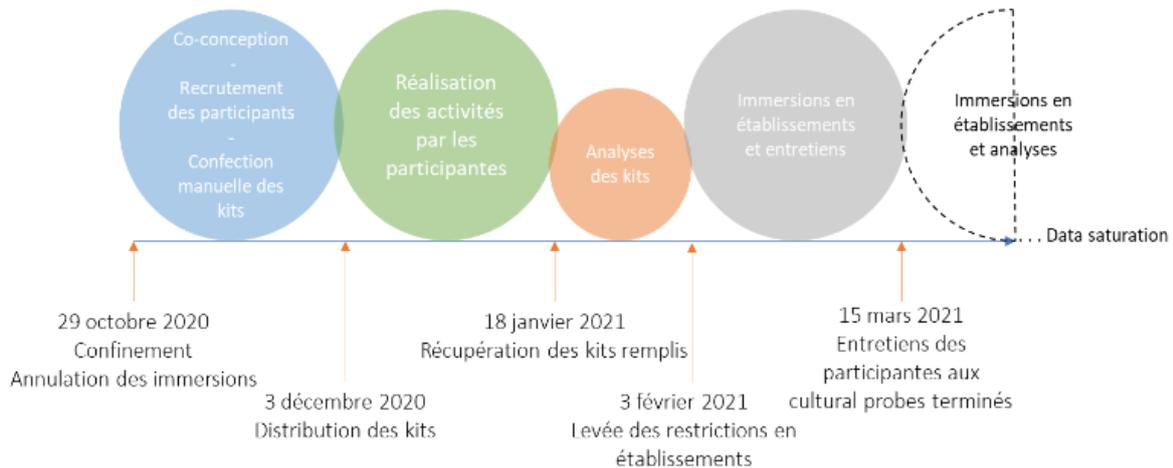


Figure 4 Organisation temporelle des méthodes

Les immersions sont ainsi toujours en cours et leur corrélation avec les cultural probes et entretiens vont permettre de d'approfondir les personas créés (un article est à venir pour montrer les apports de la combinaison des cultural probes et entretiens avec des soignants pour co-concevoir une solution robotique mobile sociale). De plus, pour rassembler l'ensemble des données recueillies nous avons pour ambition de les rassembler sur des experience maps selon différents scénarios afin de définir des moments clés (points de friction) où pourrait intervenir l'outil robotique (un moment d'attente pour la personne âgée par exemple).

Nous mènerons ensuite des focus groups organisés au sein du Living Lab ActiAgeing de l'UTT, en prenant soin de constituer des groupes représentatifs avec des acteurs provenant de différents établissements : professionnels de santé, aidants, personnes âgées. Le focus group est une forme d'entretien de groupe permettant de capitaliser des communications entre les participants à la recherche, dans le but de générer des données (Kitzinger, 1995).

L'interaction entre les participants fait partie de la méthode et est explicitement utilisée pour recueillir des données de recherche. Cela signifie qu'au lieu de demander à chaque personne de répondre à une question à tour de rôle, les personnes sont encouragées à parler : poser des questions, échanger des anecdotes et commenter les expériences et point de vue de chacun.

Cette démarche est particulièrement utile pour explorer les connaissances et expériences des participants. Elle peut être utilisée pour examiner, non seulement ce que les personnes pensent, mais également comment et pourquoi elles pensent de cette façon.

4.2 Etude des interactions humain-robot

Le robot utilisé dans cette étude sera un TIAGo Iron développé par Pal Robotics, choisi pour sa technologie ouverte (Robot Operating System), adaptable aux projets de recherche. En parallèle, les travaux sur le robot se concentreront sur la reconnaissance vocale ainsi que la navigation afin de le rendre le plus autonome et le plus accessible possible. Lorsque nous aurons ensemble fait des choix pour un usage et une interaction humain-robot acceptable nous pourrons alors tester le robot. Cela

nous permettra d'observer les comportements et les interactions autour de cette machine. Nous imaginons plusieurs formes d'interactions à observer lors de l'introduction du robot.

D'abord dyadique :

- Les personnes parlent entre elles, au sujet du robot qui représente alors un participant non ratifié à l'interaction (selon Goffman (1987).
- Une personne s'adresse au robot et vice versa, l'interaction se fait entre participants ratifiés.

Mais aussi, triadique :

- L'interaction et les tours de parole se font entre le robot, un soignant et une personne âgée par exemple (un des participants à qui on ne s'adresse pas mais entend la conversation se représente comme un participant non ratifié selon Goffman également) .

5 BIBLIOGRAPHIE

- Airenti, G. (2012). Aux origines de l'anthropomorphisme. Intersubjectivité et théorie de l'esprit. *Gradhiva. Revue d'anthropologie et d'histoire des arts*, 15, 34-53.
- Bailleul, M., & Marie-Bailleul, G. (2020). Éthique de la sollicitude dans une unité cognitivo-comportementale: des «proofs of care» aux «outils pour le care». *NPG Neurologie-Psychiatrie-Gériatrie*, 21(122), 118-125.
- Blanpain N. (2018). De 2,8 millions de seniors en 1870 en France à 21,9 millions en 2070?, in *France, portrait social*, coll. «Insee Références ».
- Blomberg, J., & Karasti, H. (2012). Positioning ethnography within participatory design. In *Routledge international handbook of participatory design* (pp. 106-136). Routledge.
- Carrion-Martinaud, M. & Bobillier-Chaumon, M. (2017). Présence de robots dans les ehpad. Mieux vivre la séparation familiale. *Dialogue*, 217(3), 45-56.
- Chassang, M. & Gautier, A. (2019). Les maladies chroniques, avis du CESE [document PDF], *JO de la république française*. doi : https://www.lecese.fr/sites/default/files/pdf/Avis/2019/2019_14_maladies_chroniques.pdf
- Crabtree, A. (1998, November). Ethnography in participatory design. In *Proceedings of the 1998 Participatory design Conference* (pp. 93-105).
- Éloi, M. & Martin, P. (2017). La personne au centre de la prise en charge en EHPAD : entre règles, pratiques et représentations. *Revue française des affaires sociales*, 21-40.
- Gaver, William & Dunne, Anthony & Pacenti, Elena. (1999). Design: Cultural Probes. *Interactions*, 6, 21-29.
- Goffman, E. (1975). *Stigmate. Les usages sociaux des handicaps*. Paris, Éditions de Minuit.
- Goffman, E. (1987). *Façon de parler*, traduit par A. Kihm, Paris: Éditions de Minuit, Le Sens commun.
- Guérin S. (2016). Pour une éthique concrète de la sollicitude. [<https://www.espace-ethique.org/ressources/article/pour-une-ethique-concrete-de-la-sollicitude>. Consulté le 3 septembre 2020].
- Guével, M.R., Pommier, J. & Absil, G. (2016) Articuler des méthodes qualitatives et quantitatives – Illustrations de la conceptualisation par les méthodes mixtes. In J. Kivits, F. Ballard, C. Fournier & M. Winance (Eds.) *Les recherches qualitatives en santé* (pp. 296-311). Paris: Armand Colin.
- Hennion, A. & Vidal-Naquet, P. (2015). « Enfermer Maman ! » Épreuves et arrangements : le care comme éthique de situation. *Sciences sociales et santé*, 3(3), 65-90.
- Kitzinger, J. (1995). Qualitative research: introducing focus groups. *BMJ*, 311(7000), 299-302.
- Kuhnel, M. L., El Iraki, I., Tranchant, M., & Aspe, G. (2010). Prévalence de la dépression en EHPAD: nécessité d'une approche gérontopsychiatrique. *NPG Neurologie-Psychiatrie-Gériatrie*, 10(57), 111-115.
- Mori, M., MacDorman, K. F., & Kageki, N. (2012). The uncanny valley [from the field]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(2), 98-100.
- Muller, F., Denis, B., Valentin, C., & Teillet, L. (2004). Vieillesse humaine: évolution démographique et implications médicales. *Nutrition clinique et métabolisme*, 18(4), 171-174.

- Paperman, P. (2010). Éthique du care : un changement de regard sur la vulnérabilité. *Gérontologie et société*, 2(2), 51-61.
- Papon, S., & Beaumel, C. (2020). Bilan démographique 2019. La fécondité se stabilise en France.
- Spatola, N. (2019). L'interaction Homme-Robot, de l'anthropomorphisme à l'humanisation. *L'année psychologique*, 119(4), 515-563.
- Thomas, P., Barruche, G., & Hazif-Thomas, C. (2012). La souffrance des soignants et fatigue de compassion. *La revue francophone de gériatrie et de gérontologie*, 19(187), 266-273.
- Tournadre, N. (2002). La population de la France métropolitaine en 2050: un vieillissement inéluctable. *Economie et statistique*, 355(1), 57-71.
- Tronto, J., & Maury, H. (2009). Un monde vulnérable. Pour une politique du "care". *Lectures, Les rééditions*.
- United Nations, (2019), World populations prospects. <https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Pyramid/250>
- Vandemeulebroucke, T., de Casterlé, B. D., & Gastmans, C. (2018). The use of care robots in aged care: A systematic review of argument-based ethics literature. *Archives of gerontology and geriatrics*, 74, 15-25.
- Voilmy, D., & Duchêne, J. (2013). Living Lab ActivAgeing. *Developing home-based social and healthcare solutions for the elderly using participatory design*, 11(2), 63-68.
- Watzlawick, P., Beavin, J. H., Jackson, D. D., & Morche, J. (1972). *Une logique de la communication*
- Winkin, Y. (1998). *Vers une anthropologie de la communication*. La communication: état des savoirs.
- Wrobel, J., Pino, M., Wagnier, P., & Rigaud, A. S. (2014). Robots et agents virtuels au service des personnes âgées: une revue de l'actualité en gérontechnologie. *NPG Neurologie-Psychiatrie-Gériatrie*, 14(82), 184-193.

Impact de l'information voyageurs sur le comportement des usagers réguliers des transports en commun en situation perturbée

Pascal Un

IRT SystemX – 8 Avenue de la Vauve, 91120 Palaiseau
Univ Gustave Eiffel, GRETTIA, 14-20 Boulevard Newton, 77420 Champs-sur-Marne
Univ Gustave Eiffel, Université de Paris, LaPEA, F-78000 Versailles, France
Pascal.un@irt-systemx.fr

Sonia Adélé

Univ Gustave Eiffel, GRETTIA, 14-20 Boulevard Newton, 77420 Champs-sur-Marne
Sonia.adele@univ-eiffel.fr

Jean-Marie Burckhardt

Univ Gustave Eiffel, Université de Paris, LaPEA, F-78000 Versailles, France
jean-marie.burckhardt@univ-eiffel.fr

Flore Vallet

CentraleSupélec, LGI, 3 Rue Joliot Curie, 91190 Gif-sur-Yvette
IRT SystemX – 8 Avenue de la Vauve, 91120 Palaiseau
Flore.vallet@centralesupelec.fr

DISCUTANTS : Loïc Caroux & Béatrice Cahour

RÉSUMÉ

L'ambition de cette thèse est de comprendre la recherche et l'utilisation de l'Information Voyageurs (IV) dans le processus décisionnel des usagers des transports en commun confrontés à une situation perturbée inopinée. Pour ce faire, nous employons une approche naturaliste de la prise de décision et proposons un modèle de prise de décision en situation perturbée. Un ensemble de méthodes de recueil de données complémentaires a été construit (questionnaire, entretien d'explicitation et oculométrie en simulation). Les résultats issus du questionnaire révèlent 6 profils d'utilisation d'IV en situation perturbée, avec des disparités dans le nombre et la nature des sources d'IV consultées. Un lien entre la découverte d'une perturbation, l'étape du déplacement et les solutions de mobilités mises en place a également été identifié. Les résultats de la thèse pourront être utilisés pour identifier les besoins en IV des usagers pour faire face à une situation perturbée et développer des outils de mobilité adaptés à tous.

MOTS-CLÉS

Information voyageurs, perturbation, transport en commun, triangulation de méthodes, prise de décision



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International.

1 UN SYSTEME DE TRANSPORT EN COMMUN SURCHARGE SUJET AUX PERTURBATIONS : LE ROLE CENTRAL DE L'INFORMATION VOYAGEUR (IV)

Les infrastructures de transport public en place éprouvent des difficultés à répondre à une importante demande et le moindre dysfonctionnement peut entraîner de graves conséquences sur le fonctionnement du réseau. Par conséquent, l'IV, notamment proposée via des écrans numériques ou des annonces audios en gare, est d'une importance cruciale pour les usagers pour déterminer une solution de mobilité.

L'IV intervient en support de la planification ou de l'exécution d'un voyage. Ce terme désigne un ensemble large d'informations telles que les modes de transport disponibles, la durée du voyage, les correspondances, le coût, ou la sécurité, par exemple (Lyons et al., 2007). Elle peut être statique ou mise à jour en temps-réel, disponible au travers de nombreux médias (face à face, numérique, annonce audio ou papier) et sous différents formats (texte, graphique ou audio). Grâce à la démocratisation des smartphones et de l'internet, les usagers peuvent aussi accéder à des informations sans avoir à être physiquement présents dans l'enceinte de la station, notamment au travers d'applications (ex : CityMapper) et des réseaux sociaux (ex : Twitter). Ces outils permettent à l'utilisateur davantage de flexibilité temporelle et spatiale (Schwanen et Kwan, 2008). Enfin l'IV peut être officielle (issue de l'opérateur de transport) ou non-officielle (issue de l'expérience d'un proche par exemple) (Nyblom, 2014). Si l'IV a été beaucoup étudiée en situation normale, notamment les effets de son utilisation par l'utilisateur (Brakewood et Watkins, 2018), l'IV n'a été que peu étudiée en situation perturbée.

2 L'INFORMATION VOYAGEURS, UNE ASSISTANCE SURTOUT UTILISEE PAR LES USAGERS REGULIERS EN SITUATION PERTURBEE

Plusieurs études ont suggéré des besoins en information différents selon l'étape du déplacement (Patesson, 2000 ; Infopolis 2, 2000 ; Valentin, 2005 ; Grotenhuis, Wiegman et Rietveld, 2007). Patesson (2000) et Grotenhuis et al. (2007) découpent le déplacement en trois étapes principales.

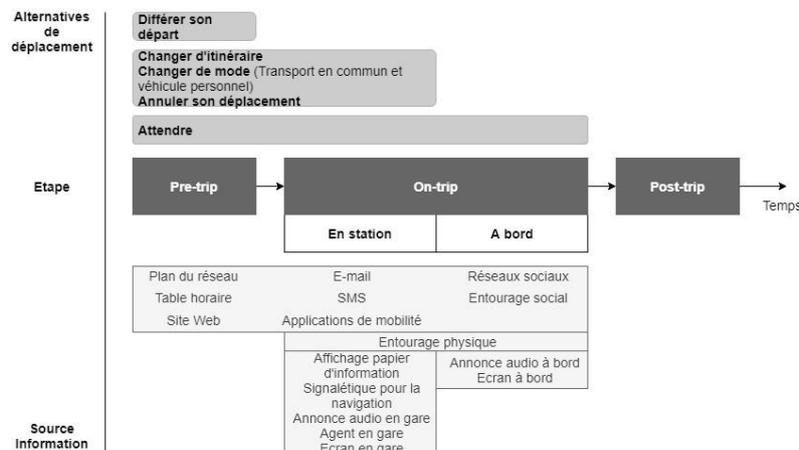


Figure 5 Synthèse des alternatives et sources d'IV à disposition selon l'étape du déplacement

La première concerne la recherche d'information pour préparer le déplacement (*pre-trip*). Vient ensuite l'étape d'exécution (*on-trip*) (Patesson (2000)). Pour Grotenhuis et al. (2007), cette étape d'exécution se décompose en une phase en station (*in-station*), où l'utilisateur cherche des informations sur les passages de train (par exemple, pour une correspondance) et en une phase à bord d'un véhicule (*on-board*), où l'utilisateur cherche à s'assurer que son déplacement s'effectue correctement (par exemple, absence de perturbation). Patesson (2000) considère enfin une phase de capitalisation du déplacement (*post-trip*), où l'utilisateur acquiert l'expérience de son trajet. Cependant, ces études ne reflètent pas nécessairement la réalité des usagers réguliers. En effet, plusieurs études suggèrent que les usagers réguliers ne cherchent pas (ou peu) d'information avant leur déplacement (*pre-trip*) puis consultent très peu d'information au cours de son exécution (Lyons et al., 2007). Le déplacement se fait par habitude et rend la prise de décision inutile ou limitée par l'utilisation d'heuristiques (Gärling et Axhausen, 2003 ; Verplanken, Aarts, Van Knippenberg, 1997). En fait, les usagers réguliers

consultent l'IV essentiellement lorsque le trajet est non-familier, imprévisible ou lorsqu'une heure d'arrivée est contrainte (Farag et Lyons, 2008). A partir des éléments de la littérature, nous proposons un découpage du déplacement en trois étapes auxquelles sont associés les supports d'information disponibles et les alternatives de déplacement accessibles (Figure 5). Dans ce découpage, l'étape on-trip comporte les étapes en-station et à bord proposées par Grotenhuis et al. (2007) et l'étape post-trip proposée par Patesson (2000). Ce découpage permet d'identifier les sources d'information disponibles selon l'étape du déplacement, tout en intégrant la phase de capitalisation du déplacement.

Une situation perturbée correspond à l'occurrence d'un ou plusieurs incidents provoquant des retards ou des interruptions sur un ou plusieurs modes de transport. Il s'ensuit une rupture dans le déplacement et l'utilisateur doit identifier une solution de mobilité adaptée à la situation. L'IV permet alors d'assister les usagers des transports dans la planification et l'exécution de la suite de leur déplacement. En effet, les voyageurs éprouvent des difficultés à identifier une alternative en situation perturbée par manque d'information (Tsuchiya et al., 2006). Plusieurs études suggèrent que la diffusion d'informations pertinentes en temps réel, notamment à propos d'éventuelles solutions de remplacement, constitue le moyen le plus efficace pour réduire l'anxiété des passagers (Cheng, 2010 ; Harazeen, 2011 ; Pender et al., 2013). Notre thèse s'intéresse à un sujet trop peu étudié, le comportement des usagers des transports en commun (Lin et al., 2016), en particulier en situation perturbée. Notre objectif est de comprendre comment l'utilisateur régulier des transports en commun effectue le diagnostic de la situation et décide de la solution de mobilité à adopter ainsi que le rôle joué par l'IV dans ces processus.

3 APPROCHE NATURALISTE DE LA PRISE DE DECISION DE L'USAGER EN SITUATION PERTURBEE

En 1957, Simon introduit l'idée que l'être humain dispose d'une rationalité limitée. Sur cette base, un courant de recherche s'intéresse à la prise de décision des individus expérimentés dans des environnements dynamiques, incertains et complexes. Ce courant dit "naturaliste" s'intéresse aux décisions prises dans des situations naturelles, par opposition aux décisions prises en laboratoire. Pour ce courant, la prise de décision en situation réelle doit être considérée selon des contraintes propres à la situation (dynamique, incertaine et complexe). L'approche naturaliste met en avant la capacité des individus experts à identifier une situation grâce à leurs expériences. Afin d'étudier le processus de prise de décision de l'utilisateur en situation perturbée inopinée, nous proposons un modèle (cf. Figure 6) inspiré du modèle de la conscience de la situation dans les systèmes dynamiques de Endsley (1995) et du modèle de la décision fondée sur la reconnaissance (Klein, 1997). En complément de cette proposition, l'heuristique RAWFS (Reducing, Assumption-based reasoning, Weighing pros and cons of competing alternatives, Forestalling and Suppressing, Lipshitz et Strauss, 1997), qui définit les tactiques mises en place en situation d'incertitude (situation dans laquelle l'information est manquante, partielle ou incertaine qui provoque un blocage ou un report d'une décision) permet de clarifier les stratégies mises en place par l'utilisateur en situation perturbée.

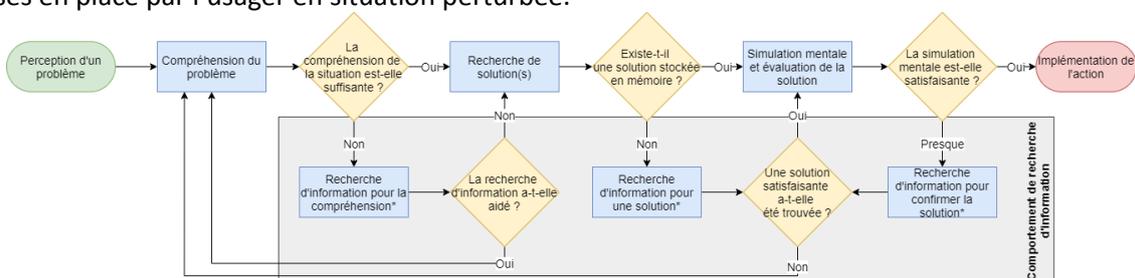


Figure 6 Proposition de modèle de prise de décision en situation perturbée - inspiré de Endsley (1995), Klein (1997)

La première étape de « Perception d'un problème » correspond à la perception d'un changement, d'une variation de la situation initiale ou connue (par exemple : quais bondés, alerte smartphone...). Vient ensuite l'étape de diagnostic « compréhension du problème », c'est-à-dire une activité de raisonnement menant à l'identification d'un ou des problème(s) de la situation, sur la base de

l'expérience de l'individu et de l'information dont il dispose. A partir de sa compréhension du problème, l'utilisateur effectue une « *recherche de solution(s)* », en se basant sur ses connaissances, expériences ou en recherchant des informations complémentaires. Une fois qu'une solution est identifiée, l'utilisateur effectue une « *simulation mentale et une évaluation de la solution* » et détermine les implications de la ou des solutions envisagées. Enfin, l'utilisateur conclut le processus par une « *implémentation de l'action* ». Entre chaque étape du processus, est indiquée la condition de la poursuite du processus ou au contraire la nécessité de recueil d'information supplémentaire. En situation perturbée, l'utilisateur ne passe pas obligatoirement par toutes les étapes du processus de prise de décision. En effet, lorsque l'utilisateur estime avoir déjà toutes les informations nécessaires pour la mise en place d'une action, les étapes de recherche d'information peuvent être ignorées. De plus, une compréhension complète de la situation n'est pas indispensable pour la suite des étapes. La présentation des étapes est effectuée de manière séquentielle pour en faciliter la lecture et la compréhension mais les étapes peuvent être effectuées en parallèle. Il est possible que la recherche et l'évaluation de la solution aide l'utilisateur à avoir une meilleure compréhension du problème, notamment lorsque la ou les solution(s) envisagées ne sont pas applicables. L'impossibilité de mettre en œuvre une solution participe au diagnostic de l'utilisateur.

4 METHODE POUR COMPRENDRE L'USAGE DE L'IV DANS LA PRISE DE DECISION – UNE APPROCHE EN ENTONNOIR

Un ensemble de méthodes de recueil de données complémentaires a été élaboré dans le but comprendre comment l'utilisateur des transports en commun effectue le diagnostic de la situation perturbée, décide de la solution de mobilité à adopter et le rôle joué par l'IV dans ces processus : le questionnaire, l'entretien d'explicitation et l'oculométrie en simulation (Tableau 1). Le terrain d'étude (Ligne H de SNCF Transilien) est celui du projet IVA auquel cette thèse est rattachée.

Tableau 1 Triangulation des méthodes de recueils de données

Objectifs	Méthode	Echantillon
Identifier et catégoriser les usagers selon l'IV utilisés aux différentes étapes du déplacement et les solutions de mobilités appliquées en situation perturbée	Questionnaire en ligne	258 usagers de la Ligne H
Identifier les IV et les indices repérés et utilisés pour le diagnostic et la prise de décision en situation réelle	Entretien d'explicitation	6 usagers (+20 recueillis par un tiers)
Identifier l'IV recherchée et utilisée pour le diagnostic et la prise de décision dans une situation simulée	Simulation avec oculométrie et entretien d'auto-confrontation	10 usagers

L'étude par questionnaire a visé à identifier et catégoriser les usagers selon leur usage de l'IV en situation normale et en situation perturbée auprès d'un échantillon large. Les participants, contactés par mail (panel d'usagers SNCF) ou via Twitter, Facebook, Blog de la ligne H et en face à face, ont été interrogés sur : (a) leur consultation d'information avant et pendant leurs déplacements ; (b) la ou les sources d'informations utilisées lors d'une perturbation (par exemple, source prise de connaissance d'une perturbation, source utilisée pour acquérir des informations sur la perturbation) ; (c) les solutions de mobilités mises en place en cas de perturbation ; (d) informations socio-démographiques.

Les participants à l'entretien d'explicitation sont des usagers volontaires issus de l'échantillon précédent. Chaque participant était invité à se remémorer et décrire précisément une situation perturbée récemment vécue (objectif de déplacement, moment de la perturbation, informations recherchées, informations utilisées, solution de mobilité élaborée, etc.).

La simulation (en cours de réalisation) vise à contourner le caractère aléatoire de la perturbation inopinée en proposant au participant 2 perturbations présentées sous forme de scénarios réalistes durant lesquels nous contrôlons les informations sur la perturbation (cause, lieu, diffusion). Des maquettes des sources d'informations que nous avons identifiées (par exemple, application de mobilité, fil Twitter, écrans en gare...) lui seront fournies sur demande de sa part. Un entretien d'auto-confrontation explicitant complète les acquisitions et des séquences vidéo seront proposées comme support au participant pour expliciter ses pensées et ses objectifs. L'association de ces deux méthodes nous permet d'obtenir d'une part, des données objectives sur le parcours visuel du participant et

d'autre part, des données subjectives sur les pensées et réflexions opérées lors de la prise de décision. Ces éléments permettront d'alimenter et de nuancer la proposition de modèle de prise de décision, notamment en mettant en lumière les stratégies employées.

5 RESULTATS

Les résultats du questionnaire ont fait l'objet d'une analyse en correspondances multiples et d'une classification ascendante hiérarchique. Les résultats sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2 Profils d'utilisateurs d'IV issus de l'analyse du questionnaire

Classe	Pourcentage	Caractéristiques
Intermittents	25,1%	Consultation ponctuelle avant leur trajet Pas de veille du trajet
Adeptes	22,5%	Consultation d'IV sur outils officiels (Site et App Transilien) Veille le long du trajet
Ultra-connectés	16,9%	Consultation sur de multiples outils numériques (App Transilien, Twitter, Facebook) Veille le long du trajet Population jeune (18-35 ans) Consultation des réseaux sociaux pour s'informer (Twitter, Facebook)
Circonscrits	16,5%	Consultation Site Transilien avant le déplacement Pas de veille du trajet
Improvisistes	13,9%	Ne consultent pas d'IV pour préparer le trajet Consultation des informations en gare et auprès des autres usagers
Habitués	5,2%	Consultation Site Transilien et Facebook Pas de veille du trajet Horaires fixes et réguliers

Les scénarios de perturbation proposés dans le questionnaire ont permis d'identifier un lien entre la cause de la perturbation, le moment de l'acquisition de l'information et la solution de mobilité mise en place. Les résultats suggèrent que les usagers circulant sur la ligne H ont tendance à attendre, plutôt que de changer d'itinéraire ou de quitter le réseau de transport en commun (TC). Les usagers qui ne sont pas encore sur la ligne H ont tendance à quitter le réseau TC ou à changer d'itinéraire plutôt que d'attendre. Lorsque les usagers sont en gare de départ de la ligne H, les actions mises en place diffèrent très peu. Il semblerait que l'incertitude soit plus importante et suggère que les usagers ne parviennent pas à identifier une solution adaptée.

Une partie des entretiens d'explicitation (20 récits) ont été menés par le deuxième auteur. Des chroniques d'activités seront réalisées pour comprendre l'organisation des pensées et des prises d'information dans le processus décisionnel face à une perturbation.

6 DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Cette thèse propose un modèle de prise de décision en situation perturbée dans lequel les activités de recherche d'information sont mis en avant. Ce modèle a pour objectif d'offrir une grille d'analyse du processus décisionnel de l'utilisateur en associant les alternatives de déplacement et les sources d'informations disponibles aux étapes du déplacement. Nous avons identifié 6 profils mettant en lumière des activités différentes vis-à-vis de l'IV chez les usagers. Certains usagers sont contraints par les équipements à leur disposition ou par leur habileté à utiliser des outils numériques. D'autres au contraire, consultent de nombreuses sources d'informations pour s'informer d'une perturbation.

La thèse s'appuie sur une triangulation de méthodes complémentaires pour étudier l'activité de recherche et d'utilisation de l'IV par les usagers des transports en commun. Parmi celles-ci, l'oculométrie en situation réelle a été peu utilisée pour étudier l'activité des usagers des transports en commun, le cas échéant avec des objectifs différents des nôtres (Höller, Schrammel, Tscheligi, & Paletta, 2009 ; Cave, Blacker, Popovic, & Kraal, 2013 ; Armougum, Gaston-Bellegarde, Joie-La Marle & Piolino, 2020 ; Larue, Popovic, Legge, Brophy, & Blackman, 2020). De plus, le protocole de la dernière étude palie le caractère aléatoire de la survenue d'une perturbation, afin d'étudier le processus décisionnel d'un usager dans un environnement néanmoins réel.

Les résultats de la thèse pourront être appliqués pour améliorer la transmission d'IV, notamment pour développer un outil adapté à tous les usagers ou être implémentés dans des simulations multi-agents pour évaluer l'efficacité de la transmission d'IV.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Armougum, A., Gaston-Bellegarde, A., Joie-La Marle, C., & Piolino, P. (2020). Physiological investigation of cognitive load in real-life train travelers during information processing. *Applied Ergonomics*, *89*, 103180.
- Brakewood, C., & Watkins, K. (2019). A literature review of the passenger benefits of real-time transit information. *Transport Reviews*, *39*(3), 327-356.
- Cave, A., Blackler, A., Popovic, V., & Kraal, B. (2013). Passenger familiarity and intuitive navigation within airport environments. In Proceedings of the *5th International Congress of International Association of Societies of Design Research (IASDR)* (pp. 1-12). Shibaura Institute of Technology/Japanese Society for the Science of Design.
- Cheng, Y. H. (2010). Exploring passenger anxiety associated with train travel. *Transportation*, *37*(6), 875-896.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human factors*, *37*(1), 32-64.
- Farag, S., & Lyons, G. (2008). What affects use of pretrip public transport information? Empirical results of a qualitative study. *Transportation Research Record*, *2069*(1), 85-92.
- Gärling, T., & Axhausen, K. W. (2003). Introduction: Habitual travel choice. *Transportation*, *30*(1), 1-11.
- Grotenhuis, J. W., Wiegmans, B. W., & Rietveld, P. (2007). The desired quality of integrated multimodal travel information in public transport: Customer needs for time and effort savings. *Transport Policy*, *14*(1), 27-38.
- Harazeen, S. (2011). *Effects of information on decisions of passengers during service disruptions*. Msc, University College London.
- Höller, N., Schrammel, J., Tscheligi, M., & Paletta, L. (2009). The perception of information and advertisement screens mounted in public transportation vehicles-results from a mobile eye-tracking study. *Informatik 2009—Im Focus das Leben*.
- Infopolis 2 Consortium. (1998). *Review of current passenger information systems*. Commission of the European Communities—DG XIII.
- Klein, G. (1997). Developing expertise in decision making. *Thinking & Reasoning*, *3*(4), 337-352.
- Larue, G. S., Popovic, V., Legge, M., Brophy, C., & Blackman, R. (2021). Safe trip: Factors contributing to slip, trip and fall risk at train stations. *Applied ergonomics*, *92*, 103316.
- Lebraty, J. F., & Pastorelli-Nègre, I. (2004). Biais cognitifs: quel statut dans la prise de décision assistée?. *Systèmes d'information et management*, *9*(3), 87-116.
- Lin, T., Shalaby, A., & Miller, E. (2016, May). Transit User Behaviour in Response to Service Disruption: State of Knowledge. In *Canadian Transportation Research Forum 51st Annual Conference-North American Transport Challenges in an Era of Change//Les Défis Des Transports En Amérique Du Nord à Une Aire de Changement*. Toronto, Ontario.
- Lipshitz, R., & Strauss, O. (1997). Coping with uncertainty: A naturalistic decision-making analysis. *Organizational behavior and human decision processes*, *69*(2), 149-163.
- Lyons, G., Avineri, E., Farag, S., & Herman, R. (2007). Strategic review of travel information research.
- Nyblom, Å. (2014). Making plans or “just thinking about the trip”? Understanding people’s travel planning in practice. *Journal of Transport Geography*, *35*, 30-39.
- Pender, B., Currie, G., Delbosc, A., & Shiwakoti, N. (2013). Disruption recovery in passenger railways: International survey. *Transportation Research Record*, *2353*(1), 22-32.
- Patesson (2000). Enquête et suivi téléphonique d'un panel de voyageurs, pour le recueil des besoins en informations multimodales ; Démarche et exemples de résultats. *Transports urbains et internationaux*
- Schwanen, T., & Kwan, M. P. (2008). The Internet, mobile phone and space-time constraints. *Geoforum*, *39*(3), 1362-1377.

- Simon, H. A. (1957). *Models of man: social and rational*. Oxford, England: Wiley.
- Tsuchiya, R., Sugiyama, Y., Yamauchi, K., Fujinami, K., Arisawa, R., & Nakagawa, T. (2006). Route-choice support system for passengers in the face of unexpected disturbance of train operations. *WIT Transactions on the Built Environment*, 189-197.
- Valentin, A. (2005). Conception d'un serveur multimodal temps réel d'information des usagers de transport public Projet P@ss-ITS. Document de travail.
- Verplanken, B., Aarts, H., & Van Knippenberg, A. (1997). Habit, information acquisition, and the process of making travel mode choices. *European journal of social psychology*, 27(5), 539-560.

Utilisation des concepts de transparence dans des interfaces écologiques et adaptatives – Application à l’industrie 4.0

Loïck Simon

Lab-Sticc, Rue de saint-maudé, 56100, Lorient,

loick.simon@univ-ubs.fr

Directeur de thèse : **Philippe Rauffet**

Co-Encadrant : **Clément Guérin**

DISCUTANTS : Sylvia Pelayo & Françoise Anceaux

RÉSUMÉ

L’industrie est en pleine révolution avec l’intégration de nouvelles technologies (IOT Internet Of Things, CPS Cyber-Physical System, etc.). Cette industrie 4.0 soulève la problématique de la coopération entre les nouveaux systèmes cyber-physiques et les opérateurs. Le nombre d’informations auxquelles l’opérateur a accès est conséquent et, selon le contexte et la nature des tâches, il peut être nécessaire de rendre plus ou moins transparentes ces informations. Au travers des activités de supervision, de prise de décision et de planification, en production et en maintenance, cette thèse cherche à comprendre et améliorer le dialogue Humain-Machine, par l’utilisation de la transparence. Ces interfaces de dialogue utilisant les concepts de transparence devraient faciliter ces nouvelles coopérations entre les opérateurs et les CPS.

MOTS-CLÉS

Industrie 4.0 ; Interface Ecologique ; Cognitive Work Analysis ; Transparence ; Interface Adaptative

1 INTRODUCTION

L’industrialisation a débuté avec la capacité de l’humain à tirer profit de la vapeur. Depuis, plusieurs générations d’industries se sont succédées, évoluant d’une production de masse à une production automatisée pour arriver aujourd’hui à la 4ème génération d’industrie. Cette 4ème génération se caractérise par l’implantation massive des Système Cyber-Physiques (CPS), de l’internet des objets (IOT) et par l’utilisation de capteurs permettant de surveiller et monitorer les équipements (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013 ; Culot, Nassiemi, Orzes & Sartor, 2020).

1.1 Contexte et enjeux : les transformations de l’industrie 4.0

1.1.1 L’opérateur dans l’industrie 4.0

Selon Hirsch-Kreinsen (2014), l’industrie 4.0 va changer le rôle de l’opérateur et notamment en ce qui concerne sa coopération avec les CPS. Pour Hoc (2001), le cœur de la coopération Humain-Machine est le COmmon FRame Of Reference (COFOR), qui correspond à un référentiel commun entre l’humain et la machine. Ce référentiel commun est un facteur important dans la coopération (Hoc, 2001). Pour améliorer ce COFOR, il est nécessaire de faire du partage d’information entre les deux parties.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d’Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International.

Ces coopérations prendront place dans différentes activités de l'industrie (supervision, production et maintenance) (Fig. 1) (Rauffet, Guérin, Chauvin, & Martin, 2018). Dû aux capacités limitées de la mémoire de travail (Baddeley & Logie, 1999) notamment dans un monde où les données, comme dans l'industrie 4.0, sont nombreuses (Woods, 2002), une solution pour aider ce partage d'information est nécessaire.

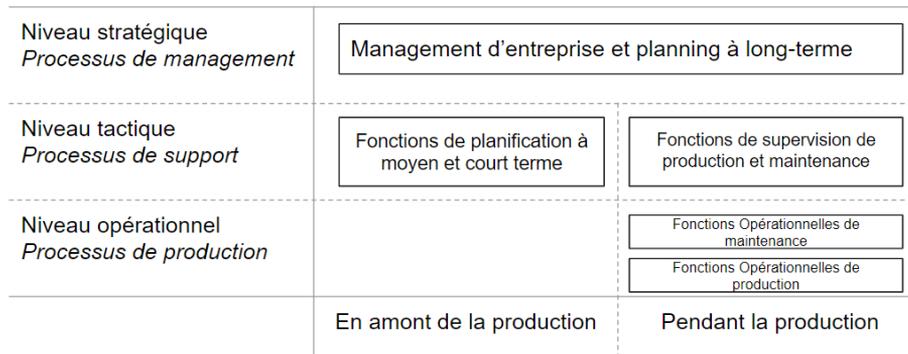


Figure 1 : Cartographie des fonctions de l'industrie (inspirée de Rauffet, Guérin, Chauvin, & Martin, 2018)

1.2 Des interfaces écologiques, adaptatives et transparentes : une réponse à ces enjeux

En se référant au critère de Vicente (1999) nous pouvons catégoriser ces fonctions d'industrie comme des systèmes complexes. Or, dans un système complexe, il est difficile pour un opérateur de connaître ses possibilités d'action. Une interface écologique permet de pallier ce problème en rendant visible de façon synthétique les contraintes de l'environnement. Ces contraintes peuvent être identifiées grâce aux outils du CWA (Rasmussen & Vicente, 1989). Ces contraintes peuvent-être aussi bien physiques (les lois de la thermodynamique) que sociales (un règlement intérieur). De nombreux domaines utilisent déjà des interfaces écologiques pour supporter le travail des opérateurs (Bennett & Flach, 2019). Selon eux, les interfaces écologiques sont issues des relations (ou mapping) entre les contraintes de l'environnement, les contraintes de l'utilisateur et l'interface. Les contraintes de l'environnement (physiques ou sociales) permettent de connaître les informations à afficher dans l'interface (le content mapping). Les contraintes de l'utilisateur permettent de définir les formes affordantes que ces contraintes doivent avoir dans l'interface (le form mapping). La relation entre ces contraintes et ces formes au sein d'une interface de façon à ce qu'elles soient compatibles entre elles et qu'elles permettent, par l'affordance, à l'utilisateur de connaître facilement ses possibilités d'actions est le semantic mapping.

Une interface adaptative modifie le mode de présentation des informations. Ces différents modes de présentations peuvent être liés à l'environnement (situations, météorologie, etc.), aux états de l'opérateur (stress, fatigue, etc.) ou aux habitudes d'utilisation de l'opérateur (Sarter, 2007).

La transparence selon Chen et ses collègues (2014) est définie comme « *the descriptive quality of an interface pertaining to its abilities to afford an operator's comprehension about an intelligent agent's intent, performance, future plans, and reasoning process* » (p.2) ». Plusieurs modèles de transparence existent. Le modèle de Chen et ses collègues (2014) s'appuie sur la théorie de la conscience de la situation de Endsley (1995) en trois niveaux (1 : les intentions, 2 : les raisons, 3 : les états futurs). Le modèle de Lyons (2013) propose deux dimensions sur lesquelles peut être transparent un agent autonome. L'agent autonome peut ainsi être transparent sur la dimension robot-TO-human (rTOh) et la dimension robot-OF-human (rOFh). La transparence sur le rTOh concerne ce qui a trait à l'intention de l'agent autonome (intentional model), ses tâches (task model), ses processus (analytical model) et l'environnement (environmental model). La transparence sur le rOFh porte sur la conscience de l'agent autonome sur l'allocation des tâches (teamwork model) et sur les états de l'opérateur (operator model).

Cette thèse tente d'apporter des réponses à plusieurs problématiques (Fig. 2) dont entre autres : Est-il possible d'améliorer le design écologique par l'implantation de règles adaptatives ? La transparence est-elle un levier pour l'adaptativité des interfaces ? Quels sont les effets de la transparence sur l'opérateur ? Les réponses à ces problématiques aideront le domaine scientifique à créer des interfaces en adéquation avec les besoins des utilisateurs et les contraintes d'utilisations.

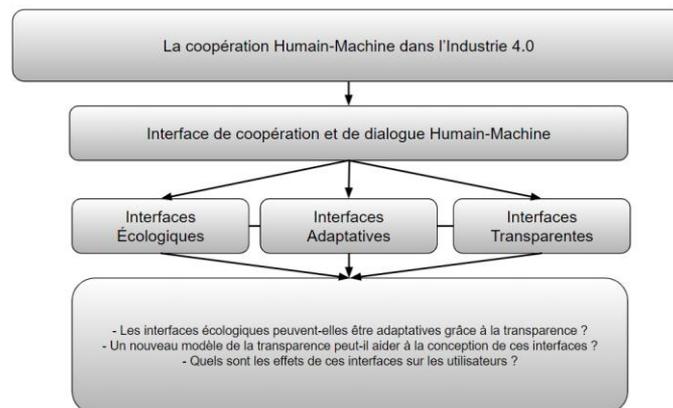


Figure 2 : Schématisation des questions de recherche

2 CONTEXTES D'APPLICATION ET METHODE

2.1 Humanism

Humanism est un projet ANR portant sur la collaboration humain-cobot (collaborative robot) en milieu industriel. Dans la simulation mise en place, l'opérateur devait à la fois superviser et produire avec ce cobot. Cette simulation avait pour but d'explorer la question de la transparence d'un cobot et de ses effets chez l'opérateur. Une articulation entre deux modèles a été proposée : les modèle SAT de Chen et al (2014) et le modèle d'interaction Humain-Robot de Lyons (2013) (Fig. 3).

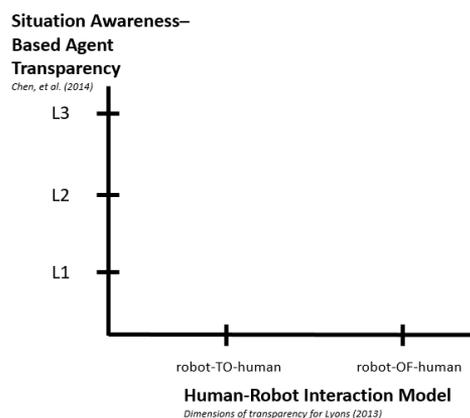


Figure 3 : Articulation des modèles de Chen & al (2014) et de Lyons (2013)

L'étude comportait 53 participants, 17 femmes et 36 hommes, (M = 21,34 ans, ET = 1,67) issus de cursus ingénieur (mécatronique ou génie industriel). Lors de cette étude les participants faisaient équipe avec un cobot et un coéquipier humain. Les participants devaient coopérer avec le cobot (agent autonome) en approuvant ou désapprouvant la véracité de son diagnostic (perception d'être à cours de ressources pour continuer ses tâches). Le coéquipier humain pouvait être à court de ressources ou non (favorable/défavorable). La transparence a été opérationnalisée en suivant l'articulation proposée dans la figure 3 (transparence rTOh au niveau 1 et 2 ; transparence rOFh au niveau 0, 1 « transfert

possible » et 1 « transfert impossible »), créant ainsi 6 situations expérimentales répétées 2 fois. Plusieurs variables dépendantes ont été utilisées : la performance des participants ; la conscience de la situation (items issus du SAGAT de Endlsey, 2000) ; la confiance envers l'agent autonome (3 items issus de Jian, Biisantz & Drury, 2000 et Yagoda & Gillan, 2012) ; la charge mentale (ISA de Tattersall & Foord, 1996).

2.2 Seanatic

Le projet Seanatic est un projet ADEME visant à implanter la maintenance prévisionnelle au sein des navires. Pour ce projet plusieurs étapes sont prévues. La première étape est la conception d'une interface écologique pour la maintenance prévisionnelle. La seconde étape est la validation de ces interfaces écologiques par des tests utilisateurs. La troisième étape est l'intégration d'une brique adaptative (utilisant le concept de transparence) et le test de l'interface en milieu simulé grandeur nature. La quatrième étape est le test de ces interfaces adaptatives en milieu naturel. Les résultats de ces expérimentations doivent apporter de nouvelles connaissances sur les aspects liés à la transparence et son utilisation pour intégrer la notion d'adaptabilité dans les interfaces écologiques. De récents travaux sur les algorithmes de maintenance prévisionnelle mettent en avant l'intérêt d'ouvrir la « boîte noire » de ceux-ci, notamment les probabilités qui sont utilisées (Gribbestad, Hassan, Hameed & Sundli, 2021). Cette transparence correspond à la dimension rTOh (plus spécifiquement au modèle analytique). Dans la continuité de ces travaux et du projet Humanism, les modalités de transparence explorées dans le projet Seanatic seront celles du modèle analytique (rTOh), du modèle de l'équipe (rOFh) ainsi que du modèle de l'environnement (rTOh).

3 RÉSULTATS

3.1 Humanism

La performance aux tâches montre un effet modérateur des informations rOFh sur les informations rTOh dans le cadre de la validation d'un diagnostic. Les situations expérimentales {rTOh L2 + rOFh L1 « favorable »} et {rTOh L1 + rOFh L1 « défavorable »} étant reliées à des performance plus faible que les autres. (Fig. 4)

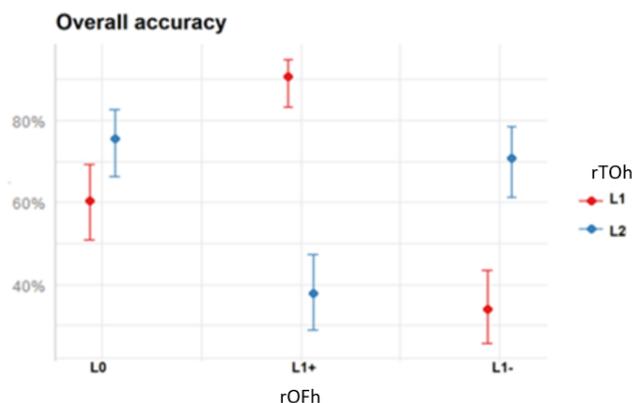


Figure 4 : Effet de l'interaction rTOh :rOFh sur la performance globale

La conscience de la situation n'augmente pas forcément avec la transparence : la transparence rTOh de niveau 2 n'augmente pas la conscience de la situation de niveau 2 alors que la transparence rOFh de niveau 1 « favorable » augmente la conscience de la situation de niveau 2 (Fig. 5, gauche). Concernant la confiance de l'opérateur envers le cobot, seule la transparence rOFh de niveau 1 « favorable » a un effet positif (Fig. 5, droite). Ni la transparence rTOh et rOFh ni leur interaction n'ont eu d'effet sur la charge mentale.

	SA 1 ~ rOFh	SA 2 ~ rTOh * rOFh		Trust1 ~ rOFh	Trust 2 ~ rOFh	Trust 3 ~ rOFh
rTOh (reference = L1)						
L2		-1.27 (0.25)***				
rOFh (reference = L0)			rOFh (reference = L0)			
LI+		1.06 (0.26)***	LI+	0.46 (0.17)**	-0.44 (0.17)**	0.57 (0.17)***
LI-	-0.53 (0.22)*	0.09 (0.25)	LI-	0.32 (0.17)	-0.27 (0.17)	0.29 (0.17)
rOFh : rTOh (reference = L0 : L1)			AIC	7371.98	7217.84	7499.95
LI+ : L2		-1.50 (0.36)***	BIC	8650.17	8482.67	8818.22
LI- : L2		0.17 (0.36)	Log Likelihood	-3398.99	-3324.92	-3453.97
AIC	711.37	1575.53	Deviance	6797.98	6649.84	6907.95
BIC	727.56	1611.16				
Log Likelihood	-351.69	-779.76				
Deviance	703.37	1559.53				

Fig 5 : régression logistique pour la conscience de la situation (gauche) et la confiance (droite)

3.2 Seanatic

La première étape du projet Seanatic était la compréhension de l'activité de maintenance en milieu maritime afin de créer une interface écologique. Les analyses du CWA ont été utilisées et notamment les analyses du domaine de travail, de la tâche de contrôle et l'analyse du système organisationnel et des coopérations. En raison du contexte sanitaire aucune méthodologie d'observation n'a pu être mise en place. Pour pallier à ce manque, une analyse documentaire se basant sur des cours (Duchemin, 2017 ; Charvet, 2019), la norme NF EN 13306:V2018 ainsi que de la documentation constructeur (Konsberg : Engine Room MAN B&W 5L90MC – L11) a été réalisée.

Plusieurs entretiens ont été menés avec des chefs mécaniciens (M = 50 ans, ET = 9 ans ; Expérience de navigation M = 19 ans, ET = 15 ans) sur trois thèmes :

- 1) L'activité de maintenance (description de l'activité ; outils utilisés ; types d'informations utilisées ; types de communication ; difficultés rencontrées lors de l'activité)
- 2) Intégration de la maintenance prévisionnelle dans l'activité actuelle
- 3) Exigences utilisateurs pour un outil de maintenance prévisionnelle

Ces analyses ont permis d'identifier le « Content Mapping » des futures interfaces (Fig. 6). Nous avons décidé d'utiliser la méthodologie centrée utilisateurs afin d'améliorer le « Form Mapping » et le « Semantic Mapping » (Fig. 6).

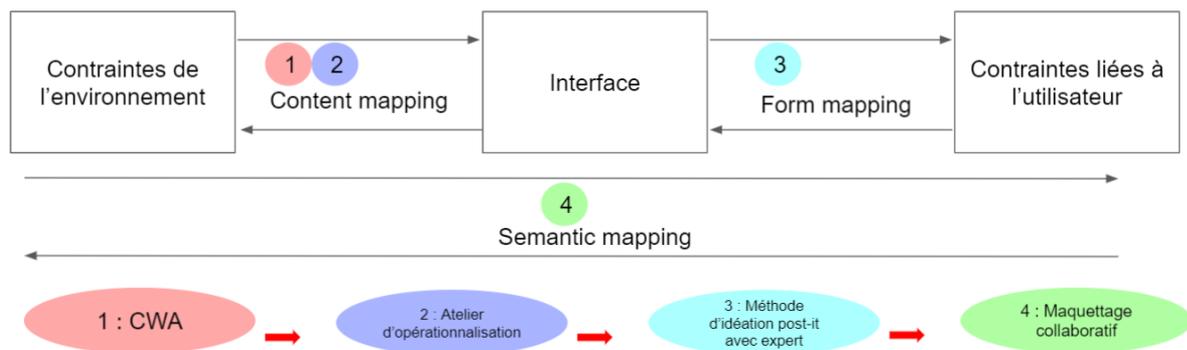


Figure 6 : Intégration du CWA et des méthodes centrées utilisateurs (selon Bennet et Flach, 2019)

Un atelier d'opérationnalisation en équipe (composé de 2 MCF et 1 thésard) a permis de synthétiser les analyses issues du CWA pour alimenter les deux phases suivantes. Une méthode d'idéation avec des post-its avec des experts (3 enseignants à l'Ecole Nationale Maritime Supérieure, dont 2 anciens chefs mécaniciens) a apporté les informations sur le « Form Mapping ». Pour chacun des éléments identifiés lors de l'atelier d'opérationnalisation d'équipe, il était demandé aux participants la représentation la plus adéquate, amenant au « Form Mapping ». Cette représentation tenait compte des normes en vigueur et a facilité le choix des formes que devait prendre les contraintes pour l'équipe de concepteur. Pour améliorer l'affordance entre les différentes contraintes et leur compatibilité avec l'utilisateur et l'interface (le « Semantic Mapping ») il a été choisi de faire un atelier de maquettage collaboratif. Sur la base des synthèses et des éléments issus de l'atelier

d'opérationnalisation et de la méthode d'idéation, les participants de cet atelier ont pu créer l'interface telle qu'ils se la représentaient. Cela a permis de préciser les éléments qui devaient être mis ensemble et confirmer les propositions de présentation issues des étapes précédentes.

Ces analyses ont également permis de dégager des pistes d'investigation pour les mécanismes adaptatifs pouvant être utilisés. L'analyse de la tâche de contrôle a permis de mettre en évidence la non-pertinence de mécanismes adaptatifs liés aux données physiologique des opérateurs. Le travail de maintenance prévisionnelle, essentiellement liée à de la re-planification, se fera dans des contextes sans contraintes temporelles ou cognitive. Ainsi, l'adaptivité des interfaces devra se faire sur la base d'apprentissage des habitudes d'utilisation de l'opérateur et sur la base de la quantité d'informations affichées sur l'écran. Ces deux types de déclencheurs devront ensuite être mis en lien avec les concepts de transparence pour proposer des interface écologiques et adaptatives grâce à l'utilisation des modèles de transparence.

4 RÉFÉRENCES

- Baddeley, A. D., & Logie, R. H. (1999). Working Memory : The Multiple-Component Model. In A. Miyake & P. Shah (Éds.), *Models of Working Memory* (1^{re} éd., p. 28-61). Cambridge University Press.
- Bennett, K. B., & Flach, J. (2019). Ecological Interface Design : Thirty-Plus Years of Refinement, Progress, and Potential. *Human Factors*, 61(4), 513-525.
- Charvet, F. (2019, septembre). *Introduction à la maintenance*.
- Chen, J. Y., Procci, K., Boyce, M., Wright, J., Garcia, A., & Barnes, M. (2014). *Situation Awareness-Based Agent Transparency*. Report ARL-TR-6905), Army Research lab Aberdeen Proving Group MD Human Researc and Engineering Directorate.
- Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G., & Sartor, M. (2020). Behind the definition of Industry 4.0 : Analysis and open questions. *International Journal of Production Economics*, 226, 107617.
- Duchemin, G. (2017, juillet). *Maintenance des machines et des moteurs*.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37(1), 32-64.
- Endsley, M. R. (2000). Direct measurement of situation awareness : Validity and use of SAGAT. In *Situation awareness analysis and measurement*, 10, 147-173.
- Gribbestad, M., Hassan, M. U., A. Hameed, I., & Sundli, K. (2021). Health Monitoring of Air Compressors Using Reconstruction-Based Deep Learning for Anomaly Detection with Increased Transparency. *Entropy*, 23(1), 83.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2014). Wandel von Produktionsarbeit—„Industrie 4.0 “. *WSI-Mitteilungen*, 67(6), 421-429.
- Hoc, J.-M. (2001). Towards a cognitive approach to human-machine cooperation in dynamic situations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 54(4), 509-540.
- Jian, J.-Y., Bisantz, A. M., & Drury, C. G. (2000). Foundations for an Empirically Determined Scale of Trust in Automated Systems. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 4(1), 53-71.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Securing the future of German manufacturing industry : Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Final report of the Industrie, 4(0).
- Lyons, J. B. (2013). Being Transparent about Transparency : A Model for Human-Robot Interaction. 2013 AAAI Spring Symposium Series. 2013 mars 15
- MAN B & W 5L90MC VLCC L11-V - KONGSBERG DIGITAL. (s. d.). Consulté 18 décembre 2020, à l'adresse <https://www.kongsberg.com/fr/digital/models-and-examples/k-sim-engine-models/man-bw-5l90mc-vlcc/>
- NF EN 13306—Janvier 2018. (s. d.). Consulté 18 décembre 2020, à l'adresse <https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-13306/maintenance-terminologie-de-la-maintenance/article/828621/fa185755>
- 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(5), 517-534.

- Rauffet, P., Guerin, C., Chauvin, C., & Martin, E. (2018). Contribution of Industry 4.0 to the emergence of a joint cognitive and physical production system. *HFES European Chapter*, octobre.
- Roundtree, K. A., Goodrich, M. A., & Adams, J. A. (2019). Transparency : Transitioning From Human–Machine Systems to Human-Swarm Systems. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 13(3), 171-195.
- Sarter, N. (2007). Coping with Complexity Through Adaptive Interface Design. *International Conference on Human-Computer Interaction*, 493-498.
- Tattersall, A. J., & Foord, P. S. (1996). An experimental evaluation of instantaneous self-assessment as a measure of workload. *Ergonomics*, 39(5), 740-748.
- Vicente, K. J. (1999). *Cognitive Work Analysis : Toward Safe, Productive, and Healthy Computer-Based Work*. CRC Press.
- Woods, D., Patterson, E., & Roth, E. (2002). Can We Ever Escape from Data Overload? A Cognitive Systems Diagnosis. *Cognition, Technology & Work*, 4, 22-36.
- Yagoda, R. E., & Gillan, D. J. (2012). You want me to trust a ROBOT? The development of a human–robot interaction trust scale. *International Journal of Social Robotics*, 4(3), 235-248.

La transition des pratiques actuelles vers des pratiques durables : le cas d'un filet de pêche biodégradable

Tabatha Thiébaud-Rizzoni

Université Bretagne Sud, Lab-STICC, Rue de Saint-Maudé, 56100 Lorient

tabatha.thiebaud-rizzoni@univ-ubs.fr

Laurent Guillet

Université Bretagne Sud, Lab-STICC, Rue de Saint-Maudé, 56100 Lorient

laurent.guillet@univ-ubs.fr

Julie Lassalle

Université Bretagne Sud, Lab-STICC, Rue de Saint-Maudé, 56100 Lorient

julie.lassalle@univ-ubs.fr

Christine Chauvin

Université Bretagne Sud, Lab-STICC, Rue de Saint-Maudé, 56100 Lorient

christine.chauvin@univ-ubs.fr

DISCUTANTS : Liliane Pellegrin et Chloé Le Bail

RESUME

La compréhension du processus de transition des pratiques actuelles vers des pratiques plus durables constitue un enjeu majeur pour le développement des activités de pêche maritime. Ce travail de thèse combine différentes approches théoriques et méthodologiques qui permettent d'appréhender le processus de transition à un niveau individuel et macroscopique (système sociotechnique) à des temporalités différentes. Orienté sur un mode de recherche-action, ce travail permet d'identifier les conditions favorisant la transition, et d'accompagner les acteurs concernés tout au long du processus.

MOTS-CLES

Transition, pêche maritime, système sociotechnique, pratique durable.

1. INTRODUCTION

La thèse s'inscrit dans le projet INTERREG INdIGO (INnovative fishing Gear for Ocean). Ce projet porte sur la conception et la mise à disposition d'un filet de pêche biosourcé, aux composants d'origine végétale, et biodégradable en milieu marin dans un objectif de développement durable des pratiques de pêche. Les engins de pêche sont conçus autour d'objectifs de rentabilité, de performance et de résistance dans le temps ; la problématique environnementale est mise au second plan. Le remplacement des plastiques conventionnels non-biodégradables par des matériaux respectueux de l'environnement est une innovation majeure dans le secteur de la pêche maritime professionnelle. Cette substitution implique la modification des caractéristiques des engins actuels (leur durabilité par exemple) qui ne sera pas sans conséquence sur l'activité des pêcheurs.



La question de l'acceptabilité et de l'appropriation de ce nouvel outil se pose, tant à un niveau individuel qu'à un niveau plus macroscopique (i.e. le niveau du système sociotechnique). Questionner l'acceptabilité et l'appropriation de cet outil doit permettre d'identifier des leviers et des points bloquants pour faciliter, in fine, son adoption. La problématique peut être résumée ainsi : quelles sont les conditions favorisant la transition d'une pratique traditionnelle de pêche vers le développement d'une pratique durable ?

2. CADRE THEORIQUE

Pour répondre à cette problématique, le processus de transition est étudié de l'acceptabilité à l'appropriation. L'acceptabilité correspond à une évaluation a priori d'un artefact, c'est-à-dire avant son utilisation (Bobillier-Chaumon & Dubois, 2009 ; Terrade et al. 2009). L'appropriation est « *la façon dont l'individu investit personnellement l'objet ou le système et dans quelle mesure celui-ci est en adéquation avec ses valeurs personnelles et culturelles, lui donnant envie d'agir sur ou avec celui-ci, et pas seulement de subir son usage* » (Barcenilla & Bastien, 2009).

Étudier le processus de transition nécessite d'identifier les freins et leviers à l'adoption de l'engin de pêche biodégradable à différents niveaux et à différentes temporalités : au niveau individuel et au niveau du système socio-technique, avant et après implémentation du nouvel engin de pêche.

Pour aborder le niveau individuel avant implémentation, les théories psychosociales de l'acceptabilité sociale et technique (Théorie du comportement planifié, Ajzen, 1991 ; Modèle d'acceptabilité de la technologie, Davis, 1989 ; Théorie unifiée de l'acceptation et de l'utilisation des technologies, Venkatesh, Thong et Xu, 2012) constituent un cadre théorique permettant de dégager un ensemble de variables prédictives de l'usage d'un outil. Fishbein et Ajzen (1975) suggèrent que le comportement des individus dépend de leur intention à réaliser ce comportement. Pour eux, l'intention comportementale dépend des attitudes des individus (représentation des résultats engendrés par le comportement), des normes subjectives (influence sociale, croyances, motivation à se conformer à cette influence) et du contrôle comportemental perçu (autonomie, éléments contextuels) (Ajzen & Fishbein, 1991). Pour Davis (1989), le modèle d'acceptabilité cherche à prédire et expliquer l'usage futur d'un artefact. L'usage d'un artefact dépend de l'attitude des individus face à l'artefact, l'attitude dépend de la facilité d'usage perçue (niveau d'effort) et de l'utilité perçue (performance). Pour Venkatesh et al. (2012), le modèle d'acceptabilité doit intégrer des dimensions psychosociales (image espérée, facteurs sociaux, normes subjectives, contrôle comportemental perçu, motivation hédonique) et des dimensions techniques (amélioration du travail, avantage relatif, complexité d'utilisation, utilité, compatibilité). Dans son modèle intégratif, l'UTAUT 2, il intègre de multiples variables dont certaines sont pertinentes dans le cadre de l'analyse de l'acceptabilité d'un engin de pêche biodégradable. Plus précisément, les variables identifiées comme pertinentes pour le projet INdIGO sont : l'influence sociale, le contrôle perçu, la facilité d'utilisation, l'utilité perçue, l'image espérée et l'intention d'adoption.

Bien que le filet de pêche soit utilisé par un matelot, ou un équipage de matelots, l'activité de pêche est orientée par et pour autrui et s'inscrit dans des rapports sociaux. C'est pourquoi il est nécessaire de resituer l'activité individuelle dans un système sociotechnique. Pour l'étude du système sociotechnique avant implémentation, le cadre du "système d'activité" proposé par Engeström (1987) semble pertinent (Cf. Figure 1). Le système d'activité est l'ensemble des interactions de six composants (individu, règles, artefact, communauté, division du travail, objet de l'activité), et « *la tâche principale est de saisir l'ensemble systémique, et non les interactions isolées* » [notre traduction] (Engeström, 2015, p.62).

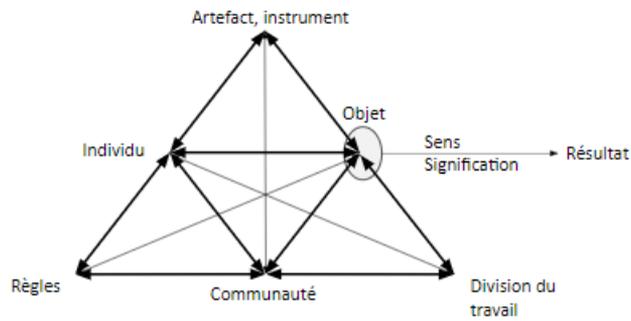


Figure 1 : Structure de l'activité humaine Engeström (1987)

Pour Engeström (2011), le système d'activité ne peut évoluer que par la résolution de tensions induites par la présence de contradictions au sein du système. Ces tensions peuvent par exemple être engendrées par l'introduction d'un nouvel artefact. Ce cadre théorique permet d'identifier les freins et les opportunités de développement de l'activité.

Pour analyser l'appropriation de l'engin biodégradable au niveau individuel après implémentation, la théorie instrumentale de Rabardel (1995) est retenue. Pour Rabardel (*ibid.*), l'artefact désigne un dispositif matériel (ex : équerre, ordinateur) ou symbolique (ex : table de multiplication, graphique) conçu comme moyen d'action dans le cadre d'une activité (*ibid.*). Il peut par exemple s'agir d'un filet de pêche sorti d'usine et pas encore utilisé par l'opérateur (puisque nous traitons désormais de l'activité de travail, le terme *opérateur* est préféré au terme *individu*). **L'instrument** est une construction plus aboutie de l'artefact, résultant de son appropriation par l'opérateur. L'instrument renvoie à "*l'usage par le sujet [individu/opérateur] de l'artefact en tant que moyen qu'il associe à son action*" (Rabardel, 1995 ; Béguin & Rabardel, 2000). Il peut s'agir de l'utilisation répétée d'un engin de pêche dans son contexte d'usage, jusqu'à l'observation d'une certaine habitude d'usage. L'instrument est l'artefact matériel auquel s'ajoute une dimension personnelle qui découle de l'utilisation de celui-ci. La théorie de la genèse instrumentale permet d'appréhender l'appropriation *in situ*. Plus précisément, il s'agit d'identifier - par l'analyse de l'activité *in situ* - l'*instrumentation* (évolution, transformation et développement des schèmes de l'individu par l'utilisation de l'artefact dans son activité) et l'*instrumentalisation* (transformation et mise en conformité de l'artefact par l'individu afin qu'il réponde aux besoins de son activité). Cette théorie a été utilisée par Chauvin, Morel et Tirilly (2010) pour soutenir la conception de nouveaux systèmes d'information et de communication dans le secteur maritime.

Ces trois approches doivent permettre de documenter le processus de transition de pratiques dans un système d'activité dynamique.

3. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Le travail de thèse porte sur l'intégralité du processus de transition et repose sur une approche psycho-ergonomique et développementale de l'activité. Cette approche part de l'analyse de l'usage de l'artefact actuel dans le système d'activité et de la mesure de l'acceptabilité du nouvel artefact pour, après avoir préconisé des éléments de conception, analyser l'appropriation du nouvel artefact. Analyser l'usage de l'artefact actuel et modéliser le système sociotechnique dans lequel il s'inscrit permet de penser le système d'activité comme une ressource à la conception. Mesurer l'acceptabilité du nouvel artefact, puis son appropriation, permet d'intégrer les futurs utilisateurs au processus d'élaboration d'une pratique alternative et de faire de cette alternative une source de développement de leur activité. Les utilisateurs de l'artefact actuel et les futurs utilisateurs du nouvel artefact deviennent ainsi des acteurs de la transition des pratiques.

L'articulation et la complémentarité de ces différentes approches doit permettre d'identifier les conditions favorisant la transition de pratiques. Les résultats des études et les préconisations itératives visent à offrir un environnement "capacitant" (Falzon, 2004) où futurs utilisateurs, chercheurs et concepteurs collaborent en vue d'adopter des pratiques plus durables.

4. CADRE METHODOLOGIQUE

4.1. Mesure de l'acceptabilité

L'acceptabilité est mesurée par le biais d'un questionnaire, qui est actuellement en cours de diffusion.

4.1.1. Construction du questionnaire

Un questionnaire pilote, inspiré du questionnaire élaboré par Ajzen (1991) dans le cadre de la théorie du comportement planifié, a été renseigné par 16 pêcheurs français et 12 britanniques. Les données recueillies ont permis de préciser les modalités de réponse du questionnaire final, de recueillir des premiers éléments de langage pour aborder le lien entre l'activité de pêche, l'environnement et la préservation des ressources.

Le questionnaire final est constitué de 54 items présentés à l'aide d'échelles de Likert. Il comporte sept dimensions : leadership (4 items), influence sociale (8 items), contrôle perçu (14 items), utilisabilité perçue (4 items), facilité d'usage perçue (3 items), image espérée-identité professionnelle (4 items), consistance (12 items), intention d'usage perçue (1 items), auxquels s'ajoutent quatre questions sociodémographiques. La durée requise pour le compléter est estimée à 12 minutes.

4.1.2. Passation du questionnaire

Le questionnaire est envoyé aux pêcheurs professionnels dans les zones géographiques concernées par le projet (Bretagne, Normandie, Haut de France), toutes spécialités de pêche confondues. Il est diffusé par les comités de pêche locaux, départementaux et régionaux, par des associations de pêche (Pêcheurs de Bretagne), par des collectifs de pêche (Collectif pêche et développement). Sa promotion est assurée par des informations diffusées sur les réseaux sociaux (site du projet, Facebook, Twitter), auprès des instances portuaires (dépôt de flyers au port de pêche, à la coopérative maritime, etc.) et par des présentations dans les centres de formation (Centre Européen de Formation Continue Maritime, Lycées maritimes). Il a été renseigné par 139 répondants (population de 1706 pêcheurs, niveau de confiance de 95%, marge d'erreur de 8%). Les premiers résultats de l'enquête seront présentés lors de la journée doctorale.

4.2. Analyse de l'activité

L'analyse de l'activité des pêcheurs, avant implémentation du nouvel outil, a été réalisée lors d'embarquements sur des fileyeurs bretons. Le premier embarquement, a duré 12 heures (4h30-16h30h). L'équipage du bateau était composé de quatre pêcheurs, trois matelots et un patron pêcheur du Morbihan. L'observation, outillée par une grille d'observation et l'usage d'une Go-Pro, a porté sur la manipulation du filet de pêche dans les différentes phases de travail. Ces phases ont été identifiées au préalable lors d'un pré-diagnostic reposant sur l'analyse de documents techniques et des entretiens avec des professionnels de la pêche (IMP, Anciens pêcheurs). Des entretiens d'autoconfrontation explicite sont réalisés pour compléter les observations. Les données recueillies sont en cours de traitement. Les données vidéo sont codées à l'aide du logiciel BORIS. Les données des entretiens seront retranscrites pour enrichir les données vidéos. Les résultats seront présentés lors de la journée doctorale.

L'analyse de l'activité, après implémentation (appropriation), suivra la même méthodologie.

4.3. Analyse du système sociotechnique

La modélisation du système sociotechnique repose sur l'analyse de données recueillies par entretiens avec des professionnels de la pêche (Responsable magasin de la Coopérative Maritime, Pêcheur retraité, Monteur de filets de pêche, Responsable du pôle Pêcheurs de Bretagne de Lorient, Spécialiste des filets à IFREMER, Spécialiste des matériaux IRMA), et par des documents techniques (Deschamp, 2009 ; IMP, 2008 ; Ifremer, 1987, 2017). Les données recueillies par la mesure de l'acceptabilité et par l'analyse de l'activité doivent préciser les relations établies entre les pêcheurs et

les autres composants du système d'activité (artefact, communauté, division du travail, règles, objet de l'activité). Une ébauche de la modélisation sera présentée lors des doctoriales.

5. DISCUSSION

L'originalité de ce travail de thèse réside dans l'étude d'un processus de transition sociale et écologique. Il s'agit à la fois d'un sujet d'actualité et d'un sujet d'avenir. D'un point de vue théorique, l'enjeu consiste à articuler plusieurs approches pour saisir différentes temporalités et différents niveaux d'un système sociotechnique. Cette étude s'inscrit dans une démarche de recherche-action, qui "caractérise une manière particulière d'interpréter, c'est-à-dire d'analyser, de modéliser les pratiques sociales, pour les transformer" (Resweber, 1994). En ergonomie, la notion de recherche-action a été utilisée par plusieurs chercheurs praticiens (Valléry & Leduc, 2005 ; Delgoulet, Vidal-Gomel, Falzon et al., 2017 ; Galey, Audignon, Witschger, Lacourt & Garrigou, 2017). Cette notion est employée dans le cadre d'échanges itératifs entre chercheurs et opérateurs, pour améliorer le travail des opérateurs (Delgoulet et al., 2017). Par exemple, Galey et al. (2017) partent de l'analyse du travail d'opérateurs exposés à un environnement chimique, sur la base d'observations et d'entretiens d'auto-confrontation, pour co-construire avec les opérateurs des pistes de réflexion sur la prévention des risques professionnels. Valléry et Leduc (2005) utilisent des observations et des techniques d'entretiens pour analyser l'activité d'opérateurs d'accueil et penser l'amélioration de leur travail. La recherche-action analyse les liens entre compétences professionnelles et organisation du travail en articulant théorie et pratique dans une logique de transformation et de développement des compétences (Valléry & Leduc, 2005). Dans le cadre d'INDIGO, les opérateurs (pêcheurs) sont intégrés au processus de conception. Les chercheurs s'appuient sur des questionnaires, des observations d'activité de pêche, et des entretiens d'auto-confrontation explicite pour penser l'implémentation d'un nouveau filet de pêche dans l'activité de travail, et le développement des compétences des pêcheurs. En communiquant avec les pêcheurs, avec les partenaires de recherche, les partenaires industriels et les experts en matériaux, les chercheurs inscrivent l'étude dans une démarche de recherche-action.

6. REMERCIEMENTS

Nous remercions tout particulièrement le Fonds Européen de Développement Régional qui contribue au financement du projet INDIGO dans le cadre du programme Interreg France (Manche) Angleterre, et les pêcheurs qui participent activement au projet.

7. REFERENCES

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Theories of Cognitive Self-Regulation*, 50(2), 179-211.
- 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.
- Béguin, P. & Rabardel, P. (2000). Designing for instrument-mediated activity. *Scandinavian Journal of Information Systems*, 12, 19.
- Bobillier Chaumon, M.-E. (2016). L'acceptation située des technologies dans et par l'activité : Premiers étayages pour une clinique de l'usage. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 22(1), 4-21.
- Bobillier-Chaumon, M.-É., & 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., & Barcenilla, J. (2003). *Concevoir un produit facile à utiliser. Adapter les technologies à l'homme*. Paris : Éditions d'Organisation. 260p.
- Chauvin, C., Morel, G., & Tirilly, G. (2010). The use of information and communication technology in the sea fishing industry. *Behaviour & IT*, 29, 403-413.
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.

- Delgoulet, C., Cuvelier, L., Gaudart, C., Molinié, A.F., & Volkoff, S. (2014). Santé et formes de fragilisation dans le travail : construction d'une recherche-intervention. *49e congrès de la SELF « Ergonomie et développement pour tous »*, 35-42, 1er-3 octobre, La Rochelle.
- Delgoulet, C., Vidal-Gomez, C., Falzon, P., & Teiger, C. (2017). Chapitre 8. Ergonomie, formation et développement. *Hors collection*, 175-191.
- Deschamps, G. (2009). Les filets maillants. *Gérard Deschamps, coordinateur*. Éditions Quæ.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki, Finland: Orienta-Kosultit Oy.
- Engeström, Y. (2011). Théorie de l'Activité et Management. *Management Avenir*, 42(2), 170-182.
- Engeström, Y. (2015). *Learning by Expanding : An Activity-Theoretical Approach to Developmental Research. Second edition*.
- Falzon, P. (2004). *Ergonomie*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behaviour : An introduction to theory and research*.
- Galey, L., Audignon, S., Witschger, O., Lacourt, A., & Garrigou, A. (2017). Intégration de la sécurité dans l'innovation : vers une meilleure caractérisation des expositions professionnelles aux nanoparticules ? *52ème Congrès de la SELF - Présent et Futur de l'Ergonomie*, Toulouse.
- IFREMER (Éd.). (1987). *Sécurité et conditions de travail à la pêche artisanale et semi-industrielle*. Laboratoire de Recherche Sécurité et Conditions de Travail à la Pêche Maritime.
- Rabardel P. (1995). Qu'est-ce qu'un instrument ? *Les dossiers de l'Ingénierie éducative*, 19, 61-65.
- Resweber, J.-P. (1994). *La Recherche action*. France: Presses Universitaires de France. FeniXX.
- 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.
- Valléry, G., & Leduc, S. (2005). Contribution ergonomique à l'analyse des relations de service exemple de professionnalisation d'une fonction d'accueil en bureau de poste. *Le travail humain*, 68(2), 153-189.
- 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(1), 157-178.

Prévention des risques émergents des véhicules autonomes : Comment améliorer les capacités attentionnelles des drivengers ?

Sharon Ouddiz

49 rue d'orthéz, 31240 l'union

sharon.ouddiz@univ-tlse2.fr

DISCUTANTS : Louis Galey et Christine Chauvin

RÉSUMÉ

L'évolution croissante de l'autonomisation de la conduite fait l'objet de questionnements de par les risques émergents de ces technologies. Les recherches ont permis de mettre en évidence les faibles capacités de l'humain à reprendre le volant après un mode autonome de conduite (cf. Navarro, 2018), et ce d'autant plus lorsque son niveau d'expertise routière est faible (Wright et al., 2016). Une diminution du niveau d'expertise routière étant aisément prévisible avec l'autonomisation de la conduite, il apparaît dès à présent crucial d'étudier le comportement des novices lorsqu'ils doivent reprendre le contrôle de leur véhicule après une période de conduite autonome. Le premier objectif de cette thèse est de mieux comprendre la dynamique des ressources attentionnelles en situation de conduite semi-autonome simulée chez les novices et les experts, au regard du modèle MART (Young & Stanton, 2002). Le second objectif s'inscrit dans une perspective de prévention des risques. Ici, nous évaluerons dans quelle mesure les caractéristiques de la tâche menée durant le mode autonome est capable d'améliorer les capacités de reprise de la conduite.

MOTS-CLÉS

Conduite autonome, attention, charge-mentale, oculométrie, simulation

1 INTRODUCTION

La conduite est une activité principalement visuelle nécessitant des ressources attentionnelles suffisantes afin d'acquérir un niveau de conscience de la situation optimal et conduire ainsi en toute sécurité (Heikoop et al., 2015). Comme nous le savons, la première cause des accidents de la route implique aujourd'hui une erreur humaine, et notamment un déficit de l'attention du conducteur (Dingus et al., 2006). Il est prévu que les systèmes de conduite totalement autonomes seront en mesure de réduire la mortalité routière de manière significative en retirant totalement l'humain de la boucle de l'activité de conduite. Mais avant de remplacer complètement le conducteur, ces systèmes ne sont et ne seront capables de gérer que partiellement l'activité de conduite. Par exemple, le niveau 2 sur les 6 défini par la Society of Automotive Engineers (SAE ; Smith, 2014) actuellement sur la route (e.g., Tesla Autopilot) peut gérer le contrôle latéral et longitudinal du véhicule, mais uniquement dans certaines situations (e.g., sur autoroute) et toujours sous la supervision du conducteur.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International.

Le prochain niveau (i.e., niveau 3) serait capable de prendre en charge l'ensemble des tâches de conduite tout en tenant compte de l'environnement, lui permettant de conduire en autonomie dans un plus grand nombre de situations routières. Le conducteur, désormais conducteur-passager ou drivenger (i.e., contraction de driver et de passenger), pourra ainsi s'engager dans d'autres tâches (i.e., Non-Driving Related Task, NDRT) tant que le mode autonome est activé. Il devra cependant reprendre le contrôle de son véhicule lorsque le système l'alertera de l'interruption de son fonctionnement, au sein d'une limite de temps prédéfinie. Ceci implique que le drivenger se désengage de la NDRT réalisée durant le mode autonome afin de s'engager dans la reprise de la conduite.

Cette période de reprise ou takeover est préoccupante depuis quelques années. Les recherches ont mis en évidence que reprendre la conduite après un niveau 3 de conduite autonome est particulièrement critique en termes de risques accidentels encourus. Par exemple, les drivengers avaient des performances dégradées après la reprise de la conduite en termes de temps de réaction plus long face à une situation critique, de contrôle du véhicule détérioré et de risque de collision plus élevé (cf. Navarro, 2018, pour une revue). Ces performances détériorées observées lors de la reprise pourraient s'expliquer par la théorie des ressources attentionnelles malléables (MART) développée par Young et Stanton (2002). D'une part, nous savons que la reprise est une période très exigeante, ce qui est expliqué par de multiples facteurs (e.g., coût du stress associé à la pression temporelle, désactivation du système dans des situations complexes, coût du switch attentionnel). D'autre part, les faibles exigences requises par l'activité de conduite pendant la conduite autonome impliqueraient une faible charge mentale pour les drivengers (De Winter et al., 2014). Selon MART, l'état de sous-charge mentale des drivengers entraînerait un rétrécissement artificiel des ressources attentionnelles, qui serait un mécanisme d'adaptation des capacités attentionnelles aux exigences de la tâche en cours. Par conséquent, les drivengers ne disposent pas de ressources attentionnelles suffisantes pour faire face à l'augmentation soudaine des exigences de la tâche lors de la reprise, et nécessiteraient un temps d'adaptation afin que leurs capacités attentionnelles retrouvent un niveau optimal.

La reprise apparaît comme une période à risques accidentels élevés dans la mesure où il est nécessaire pour les drivengers de disposer de suffisamment de ressources attentionnelles engagées dans la conduite afin de percevoir et extraire les informations pertinentes au sein de l'environnement, acquérir une connaissance de la situation adéquate et ainsi engager des comportements sécuritaires (Heikoop, et al., 2015). La littérature supporte le modèle MART en montrant que les drivengers sont en état de sous-charge mentale lorsque le mode autonome est activé (De Winter et al., 2014) et en déficit attentionnel lors de la reprise de la conduite en termes de comportement visuel dégradé, de conscience de la situation altérée et de comportements de conduite déficitaires (Zeeb, Buchner et Schrauf, 2015, cf. Navarro, 2018, pour une revue). Cependant, peu de choses sont aujourd'hui connues concernant le temps d'adaptation nécessaire aux drivengers afin que leurs capacités attentionnelles retrouvent un niveau optimal ainsi que la manière dont les facteurs internes ou externes à l'individu influencent leurs capacités à reprendre le volant, ce qui représente l'enjeu principal de cette thèse.

Selon MART, la réalisation d'une tâche suffisamment exigeante durant le mode autonome pourrait permettre de maintenir les capacités attentionnelles du drivengers à un niveau optimal et ainsi améliorer ses capacités à reprendre le contrôle de son véhicule. Les études n'ont cependant pas permis de montrer clairement l'impact de l'engagement des drivengers dans une NDRT sur leurs performances de reprise, les études ayant montré autant un effet positif (e.g., Pampel et al., 2019) que négatif (e.g., Merat et al., 2012). Plusieurs explications peuvent être apportées ici, notamment par rapport aux caractéristiques de la tâche qui varient entre les études (e.g., poursuite de la tâche la période de transition entre les modes autonome et manuel, exigences trop faible ou trop élevée de la tâche, appréciation et engagement faible dans la tâche, tâche n'impliquant pas les mêmes réservoirs de ressources attentionnelles que la conduite). La présente thèse vise à déterminer dans quelle mesure les exigences associées à une NDRT réalisée durant le mode autonome de conduite et interrompue dès le début de l'alerte à la reprise pourrait maintenir un niveau optimal de capacités attentionnelles chez les drivengers et préserver des comportements sécuritaires lors de la reprise

effective de la conduite. Les NDRT ont été choisis de telle sorte à partager les mêmes réservoirs de ressources attentionnelles que l'activité de conduite (Wickens, 2008).

En plus des caractéristiques relatives à la NDRT, celles relatives aux drivengers pourraient avoir un impact sur leurs comportements lors de la reprise. Par exemple, les études menées par Wright et collaborateurs (Wright et al., 2016) ont montré que les conducteurs experts d'âge moyen sont plus rapides à retrouver une conscience de la situation optimale que les jeunes conducteurs novices en termes de fixations sur des dangers latents (i.e., au moins 6s contre 8s après l'alerte à la reprise). Néanmoins, il ne semble pas clair si cette différence provient de l'âge ou de l'expérience de conduite des conducteurs dans la mesure où ces deux facteurs internes pourraient augmenter les risques accidentels encourus dans un contexte de conduite non-autonome (Gershon et al., 2018). En effet, nous savons que le faible niveau d'expérience de conduite est l'un des facteurs majeur augmentant les risques accidentels encourus (Underwood, Chapman et Crundall, 2009 ; Dingus et al., 2006). Les conducteurs novices n'ayant pas automatisé le niveau opérationnel de l'activité de conduite (Michon, 1985), un seuil plus élevé de ressources attentionnelles est requis, ce qui peut les mener à un état de surcharge mentale et à des performances particulièrement dégradées (Paxion et al., 2015 ; Schneider et Shiffrin, 1977). Leur faible expérience de conduite est également responsable de comportements visuels peu stratégiques et efficaces ainsi qu'à un modèle mental peu développé de l'activité de conduite, contribuant d'autant plus à augmenter les exigences requises par la conduite et à diminuer leur conscience de la situation (Heikoop et al., 2015 ; Underwood, Chapman et Crundall, 2009). Étant donné que l'expertise routière se construit par l'exposition répétée et continue aux diverses situations constituant l'activité dynamique de conduite (Logan, 1988 ; Michon, 1985 ; Schneider et Shiffrin, 1977), les futurs drivengers pourraient bien ne jamais atteindre un niveau d'expertise suffisant à la mise en place de comportements sécuritaires lorsqu'ils devront reprendre le contrôle de leur véhicule.

Tout l'enjeu d'aujourd'hui est de développer des moyens d'action permettant de prévenir les risques de demain, ce qui est l'objet de cette thèse. Le premier objectif de cette thèse est de mieux comprendre la dynamique des ressources attentionnelles au regard du modèle MART. Nous allons ainsi investiguer l'effet des caractéristiques de la NDRT (i.e., exigences associées à la difficulté), des caractéristiques de la reprise (i.e., exigences associées à la complexité) et celles du drivenger (i.e., niveau d'expertise routière) sur les capacités attentionnelles et les performances des drivengers. Notre second objectif consiste à prévenir les risques émergents des véhicules autonomes de par l'amélioration des capacités attentionnelles des drivengers. Nous allons ainsi évaluer dans quelle mesure la réalisation d'une NDRT exigeante serait en mesure de maintenir les capacités attentionnelles des drivengers novices et experts à un niveau optimal afin d'améliorer leurs performances, et ce en fonction des exigences associées aux situations routières survenant lors de la reprise.

2 ETUDE 1 : SELECTION DES JEUX CONSTITUANT LA NDRT

2.1 Objectifs

L'objectif de cette pré-étude était de sélectionner les jeux-vidéos qui constitueront la NDRT réalisée durant le mode autonome par les drivengers lors des études 2, 3 et 4. Plus précisément, l'objectif était de sélectionner des jeux s'inscrivant dans les mêmes modalités sensorielles que l'activité de conduite (i.e., informations essentiellement spatiales, encodées dans la modalité visuelle et nécessitant des réponses motrices), induisant soit une charge mentale faible, soit une charge mentale élevée, et un niveau d'engagement et d'appréciation élevés chez les drivengers. Ainsi, il nous sera possible de manipuler l'exigence de la NDRT réalisée durant le mode autonome lors des études 2 et 3.

2.2 Matériel et méthode

24 jeux étaient pré-sélectionnés pour leur appréciation à priori élevée (i.e., note supérieure à 4/5 sur le playstore Android) et leur nature (i.e., informations essentiellement spatiales, encodées dans la modalité visuelle et nécessitant des réponses motrices). Parmi eux, 12 étaient à priori très exigeants,

appartenant à la catégorie « logique et casse-tête », et 12 étaient à priori peu exigeants, appartenant à la catégorie « simulation » du playstore. Les jeux étaient répartis au sein de 4 conditions expérimentales, chacune comportant 3 jeux de chaque catégorie. Les 70 participants jouaient aux 6 jeux composant l'une des conditions, pour une durée de 10 minutes par jeu. Leur charge mentale était évaluée via l'échelle NASA-TLX (Hart and Staveland, 1988), leur diamètre pupillaire moyen ainsi que la variabilité de leur rythme cardiaque. Leur engagement dans le jeu ainsi que leur appréciation de celui-ci étaient évalués par questionnaires.

2.3 Résultats

Les résultats n'ont pas permis d'établir une relation cohérente entre nos mesures physiologiques. Des analyses plus approfondies doivent être réalisées ici. Nous avons décidé de nous focaliser sur la mesure du NASA-TLX, largement utilisé en psychologie cognitive et en ergonomie afin d'évaluer la charge mentale induite par une tâche. Après suppression des jeux ayant été évalué comme trop peu engageant ou trop peu appréciés (i.e., relation en U inversé avec la charge mentale), les analyses ont permis de sélectionner 3 jeux de la catégorie logique et casse-tête les plus exigeants, et 3 jeux de la catégorie simulation les moins exigeants. Du fait de la relation en U inversé, les jeux induisant un niveau de charge mentale trop faible ou trop élevés n'ont pas été retenus (i.e., faibles engagement et appréciation chez les participants). De nouvelles analyses plus détaillées concernant les mesures physiologiques doivent être menées, impliquant notamment un nouveau traitement des données.

3 ETUDE 2 : EFFET DU NIVEAU D'EXPERTISE ROUTIERE ET DES EXIGENCES DE LA NDRT LORS D'UNE SITUATION DE REPRISE PEU EXIGEANTE.

3.1 Objectifs

Le premier objectif est d'investiguer dans quelle mesure la charge mentale induite par la NDRT réalisée durant le mode autonome peut influencer les capacités attentionnelles et les performances des drivengers lors d'une reprise de conduite très exigeante, et ce en fonction de leur niveau d'expertise routière. Le second objectif est de déterminer le temps nécessaire aux drivengers novices et experts afin qu'ils retrouvent un niveau optimal de capacités attentionnelles et des performances comparables à celles de leurs homologues conducteurs.

3.2 Matériel et méthode

120 participants novices ou experts seront immergés en conduite non-autonome ou autonome (niveau 3) au sein du simulateur de conduite (UT2J), qui est composée d'une voiture sur vérins hydrauliques et entourée par des écrans. Ils réaliseront tous une phase de familiarisation avec le simulateur de conduite. Pour les participants en condition non-autonome, cette familiarisation sera uniquement composée de conduite manuelle. Pour ceux en conduite autonome, elle sera composée de différentes phases de mode autonome et manuel de conduite afin de familiariser avec la conduite autonome de niveau 3. Les participants réaliseront soit une NDRT peu exigeante, soit exigeante durant les 20 minutes de conduite autonome du circuit expérimental. Celui-ci débutera et finira par 5 minutes de conduite manuelle. La reprise de la conduite au bout de 25 minutes du circuit expérimental impliquera une alerte à la reprise visuo-auditive 10 secondes avant la désactivation effective du système et une situation routière conçue pour être très exigeante de par sa complexité. Les 3 jeux sélectionnés pour une condition seront présentés aux participants drivengers, qui seront libre de jouer à un ou plusieurs jeux sur tablette durant le mode autonome afin de s'assurer leur appréciation et leur engagement dans le jeu. Il leur sera demandé d'interrompre immédiatement la NDRT et de poser la tablette dès le début de l'alerte à la reprise afin de se préparer à reprendre le volant. Des mesures comportementales (e.g., vitesse), oculométriques (e.g., nombre de fixations), pupillométrique (e.g., diamètre pupillaire moyen), cardiaques (i.e., relatives à la variabilité du rythme cardiaque) et auto-rapportées (e.g., charge mentale, engagement, appréciation) seront enregistrées et analysées.

3.3 Résultats attendus

Nous nous attendons ici à ce que les drivengers en condition de NDRT peu exigeante aient une charge mentale faible durant le mode autonome (i.e., faibles diamètre pupillaire, score au NASA-TLX faible et variabilité du rythme cardiaque), du fait du rétrécissement de leurs capacités attentionnelles. Nous nous attendons ainsi à une augmentation faible de la charge mentale enregistrée lors de la reprise, expliqué par le temps d'adaptation nécessaire à leurs capacités attentionnelles à retrouver un niveau optimal. De ce fait, nous nous attendons à des performances et comportements dégradés chez les novices comme chez les experts. Nous supposons cependant que les novices auront des performances plus dégradées lors de la reprise, du fait des exigences de la tâche supposées être plus élevées que pour les experts.

Concernant la condition de NDRT plus exigeante, nous nous attendons à une charge mentale plus élevée chez les drivengers durant le mode autonome en comparaison avec ceux en condition de NDRT peu exigeante. Leurs capacités attentionnelles supposées maintenues à un niveau optimal, nous nous attendons à de meilleures performances lors de la reprise et à une charge mentale légèrement plus élevée. Cependant, la situation de reprise a été programmé de telle sorte à être très exigeante. Nous supposons ici que les exigences requises pour les novices soient au-delà de leur limite naturelle de capacités attentionnelles, résultant en des performances plus dégradés que leurs homologues conducteurs. Finalement, nous nous attendons à des performances similaires entre drivengers et conducteurs experts concernant cette condition de NDRT très exigeante.

4 ETUDE 3 : EFFET DU NIVEAU D'EXPERTISE ROUTIERE ET DES EXIGENCES DE LA NDRT LORS D'UNE SITUATION DE REPRISE TRES EXIGEANTE.

4.1 Objectifs

Les objectifs de cette étude sont similaires à ceux de l'étude 2, à l'exception que la situation routière survenant lors de la reprise sera peu exigeante afin de mieux comprendre la dynamique des ressources attentionnelles des individus au regard du modèle MART et selon différents facteurs (i.e., niveau d'expertise routière, type de NDRT).

4.2 Matériel et méthode

Cette partie est similaire à l'étude 2 décrite précédemment. 80 participants prendront part à l'étude, et nous comparerons leurs résultats avec ceux du groupe contrôle de conducteurs recueillis lors de l'étude 2.

4.3 Résultats attendus

Concernant la condition de NDRT peu exigeante, les résultats attendus sont similaires à ceux de l'étude 2. Nous nous attendons cependant à ce que les drivengers novices et experts parviennent à des performances comparables à leurs homologues conducteurs lors de la reprise de la conduite après un mode autonome durant lesquels ils auront réalisé une NDRT très exigeante. En effet, les exigences requises par la reprise étant plus faibles dans cette étude, elles ne seraient pas au-delà de la limite naturelle des capacités attentionnelles des drivengers novices. Nous envisageons également ici de comparer les performances de reprise des drivengers en fonction des exigences associées à la reprise, en reprenant les données collectées lors de l'étude 2.

5 AUTRES ETUDES ENVISAGEES

Une ou plusieurs autres études sont envisagées, en fonction de l'état d'avancement de la thèse. Celles-ci concernent l'évaluation d'une aide à la reprise par indigage visuel de l'environnement routier. Ici, l'informations visuelles serait intégrée à l'environnement routier simulé par le biais d'un casque de réalité augmenté. Les modalités de cette étude restent à définir.

6 PERSPECTIVES APPLICATIVES

Les perspectives applicatives de cette thèse sont multiples. Elles concernent en premier lieu des recommandations quant au temps nécessaire à la transition entre les modes autonome et manuel de conduite afin que les drivengers reprennent le volant de manière sécuritaire. Des recommandations quant aux types de tâches menées durant le mode autonome seront également apportées en fonction des résultats obtenus. L'activité de conduite dans son ensemble pourrait également être repensé en fonction des besoins des conducteurs, notamment dans le maintien de leur expertise routière (e.g., nécessité de conduire un certain nombre de km par mois) ainsi que de la formation en auto-école à la conduite semi-autonome. Finalement, des recommandations seront apportés quant au développement d'aides à la reprise de la conduite.

7 BIBLIOGRAPHIE

- De Winter, J. C. F., Happee, R., Martens, M. H., & Stanton, N. A. (2014). Effects of adaptive cruise control and highly automated driving on workload and situation awareness: A review of the empirical evidence. *Vehicle Automation and Driver Behaviour*, 27, 196-217.
- Dingus, T. A., Klauer, S. G., Neale, V. L., Petersen, A., Lee, S. E., Sudweeks, J., Perez, M. A., Hankey, J., Ramsey, D., Gupta, S., Bucher, C., Doerzaph, Z. R., Jermeland, J., & Knipling, R. R. (2006). *The 100-Car Naturalistic Driving Study, Phase ii—Results of the 100-Car Field Experiment* Performed by Virginia Tech Transportation Institute, Blacksburg, VA, Sponsored by National Highway Traffic Safety Administration, Washington DC, April 2006, DOT HS 810 593
- Gershon, P., Sita, K. R., Zhu, C., Ehsani, J. P., Klauer, S. G., Dingus, T. A., & Simons-Morton, B. G. (2019). Distracted driving, visual inattention, and crash risk among teenage drivers. *American Journal of Preventive Medicine*, 56(4), 494-500.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index) : Results of Empirical and Theoretical Research. *Advances in Psychology*, 52, 139-183.
- Heikoop, D. D., de Winter, J. C. F., van Arem, B., & Stanton, N. A. (2015). Psychological constructs in driving automation : A consensus model and critical comment on construct proliferation. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 17(3), 284-303.
- Logan, G.D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95 (4), 492-527.
- Merat, N., Jamson, A. H., Lai, F. C. H., & Carsten, O. (2012). Highly automated driving, secondary task performance, and driver state. *Human Factors*, 54(5), 762-771.
- 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* (p. 485-524). Springer.
- Navarro, J. (2018). A state of science on highly automated driving, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 20(3), 366-396.
- Pampel, S. M., Large, D. R., Burnett, G., Matthias, R., Thompson, S., & Skrypchuk, L. (2019). Getting the driver back into the loop : The quality of manual vehicle control following long and short non-critical transfer-of-control requests: TI:NS. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 20(3), 265-283.
- Paxion, J., Galy, E., & Berthelon, C. (2015). Overload depending on driving experience and situation complexity: which strategies faced with a pedestrian crossing? *Applied Ergonomics*, 51, 343-349.
- Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing : I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84 (1), 1-66.
- Smith, B. W. (2013). *SAE levels of driving automation*. Center for Internet and Society. Stanford Law School. <http://cyberlaw.stanford.edu/blog/2013/12/sae-levels-driving-automation>.
- Underwood, G., Chapman, P., & Crundall, D. (2009). Experience and visual attention in driving. In C. Castro (Ed.) *Human factor of visual and cognitive performance in driving* (pp. 89 – 116). Boca Raton, FL : CRC Press.
- Wickens, C. D. (2008). Multiple Resources and Mental Workload. *Human Factors*, 50(3), 449-455.
- Wright, T. J., Samuel, S., Borowsky, A., Zilberstein, S., & Fisher, D. L. (2016). Experienced drivers are

quicker to achieve situation awareness than inexperienced drivers in situations of transfer of control within a Level 3 autonomous environment. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 60, 270-273.

Young, M. S., & Stanton, N. A. (2002b). Malleable Attentional Resources Theory: A New Explanation for the Effects of Mental Underload on Performance. *Human Factors*, 44(3), 365–375.

Zeeb, K., Buchner, A., Schrauf, M., 2015. What determines the take-over time? An integrated model approach of driver take-over after automated driving. *Accid. Anal. Prev.* 78, 212–221.

Conception d'un poste de supervision de véhicules autonomes par une démarche d'ergonomie prospective

Jordan Scoliège

Institut VEDECOM, 23 bis Allée des Marronniers, 78000 Versailles, France.
Laboratoire de Psychologie et d'Ergonomie Appliquées (LaPEA) Institut de Psychologie - Université de Paris,
71, avenue Édouard Vaillant 92100 Boulogne-Billancourt, France
jordan.scoliege@vedecom.fr

Jessy Barré

Institut VEDECOM, 23 bis Allée des Marronniers, 78000 Versailles, France.
jessy.barre@vedecom.fr

Philippe Cabon

Laboratoire de Psychologie et d'Ergonomie Appliquées (LaPEA) Institut de Psychologie - Université de Paris,
71, avenue Édouard Vaillant 92100 Boulogne-Billancourt, France
philippe.cabon@parisdescartes.fr

DISCUTANTS : Céline Lemerrier et Vincent Boccara

RÉSUMÉ

La mise sur le marché des véhicules autonomes génère de nombreuses interrogations. Bien que les questions relatives à la sécurité comme la reprise en main du véhicule par le conducteur soient très largement traitées (Gold, Happee, & Bengler, 2018 ; Haué, Le Bellu, & Barbier, 2020), la supervision à distance des véhicules est encore peu abordée. Le développement d'un tel système permettrait, dans le cas par exemple d'une flotte de navettes autonomes, d'assurer de la fluidité du service et de prévenir certains incidents que le système autonome ne pourrait gérer. Cependant, l'opérateur en poste de supervision ne bénéficiera pas de la même représentation de la situation que pourrait avoir un superviseur embarqué (c'est-à-dire le conducteur), pouvant impacter le service. Nous présentons dans cette communication les prémices de notre travail et la méthode envisagée pour le développement d'un système efficace et résilient prenant en compte le facteur humain, à partir d'une démarche d'ergonomie prospective.

MOTS-CLÉS

Véhicule autonome – Automatisation - Supervision – Ergonomie prospective – Facteur humain

1. INTRODUCTION

Les métropoles entament une transformation pour apporter aux populations un niveau de qualité de vie supérieure, celles-ci doivent notamment se réinventer au travers des nouvelles mobilités (Boisnier, 2013). Le transport des personnes (pour le travail, les loisirs, le sport, etc.) représente un défi pour les pouvoirs publics mais également pour les industriels et les scientifiques² tels que la

² Loi d'orientation des mobilités (Lom) - <https://www.ecologie.gouv.fr/loi-dorientation-des-mobilites>



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International.

démocratisation des systèmes de transports en commun à l'ensemble des citoyens, la réduction des émissions de CO2 (indépendance aux énergies fossiles), le désengorgement des axes routiers saturés ou encore la diminution de l'accidentologie. Sur ce dernier point, le nombre de décès dus aux accidents de la circulation ne cesse d'augmenter en atteignant 1,35 million dans le monde en 2016 (OMS, 2018) augmentant chaque année au regard de l'augmentation de la population mondiale.

Le développement des véhicules autonomes constitue une innovation de rupture (dans son usage ou encore dans son interaction avec l'environnement routier). Le véhicule autonome pourrait se révéler un atout pour optimiser la congestion du trafic et diminuer le risque d'accidents (Fagnant & Kockelman, 2015 ; Teoh & Kidd, 2017). Cependant, le véhicule entièrement autonome n'est pas encore réalité. La SAE³ (Society of Automotive Engineers), propose une classification à six niveaux pour appréhender le degré d'autonomie des véhicules (de 0 à 5) (Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

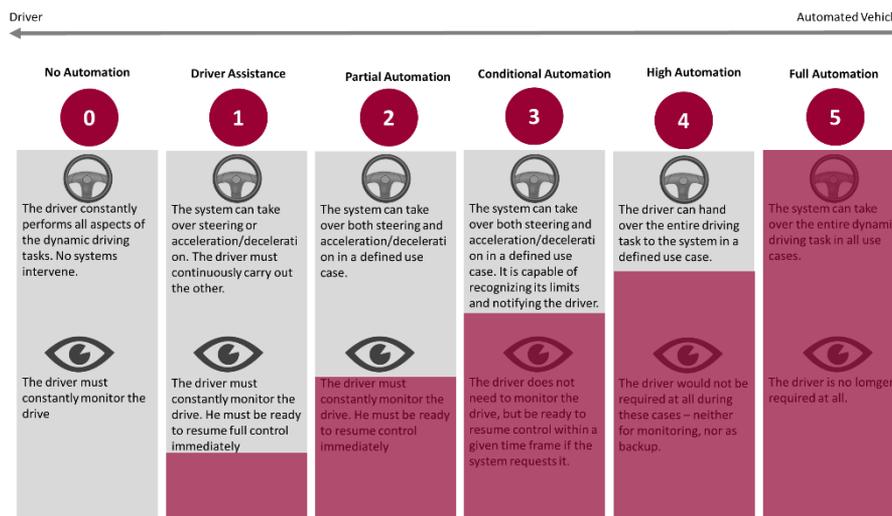


Figure 7 : Description des niveaux d'automatisation <https://www.trustvehicle.eu/the-road-to-driverless-vehicles/>

L'avancement dans les niveaux de cette taxonomie suppose une autonomie grandissante de la part du système jusqu'à la prise en charge de l'ensemble des paramètres de la conduite amenant le conducteur à sortir de la boucle (human-out-of-the-loop) (Billings, 1991). Cependant, avant d'arriver au tout autonome (niveau 5), le conducteur et le système vont coopérer pour répondre à l'ensemble des situations de conduite. Kaber, Omal et Endsley (1999) affirment que ces niveaux intermédiaires sont préférables, pour permettre à l'opérateur d'élaborer une conscience de la situation et de rester dans la boucle de contrôle. Actuellement, les véhicules particuliers sur le marché sont des systèmes de niveau 2 (ex : modèles Tesla et Volo XC90) et des véhicules de niveau 3 sont prévus à partir de 2021 comme le modèle Honda Legend⁴ au Japon.

La législation⁵ intervient fortement dans la régulation de mise sur le marché des véhicules à haut niveau d'autonomie (niveaux 3 et 4), notamment pour des problématiques de responsabilités en cas d'accidents ; qui est responsable, le conducteur ou le constructeur ? De nombreux experts du facteur humain abordent les questions de la sécurité des niveaux intermédiaires (Kyriakidis *et al.*, 2017).

Dans ce document nous présentons notre travail de thèse portant sur le développement d'un système de supervision pour véhicules autonomes (voitures individuelles et navettes). Nous allons aborder les champs de la littérature cadrant notre sujet puis nous présenterons les différents jalons de notre démarche, notamment l'observation des situations de références.

³ <https://www.sae.org>

⁴ <https://global.honda/newsroom/news/2020/4201111eng.html>

⁵ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2018.11.26.Etude_impact.pdf

2. ETAT DE L'ART

Dès les années 80, avec l'émergence de l'automatisation dans les transports et l'industrie, Bainbridge (1983) évoque l'ironie de l'automatisation. Les systèmes avancés nécessiteront toujours une présence humaine ; le rôle de l'opérateur change avec des tâches plutôt liées à la supervision ou à la maintenance. L'activité de l'opérateur passe donc d'actions de contrôle (i.e. agir directement) à la supervision du processus (Hoc, 2004). Hoc différencie deux types de situations dans les activités humaines ; les situations dynamiques et statiques. Le caractère dynamique de la situation implique que celle-ci est susceptible d'évoluer alors que l'opérateur est inactif (Hoc, 2004) – c'est le cas de la conduite automobile qui présente un environnement complexe et dynamique. L'opérateur provoque sur le système des effets d'actions non « purs » (sous l'influence d'autres facteurs, tel que le vent), « directs » (intermédiaire entre l'ordre et l'action, comme avec l'ABS – *Antiblockiersystem : System de freinage antiblocage*) ou « immédiats » (dépend de la dynamique du système, comme l'accélération du véhicule à la suite de l'appui sur la pédale ou la montée en température des hauts fourneaux dans le cadre d'une activité industrielle ; Hoc, 2004).

Dans le domaine des transports, la réduction du nombre d'accidents causés par l'erreur humaine est souvent avancée comme un argument en faveur du déploiement de l'automatisation des véhicules (Fagnant, & Kockelman, 2015). Cependant, tant que les véhicules automatisés ne sont pas en mesure de gérer toutes les situations de conduite, l'opérateur humain reste dans la boucle de contrôle et coopère avec le système autonome. L'erreur humaine pourrait alors se déplacer sur de nouvelles situations, jusque-là inconnues. Le risque d'accident pourrait diminuer dans les situations de conduites « classiques »⁶ gérées par le système autonome (ex : système de freinage automatique d'urgence⁷), mais apparaître ailleurs dans des activités dépassant la conduite manuelle traditionnelle (ex : interaction entre le conducteur et les systèmes autonomes via leurs activations et désactivations). Une analogie peut être faite avec l'apparition des systèmes autonomes dans l'aviation, où les pilotes ont dû apprendre à gérer de nouvelles compétences liées à l'intégration de nouvelles technologies comme le pilotage automatique, et de nouveaux problèmes ou risques sont apparus⁸ (Lyll, & Funk, 1998 ; Wiener, & Curry, 1980).

Pour Hoc (2000), de manière générale l'automatisation impacte l'opérateur humain avec une perte d'expertise, un manque ou un excès de confiance envers le système mais aussi la perte d'adaptabilité, pouvant alors déboucher sur des erreurs. Dans l'article collaboratif *A human factors perspective on automated driving* (Kyriakidis et al., 2017), les auteurs rappellent que le fait de pouvoir automatiser une activité (i.e. avoir les capacités technologiques de le faire), ne signifie pas que c'est toujours une bonne idée (voir les travaux de Fitts, 1951 et Hancock, 2014). En effet, pour Parasuraman et Riley (1997) les opérateurs humains peuvent utiliser à mauvais escient ou abuser de la technologie d'automatisation (ex : sur-confiance). D'autres effets comme les biais d'automatisation ou le phénomène de complaisance peuvent aboutir à des accidents (Parasuraman, & Manzey, 2010). Pour optimiser la sécurité dans l'usage de ces systèmes, la formation des conducteurs est une piste importante à suivre afin d'anticiper les compétences nécessaires pour utiliser efficacement les systèmes de conduite autonomes (Merriman, Plant, Revell, & Stanton, 2020). D'un autre côté, le développement d'un centre de supervision, à l'instar des systèmes de supervision existant dans l'aérien ou le ferroviaire, permettrait de sécuriser le fonctionnement des systèmes autonomes en anticipant les incidents, tout en garantissant la fiabilité et la régularité du réseau. Le système complet doit alors apporter aux utilisateurs une confiance solide. Amalberti souligne que « la sécurité n'est pas une question scientifique ; elle apparaît surtout comme une affaire de perception sociale » (Amalberti,

⁶ Par « classique » nous entendons des situations qui relèvent de l'activité de conduite manuelle telle qu'elle est actuellement dispensée dans les écoles de conduite : effectuer un trajet d'un point A à un point B avec son véhicule en agissant directement sur la trajectoire (contrôle longitudinal) et la vitesse (contrôle latéral) par l'intermédiaire de commandes (volant, pédales, commodos...).

⁷ <https://aleteia.org/2018/01/06/traffic-deaths-down-in-japan-due-to-autonomous-driving-technology/>

⁸ Nous pourrions aussi évoquer les risques de dysfonctions des systèmes autonomes -type ADAS- qui ne sont pas encore exempt d'erreurs (Dutch Safety Board, 2019).

2013, p. 121). Les accidents de la route sont bien mieux acceptés que les accidents d'avions (Neyns, 2011) pourtant plus nombreux (3244 morts en voiture en France contre 283 en avion dans le monde en 2019⁹). Cependant, l'introduction des véhicules autonomes semble bouleverser cette perception. Chaque incidents et accidents provoque un fort impact sociomédiatique comme l'accident mortel mettant en cause un véhicule TESLA et sa fonction Autopilot en 2016¹⁰. Le mécanisme de perception de contrôle serait derrière cette acceptabilité du risque. La conduite manuelle s'apparente donc à une prise de risque choisie et non subie. Ainsi, en retirant le contrôle de l'utilisateur, l'automatisation du véhicule diminue la perception de contrôle et modifie l'acceptabilité des accidents.

3. OBJECTIF

Le fonctionnement d'un système autonome sans action d'un opérateur humain semble encore utopiste. A ce jour, aucun système ne voit d'application suivant ce modèle car l'agent humain nécessite de suivre les indicateurs de fonctionnement des systèmes l'entourant. Cela permet d'anticiper les dysfonctionnements et d'assurer un niveau de service optimal. Ainsi, nous souhaitons dans ce travail de thèse mener une réflexion sur les systèmes autonomes et leur supervision par les opérateurs humains. La finalité de notre travail serait l'identification de spécificités pour la conception d'un poste de contrôle et de commande centralisé (PCC) centré utilisateur. Un tel système permettra de contrôler un maximum de véhicules (possédant un degré d'autonomie variable) tout en garantissant la sécurité, la fiabilité, et la régularité du réseau. Les opérateurs auront également la capacité de piloter à distance les véhicules. Le système développé, et replacé dans son environnement global, devra être résilient en ajustant son fonctionnement avant, pendant et/ou après des perturbations, de sorte que les opérations nécessaires soient assurées en mode nominal comme en mode dégradé ou critique (**Hollnagel, 2014**).

Afin de proposer un système complet en vue d'assurer un niveau de sécurité élevé, seront abordées les questions relatives à l'impact de l'automatisation sur les opérateurs humains ; l'interaction entre l'humain et le système, la conscience de la situation et la charge mentale, la confiance envers le système (sur-confiance/sous-confiance), l'usage et mésusage du système ou encore la distraction et l'ennui des opérateurs (**Sarter, & Woods, 1995 ; Parasuraman, & Riley, 1997 ; Balfé, Wilson, Sharples, & Clarke, 2012 ; Cummings, Mastracchio, Thornburg, & Mkrtychyan, 2014 ; Endsley, 2017 ; Sheridan, 2019**). Le modèle cognitif basé sur le contrôle contextuel appelé COCOM (COntextual Control Model) sera développé dans ce cadre (Hollnagel, 1983).

4. METHODE

Dans l'objectif de dessiner cette activité encore inexistante, la thèse s'inscrit dans le champ de l'ergonomie et des facteurs humains. L'ergonomie, dans un contexte de conception innovante, fait face à un paradoxe où les utilisateurs finaux ne sont pas encore identifiés, tout comme l'activité elle-même ainsi que la répartition des tâches entre les différents agents. Pour y pallier, le projet sera conduit sous le prisme de l'ergonomie prospective (**Brangier & Robert, 2014**). C'est une approche anticipative qui vise à identifier de nouveaux besoins afin de satisfaire des usages futurs. Cette catégorie d'intervention pour l'ergonome est soutenue par 3 fondements. Le fondement prospectif qui s'appuie sur des données rétrospectives de différentes thématiques pour dégager des tendances sociales profondes. Le fondement créatif qui est à la base de l'innovation, du développement, de la compétitivité et de la création de la richesse, supporté par des techniques de génération d'idées (Brainstorming, Personas, ...). Enfin, le fondement ergonomique qui permet de placer les éléments du futur contexte, construire les futures activités, créer et concevoir l'artefact (**Brangier & Robert, 2014**).

⁹ <https://www.onisr.securite-routiere.gouv.fr/etat-de-l-insecurite-routiere/bilans-annuels-de-la-securite-routiere/bilan-2020-de-la-securite-routiere> ; <https://news.aviation-safety.net/2020/01/01/aviation-safety-network-releases-2019-airliner-accident-statistics/>

¹⁰ https://www.lemonde.fr/pixels/article/2017/01/20/le-pilote-automatique-de-tesla-mis-hors-de-cause-apres-un-premier-accident-mortel_6003332_4408996.html

Dans ce travail de thèse il sera envisagé dans un premier temps une revue bibliographique autour des questions essentielles de l'autonomisation et de la sécurité. La volonté est de comprendre les enjeux de l'introduction de l'autonomisation en conduite et notamment les impacts sur le facteur humain. La compréhension des mécanismes cognitifs de supervision viendra alimenter la réflexion sur le rapport de l'opérateur humain au système autonome. Enfin, l'ensemble des caractéristiques du facteur humain appliqué au domaine de l'automatisation seront replacés dans les concepts plus généraux de sécurité des systèmes sociotechniques, notamment celui de la résilience (Hollnagel, 2014).

La seconde phase des travaux consistera à analyser l'activité de situations analogues (Daniellou & Garrigou, 1992), comme l'activité de supervision des trains/métros automatiques ou de contrôle aérien (Belmonte, Boulanger, Schön, & Berkani, 2006 ; Karvonen, Aaltonen, Wahlström, Salo, Savioja, & Norros, 2011), afin d'identifier les similarités et les différences en vue de construire les spécificités concernant le système de supervision de véhicules autonomes. Les situations analogues retenues dans cette première phase sont le contrôle du trafic aérien, la gestion du trafic ferroviaire et routier (bus et tramways) ainsi que la supervision des drones.

Dans un troisième temps il sera envisagé de réaliser des sessions de créativité et/ou des focus groups avec les futurs opérateurs et utilisateurs probables (safety driver, superviseurs, usagers), mais aussi concepteurs en vue d'identifier les besoins (besoins utilisateur et besoins système) et fonctionnalités nécessaires à la conception dudit système (Brangier & Robert, 2014).

Enfin une modélisation numérique et/ou maquettage du système développé pourra être testé en simulation pour retenir la solution la plus performante sur les questions de l'efficience et de la sécurité.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVE

L'intégration du véhicule autonome sur les routes ouvertes implique d'appréhender de nombreux éléments. Dans un cycle de vie d'un système sociotechnique, celui-ci passe par trois étapes de conception : innovante, performante et sécurisée (Amalberti, 2013). L'évolution des attentes en termes de sécurité augmente au passage de ces dernières. L'auteur précise qu'il est préférable de « ne pas dépasser la demande ni d'aller trop vite vers l'ultra sécurité ». Cependant, l'automatisation de la conduite tend à sortir l'opérateur humain de la boucle de contrôle, crée de nombreux biais pouvant affaiblir le système et diminuer le mécanisme de perception du contrôle. Le besoin de sécurité des utilisateurs est important et mérite une attention particulière.

Nous proposons d'apporter des éléments de réflexion pour le développement d'un poste de supervision pour véhicules autonomes. Un tel système permettrait de sécuriser le fonctionnement des systèmes autonomes en anticipant les incidents tout en garantissant la fiabilité et la régularité du réseau. Pour cela il est prévu que la conception de ce système soit réalisée à travers la mise en place d'une approche relevant de l'ergonomie prospective. Après l'analyse de l'activité de situations analogues, des sessions de créativité et des focus groupes permettront de proposer les spécifications de conception comprenant les besoins des opérateurs et des utilisateurs, ainsi que les fonctionnalités du futur système.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Amalberti, R. (2013). *Piloter la sécurité : Théorie et pratiques sur les compromis et les arbitrages nécessaires*. Springer Editions.
- Balfe, N., Wilson, J. R., Sharples, S. & Clarke, T. (2012). Development of design principles for automated systems in transport control. *Ergonomics*, 55(1), 37-54.
- Bainbridge, L. (1987). The ironies of automation. In J. Rasmussen, K. Duncan, & J. Leplat (Eds.), *New technology and human error* (pp. 271-283). Chichester, UK: Wiley.
- Belmonte, F., Schön, W., Boulanger, J-L. & Capel, R. (2008). Évaluation du facteur humain dans le domaine de la supervision de trafic ferroviaire : le projet SPICA-Rail. *16ième Congrès de Maîtrise des Risques et de Sûreté de Fonctionnement*, F. : Avignon.

- Billings, C. E. (1991). *Human-centered aircraft automation: A concept and guidelines* (NASATech. Memorandum 103885). Moffett Field, CANASA mes Research Center.
- Boisnier, C. (2013). La mobilité durable à l'épreuve de la fabrication de la ville tertiaire. *Les Rencontres Interdisciplinaires Doctorales de l'Architecture et de l'Aménagement Durables*.
- Brangier, E., Robert, J-M. (2014). L'ergonomie prospective : fondement et enjeux. Presses universitaires de France. *Le travail humain*, 77, 1 - 20.
- Cummings, M., Mastracchio, C., Thornburg, K.M., & Mkrtchyan, A.A. (2014).** Boredom and Distraction in Multiple Unmanned Vehicle Supervisory Control. *Interacting with computers*, 25(1), 34-47.
- Daniellou, F., Garrigou, A. (1992). Human factors in design: sociotechnics or ergonomics? *Design for manufacturability*, 55-63.
- Endsley, M. R. (2017). From here to autonomy: lessons learned from human-automation research. *Human factors*, 59(1), 5-27.
- Fagnant, D. J., & Kockelman, K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 167-181.
- Fitts, P. M. (1951). *Human engineering for an effective air-navigation and traffic-control system. Report of Air navigation development board*. The Ohio state university research foundation.
- Gold, C., Happee, R., & Bengler, K. (2018). Modeling take-over performance in level 3 conditionally automated vehicles. *Accident Analysis & Prevention*, 116, 3-13.
- Haué, J-B., Le Bellu, S., & Barbier, C. (2020). Le véhicule autonome : se désengager et se réengager dans la conduite. IA, robotique, automatisations : quelles évolutions pour l'activité humaine ? *Activités [En ligne]* - Open Editions Journals
- Hancock, P. A. (2014). Automation: how much is too much?. *Ergonomics*, 57(3), 449-454.
- Hoc, J. M. (2000). *La relation homme-machine en situation dynamique. Revue d'intelligence artificielle*, 14(1), 55-71.
- Hoc, J. M. (2004). *Supervision et contrôle de processus, la cognition en situation dynamique*. F. : PUG.
- Hollnagel, E. (1993). *Human reliability analysis: Context and control*. London: Academic Press
- Hollnagel, E., (2014). *Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management*. CRC press.
- Kaber, D. B., Omal, E., & Endsley, M. (1999). Level of automation effects on telerobot performance and human operator situation awareness and subjective workload. *Automation technology and human performance: Current research and trends*, 165-170.
- Karvonen, H., Aaltonen, I., Wahlström, M., Salo, L., Savioja, P., Norros, L. (2011). Hidden roles of the train driver: A challenge for metro automation. *Interacting with Computers*, 23(4), 289-298.
- Kyriakidis, M., de Winter, J. C. F., Stanton, N., Bellet, T., van Arem, B., Brookhuis, K., Martens, M. H., Bengler, K., Andersson, J., Merat, N., Reed, N., Flament, M., Hagenzieker, M. & Happee, R. (2017). A human factors perspective on automated Driving. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 20(3), 223-249.
- Lyall, B., & Funk, K. (1998, March). Flight deck automation issues. In *Proceedings of the Third Conference on Automation Technology and Human Performance* (pp. 288-292).
- Merriman, S. E., Plant, K. L., Revell, K. M., & Stanton, N. A. (2020). Challenges for automated vehicle driver training: A thematic analysis from manual and automated driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 76, 238-268.
- Neyns, V. (2011). *Les modalités du contrôle cognitif en situation dynamique : anticipation et gestion des dérives. Le cas de l'anesthésie*. Thèse de doctorat, Université Toulouse II.
- Parasuraman R. & Riley V. (1997). Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse, Abuse. *Human factors*, 39(2), 230-253.
- Parasuraman, R., & Manzey, D. H. (2010). Complacency and bias in human use of automation: An attentional integration. *Human factors*, 52(3), 381-410.
- Sarter, N. B., & Woods, D. D. (1995).** How in the World Did We Ever Get into That Mode? Mode Error and Awareness in Supervisory Control. *Human factors*, 37(1), 5-19.

- Sheridan, T. B. (2019). Individual Differences in Attributes of Trust in Automation: Measurement and Application to System Design. *Frontiers in Psychology, 10*, 1117.
- Teoh, E. R., & Kidd, D. G. (2017). Rage against the machine? Google's self-driving cars versus human drivers. *Journal of safety research, 63*, 57-60.
- Wiener, E. L. & Curry, R. E. (1980) Automation in the Cockpit: Some generalizations. Proceedings of the Human factors and ergonomics Society annual meetings.**

Concevoir des outils d'actimétrie pour un travail et des usages raisonnés

Mélanie Biencourt (doctorante)

Certop, Université de Toulouse - Jean Jaurès, Maison de la Recherche, bâtiment B26
5, Allée Antonio Machado, 31058 Toulouse cedex 9.

Melanie-morgane.biencourt@univ-tlse2.fr

Irène Gaillard (co-directrice)

Certop, Université de Toulouse - Jean Jaurès, Maison de la Recherche, bâtiment B26
5, Allée Antonio Machado, 31058 Toulouse cedex 9.

irene.gaillard@ipst-cnam.fr

Béatrice Barthe (co-directrice)

LPS-DT, Université de Toulouse - Jean Jaurès, Maison de la Recherche, bâtiment B26
5, Allée Antonio Machado, 31058 Toulouse cedex 9.

beatrice.barthe@univ-tlse2.fr

DISCUTANTS : Vincent Boccara & Corinne Grusenmeyer

RÉSUMÉ

Le développement de l'intelligence Artificielle (IA) dans les entreprises est en plein essor, ce qui va entraîner des transformations des situations de travail. La question de la transformation des systèmes et des organisations n'est pas nouvelle en ergonomie, cependant les enjeux associés à l'IA, notamment autour des données produites, posent de nouvelles questions. D'autant plus que le développement des usages réels en situation peut difficilement être anticipé dans les approches techno-centrées qui sont encore très présentes. Cette communication porte sur un travail de recherche-action en cours, dans lequel on s'intéresse à l'introduction d'un outil d'IA apportant de nouvelles données aux encadrants sur l'activité physique des trieurs, dans les centres de tri et de valorisation des déchets. Nous nous interrogeons alors sur les usages qui pourront être faits de ces données et des limites de l'outil en termes de préservation de la santé des opérateurs.

MOTS-CLÉS

Intelligence artificielle, activité, usages, santé au travail, centre de tri

1. INTRODUCTION

Notre société a connu de grands changements au cours des dernières décennies, tant sur le plan environnemental qui occupe une place grandissante dans l'esprit collectif et dans les politiques publiques, qu'en termes d'avancées technologiques qui ont conduit à des transformations profondes de nos sociétés. Cette thèse se situe à la rencontre de ces deux vastes domaines, entre innovation technologique et « métiers verts ». Elle porte sur l'introduction d'une technologie d'intelligence artificielle (IA) dans un centre de tri et de valorisation des déchets.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International.

Nous nous intéressons plus particulièrement aux usages qui seront faits des données produites par cet outil. Cet outil est une caméra de profondeur qui sera positionnée en face des agents lors de l'activité de tri. L'usage qui sera fait des données rapportées par la technologie, et produites à partir de l'activité physique des trieurs, soulève des questions en termes de préservation de la santé des opérateurs et du point de vue de la transformation des organisations.

2. CONTEXTE

Cette thèse, financée par la Région Occitanie et l'Université de Toulouse s'inscrit dans un contexte pluridisciplinaire impliquant différents acteurs. Le projet engagé est né d'une collaboration préalable entre l'IRIT (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse) et une société d'équipementier d'unités industrielles de valorisation et de tri des déchets. A l'origine du projet, l'industriel souhaitait mettre au point un capteur permettant d'obtenir des informations chiffrées sur l'activité physique des trieurs. Cette demande est née d'une volonté d'avoir un retour d'informations quant au respect de la norme NF 35_702 (2015). Mais aussi, afin d'améliorer la conception des postes dans un but de prévention des TMS (troubles musculo-squelettiques). Bien que le facteur biomécanique soit important dans l'apparition des TMS, ce n'est pour autant pas le seul facteur amenant à leur apparition, leur maintien et leur aggravation. Les chercheurs de l'IRIT ayant identifié un besoin de mieux comprendre le travail des trieurs, lors du développement de cette technologie de traitement d'images, une collaboration avec une ergonome a été instaurée. Cette première étude a permis de mieux connaître l'activité de tri, et de la mettre en regard avec les futures données collectées à partir de cette activité (Dutrieux et al., 2018). Cette thèse s'inscrit dans la continuité de ce projet, et s'intéresse plus particulièrement au développement des usages, afin de repérer les enjeux pour l'ergonomie d'une co-construction des usages dès la mise en place du projet. Ce travail vise également plus largement à identifier les enjeux de l'IA pour le travail et l'ergonomie.

La technologie de l'outil a été développée dans le cadre d'une thèse CIFRE en informatique. Elle permet, à partir des images captées par une caméra de profondeur, d'obtenir des postures 3D des opérateurs et d'en extraire des données chiffrées sur les zones d'évolution des mains et sur les angulations des articulations du haut du corps (coudes, épaules, mais aussi la position du buste) (Blanc-Beyne, 2020). Cet outil de capture de données sera implanté en situation réelle dans un centre de tri qui est actuellement en cours de construction. Ce centre, qui verra le jour dès janvier 2023, se veut être un centre de tri nouvelle génération. Il intégrera des nouvelles technologies dont la « cabine connectée » qui sera équipée de caméras de profondeur (apportant les données sur l'activité physique des trieurs) et de capteurs apportant des données sur l'ambiance sonore et thermique en cabine. Le but étant que ces données soient accessibles à terme depuis un outil de supervision à destination des encadrants. Un outil de supervision de la cabine de tri est actuellement utilisé par les chefs de cabine, notamment pour faire le point sur la production. L'introduction de nouvelles informations, cette fois sur l'activité physique des trieurs pose de nombreuses questions notamment sur l'usage qui va être fait de ces données.

Initialement, l'objectif était d'avoir un retour sur une partie de l'activité physique des opérateurs afin de prévenir l'apparition de TMS sur certains postes de tri. Cependant, la signification que peuvent prendre ces nouvelles données dans l'activité de chacun des acteurs concernés (managers, opérateurs, directeur du centre) nous interroge, car l'impact ne sera pas le même si ces nouvelles informations sont effectivement utilisées dans un but de prévention ou si elles amènent à une demande accrue de productivité, qui entraînerait potentiellement l'effet inverse de celui escompté.

3. CADRE EMPIRIQUE & PROBLÉMATIQUE

Nous sommes actuellement dans un contexte où les politiques publiques encouragent très fortement les entreprises à transformer leurs systèmes de production en y introduisant des nouvelles technologies. En démontre le programme « industrie du futur » initié en 2015 et qui vise à soutenir financièrement les PME et les ETI et à les accompagner dans le cadre de ces transformations. Cependant, ces projets technologiques sont très souvent encore technocentrés et sont poussés par

une volonté de rester compétitif en empruntant le chemin de l'industrie 4.0, sans réellement tenir compte des besoins réels sur le terrain. C'est souvent dans ce contexte que des projets d'IA voient le jour

3.1. L'Intelligence Artificielle

Nous reprendrons ici l'expression « IA » telle qu'elle est utilisée par Zouinar (2020) pour faire référence « aux machines, algorithmes, ou programmes qui s'inspirent ou tentent de reproduire des facultés humaines comme la compréhension du langage naturel, la reconnaissance d'objets visuels ou le raisonnement dans ses différentes formes ». Il n'y a pas de consensus autour de la définition d'IA, et pour cause, ce terme fait référence à un large panel d'outils. Certains auteurs spécialistes de l'IA aiment parler « des Intelligences Artificielles » (Julia, 2019) tant il existe de grandes différences entre deux outils d'IA. Ces technologies peuvent avoir des fonctionnements variés et offrent une pluralité de situations d'usages pouvant s'appliquer à divers domaines : optimisation, prédiction, mise en relation, détection, recommandation, aide à la prise de décision (Dejoux, 2020). Cependant une des caractéristiques centrale est la notion d'« apprentissage qui permet à une machine d'améliorer ses performances » (Halton, 2000). Si l'IA se développe autant ces dernières années, c'est en partie suite à ce que l'on appelle la « révolution du Big data », qui fait référence à la quantité massive de données disponibles grâce à notre utilisation quotidienne d'internet. L'accès à ces données permet de fournir suffisamment d'informations pour générer un apprentissage et permettre aux outils de fonctionner.

La particularité des outils fonctionnant grâce à l'intelligence artificielle porte principalement sur la question des données nécessaires au fonctionnement de l'outil, et également sur celles produites par l'outil. Tout d'abord, les concepteurs de ces technologies ont besoin d'accéder à des données pour faire fonctionner leur outil, ce qui pose parfois des questions en termes d'éthique et de méthode utilisée. Les données peuvent être accessibles sur des bases de données en ligne ou peuvent être produites dans l'entreprise. A titre d'exemple, dans le cadre des centres de tri, on peut imaginer que les données produites en tri télé opéré (tri réalisé par un opérateur à partir d'une vidéo sur un écran tactile) pourraient être à terme utilisées pour développer des technologies de reconnaissance des déchets totalement automatisées. Dans d'autres cas, comme c'est le cas dans le cadre de ce projet, l'IA peut permettre l'accès à de nouvelles données, n'existant pas jusqu'alors. Si à ce jour les IA sont loin d'être fiables à 100%, la puissance des calculs permet de capter et de traiter des données à une vitesse importante, plus rapide que ne pourrait le faire un humain. Ici, nous avons accès à des données chiffrées sur l'activité physique, ce qui demanderait des heures à un humain pour arriver à un tel niveau d'analyse d'images et de calcul d'angulations pour seulement quelques minutes de vidéo. Ces capacités importantes sont cependant à nuancer avec le fait que cela vaut pour des tâches précises et délimitées. Dans ce contexte, l'IA apparaît alors comme un outil permettant « d'augmenter » l'humain en lui donnant accès à de nouvelles données qu'il pourra alors intégrer dans son activité. Comme tout projet technologique, les projets de conception amenant à l'intégration d'outils d'IA dans une situation vont transformer le travail et la question des usages y apparaît centrale.

3.2. Le développement des usages dans le cadre de l'introduction d'une nouvelle technologie

Cette thèse s'inscrit dans le courant de l'ergonomie de l'activité. On s'intéresse alors au travail réel au travers de la réalisation d'analyse d'activité dans une situation de travail et dans un contexte donné. Or, nous sommes ici dans un paradoxe bien connu de l'ergonomie de conception (Pinsky & Theureau, 1984) puisque l'on ne peut anticiper les évolutions et les usages effectifs qui naîtront au fil du développement de l'activité. Seule l'activité non outillée peut servir de base pour l'analyse de l'activité. Or, comme le souligne Rabardel (1995) lorsqu'il parle de « genèse instrumentale » le processus d'appropriation de l'instrument et de construction des usages par les opérateurs se poursuit au-delà de la conception initiale. « Ce qui est conçu sera approprié, transformé, façonné par les utilisateurs pour servir des finalités qui s'inscrivent dans le jeu complexe et peu prédictible des contraintes et des possibles de leurs activités situées » (Folcher, 2015). Les auteurs s'accordent aujourd'hui pour parler de « conception continuée dans l'usage », ce qui renvoie à l'idée que la

conception n'est pas un processus linéaire qui a lieu en amont du développement d'un outil mais qu'elle se prolonge au-delà, notamment au travers des usages en situation réelle (Béguin & Rabardel, 2000 ; Rabardel & Bourmaud, 2003 ; Flandin & Gaudin, 2014 ; Loup-Escande, 2019).

3.3. Problématique

Il nous semble important ici de préciser que ce travail de thèse a été impacté par la situation sanitaire actuelle, notamment en raison du retard pris par le projet du nouveau centre. Nous avons alors obtenu une prolongation du financement de thèse de huit mois. Aussi, l'accès au terrain n'a été possible que tardivement et pose encore des difficultés aujourd'hui. Par ailleurs, de nouvelles visites sur deux autres sites non outillés ont été récemment programmées, et la mise en place d'un partenariat avec ces deux centres de tri est en cours. Ainsi nous pourrions questionner le développement des usages des technologies déjà implantées et cela nous permettra de mettre en perspective les données recueillies dans le cadre du projet initial. De fait, et étant donné que nous sommes dans le cadre d'une recherche-action, à ce stade la problématique n'est pas encore clairement définie et dépendra également des terrains à venir. Cependant, plusieurs questions guident actuellement ce projet de recherche :

- Comment faire en sorte que les données produites par l'outil, dont les usages ne sont pas encore clairement identifiés, soient utilisées de façon bénéfique pour préserver la santé des travailleurs ?
- Comment permettre aux opérateurs de développer des usages leur permettant de servir leur propre santé grâce à un autocontrôle de leur activité ?
- En quoi l'organisation et le déroulement du projet de conception peuvent jouer un rôle sur le développement des usages ?

4. TERRAINS RÉALISÉS

4.1. Terrain initial du projet

Le futur centre dans lequel sera implanté l'outil de capture de données n'étant pas encore construit, le centre de tri auquel nous faisons référence ici est celui sur lequel sont localisées actuellement les équipes qui travailleront sur ce futur centre dès janvier 2023. Le nouveau centre, dans lequel sera intégré la cabine connectée a été présenté aux chefs d'équipe puis aux opérateurs durant le mois de novembre 2020, la semaine précédant notre venue sur le terrain.

Le centre actuel est un centre de tri et de valorisation des déchets issus de la collecte sélective. Les déchets sont collectés puis acheminés jusqu'au site, où ils sont ensuite déversés dans une trémie d'alimentation avant de subir un tri automatique (i.e., séparateur balistique, tri optique avec un système d'éjection par jet d'air, machine à courant de Foucault) ; enfin ces déchets arrivent en cabine de tri où ils vont être triés manuellement. Une cabine de tri ressemble à une sorte d'atelier où passent des tapis de tri. Il y a dans ce centre deux cabines de tri, celle des corps plats (papiers, cartons, etc.) et celle des corps creux (bouteilles, canettes, etc.). Dans la cabine des corps plats, il y a des postes de part et d'autre des quatre tapis, et sur chaque poste il y a des deux côtés des goulottes d'évacuation dans lesquelles déposer les déchets non souhaités sur le tapis. Dans la cabine des corps creux, il y a deux postes de tri frontal (les produits arrivent en face et sont triés dans des goulottes se trouvant devant les agents de tri et non sur les côtés) et un poste de tri latéral individuel. L'organisation du travail en cabine de tri repose actuellement sur le travail de 3 équipes. Chaque équipe est composée de 16 trieurs dont un chef de cabine qui travaille aussi sur les lignes de tri ainsi que d'un chef d'équipe qui supervise la production et les équipes. Il y a deux équipes de jour l'une du matin (5h-12h) et l'autre de l'après-midi (12h-19h). Ces équipes s'intervertissent chaque jeudi. L'équipe de nuit est fixe et travaille de 19h à 02h. Pour chaque équipe, des rotations sont effectuées sur les postes toutes les 2 heures avec autant que possible une alternance de côté permettant de varier la position des trieurs

par rapport à l'arrivée du flux sur la table. Ces rotations sont effectuées après les deux pauses afin d'éviter des sollicitations continues des mêmes articulations.

4.2. Méthodologie

Les objectifs d'étude lors des premiers terrains réalisés étaient les suivants :

- Recueillir les retours des trieurs sur la technologie
- Comprendre l'activité des trieurs et le contexte dans lequel elle s'inscrit (organisation, contexte de changement)
- Recueillir des données sur l'activité physique des trieurs pour pouvoir réaliser des chroniques d'activité et les comparer avec les séquences captées par l'outil.

Dans un premier temps, des observations filmées ont été réalisées sur différents postes de tri (i.e., trieur positionné en début de chaîne ou fin de chaîne, poste avec 2 ou 3 goulottes d'évacuation) auprès de 6 opérateurs (cf. Tableau 1.), dont 2 cheffes de cabine qui sont également agents de tri. Les opérateurs interrogés étaient les opérateurs volontaires (B ; C ; E) pour participer au test de l'outil de capture de données sur le centre de tri actuel, qui a eu lieu au lendemain des entretiens. Trois autres volontaires ont accepté de participer à cette étude. Un des opérateurs (E) a dû être écarté des résultats puisqu'il s'est avéré lors de l'entretien qu'il ne comprenait pas bien le français ce qui limitait les échanges.

Tableau 1. Profil des opérateurs interrogés lors de la première venue sur site

Participant-e-s interrogé-e-s	Age	Sexe	Ancienneté sur le centre (en année en 2020)	Problèmes physiques liés à l'exercice du métier
A	50	F	24	oui
B	47	F	11	oui
C	56	M	14	oui
D	45	F	18	oui
E	36	M	3	non
F	62	M	15	oui

Note. Les profils en vert correspondent aux participants qui ont également participé au test de l'outil en situation, et en comparaison avec un autre outil de mesure de données nécessitant des capteurs à porter sur les articulations.

Des entretiens semi-directifs individuels ainsi que des auto-confrontations ont ensuite été réalisés auprès de ces 6 opérateurs. Les entretiens ont duré en moyenne 1 heure et ils étaient conduits de la façon suivante, en proposant :

- Des questions fermées portant sur des informations relatives aux caractéristiques de la personne (âge, ancienneté sur le poste, etc.) ;
- Des questions ouvertes ayant pour but de les amener à verbaliser sur leur activité et l'organisation dans laquelle elle s'inscrit ;
- Une partie d'auto-confrontation afin d'aller plus loin dans la verbalisation sur ce qui est pris en compte et significatif au cours de l'activité, qu'il s'agisse de l'engagement physique et des stratégies mises en place durant l'activité de tri ;
- Des questions ouvertes orientées sur l'outil de capture de données afin de recueillir leurs retours.

4.3. Premiers résultats

Les données recueillies ont ensuite été traitées par le biais d'une analyse de contenu thématique. Ainsi, quatre thèmes sont ressortis :

- Le contexte organisationnel qui renvoie à trois sous-thèmes : le contexte social, l'importance du collectif, les réunions de remontées d'informations ;
- La variabilité des flux sur la table de tri ;
- L'aménagement des postes ;
- Les retours portant sur la technologie de capture de données.

Ces différents thèmes et sous thèmes ont ensuite été explorés de façon plus fine dans les différents entretiens par le biais d'une recherche par mots-clés notamment. A titre d'exemple, la question du collectif de travail a été explorée par la recherche des mots suivants : collègues ; autre(s) ; gens ; personne ; coup de main ; aide(r) ; équipe. Cette recherche par mots-clés a par ailleurs permis de mettre en avant une récurrence du mot « collègue » dans un des entretiens puisqu'il a été utilisé à 39 reprises par la personne en 1h30 d'entretien soit une fois toutes les trois minutes environ.

Nous aborderons dans cette partie plus spécifiquement le dernier thème portant sur la technologie de capture de données, ce thème étant particulièrement intéressant dans le cadre de la recherche menée.

A ce jour nous pouvons dire que cette première venue sur le terrain pour rencontrer les équipes nous a permis de mieux comprendre le contexte dans lequel s'inscrit ce projet de réaménagement d'un centre de tri. Il semblerait que les opérateurs soient plutôt favorables aux transformations à venir.

Tout d'abord, nous pouvons noter que globalement cette technologie a été perçue dans un premier temps de façon plutôt mitigée. C'est-à-dire que dans les discours se mêlent parfois enthousiasme « *J'ai trouvé ça très bien. C'est un progrès finalement. C'est bien pour les gens, pour l'avenir* » (Agent de tri A) et craintes « *Après le progrès c'est bien mais euh..., après c'est bien, mais il faut pas que non plus... Parce que moi j'ai vu des choses où carrément ils triaient mais avec des choses, mais constamment.* » (Agent de tri A faisant référence à des capteurs qui seraient sur le corps).

Cependant aucun des opérateurs interrogés n'a présenté de réticence à voir cette caméra de profondeur installée en cabine de tri et il est clair que pour les opérateurs interrogés que cette caméra de profondeur ne les filme pas à proprement parler.

Parmi les craintes évoquées, on peut en distinguer deux types :

- Liées à une compréhension erronée des fonctionnalités de l'outil par rapport à la réalité (e.g., remplacement de l'homme au travail ; croyance d'un outil « invasif » avec des capteurs) « *J'espère juste, vraiment j'espère juste que quand il y aura tout ça d'installé, beh que on va pas s'ennuyer. (...). J'espère que ça remplacera pas trop l'humain quoi.* » (Agent de tri)
- Liées à une crainte que cet outil mette au second plan d'autres problèmes plus importants dans la prévention des TMS (e.g., goulottes trop en arrière) « *Mais je me suis dit c'est beau mais vu ce qui ... parce qu'avant on a souvent parlé des TMS. Mais avec la modification qui a été faite sur le poste, sur la cabine, sur la ligne A et sur le carton, ça n'a pas arrangé les choses* » (agent de tri)

Nous avons pu au travers des entretiens discuter avec les opérateurs et les chefs de cabine des usages potentiels de ces données. Ici encore nous avons pu constater qu'il y a deux positionnements : ceux pour qui les données produites par l'outil seront inutiles en termes de prévention des TMS « *de toute façon même si on a des capteurs on fera toujours la même chose, le tri il ne sera pas mieux, ça ne va pas nous changer grand-chose quoi.* » (Agent de tri B) ; ceux pour qui ces données pourraient apporter des informations utiles sur et pour leur activité. Parmi ceux qui voient un potentiel dans cet outil, la question de l'usage de ces données porte sur deux niveaux :

- L'usage pour soi de ses propres données « *beh oui j'aimerais savoir, pour savoir si on est bien, si on est bien positionné déjà* » ;

- L'usage de ces données pour la conception des postes « *ça serait intéressant de savoir combien de fois on met notre épaule en arrière, qui normalement n'est pas normal. (...) Mais notre box, il faudrait qu'on l'ait ici (moins en arrière) quoi (...)* »

Cette partie de l'entretien portant sur les usages n'avait pas pour vocation à ce stade d'aborder en profondeur la question des usages relatifs à cette technologie, mais était à visée exploratoire. Il serait intéressant de travailler davantage cette question des usages afin de faire de cet outil un réel atout en termes de prévention des TMS en exploitant et développant au maximum les usages possibles qu'offre cette technologie.

5. PERSPECTIVES

Deux pistes sont envisagées en parallèle pour la suite de cette recherche : poursuivre le travail en cours avec ce premier centre qui fera l'objet de transformations à l'horizon 2023 ; et débiter un partenariat avec deux autres centres de tri où une immersion sur le terrain sera possible, alors que l'accès au premier centre est plus limité. Concernant la poursuite des premiers terrains, il serait intéressant d'élargir le nombre d'opérateurs interrogés et de s'intéresser à l'activité des encadrants. Cela permettrait d'approfondir la compréhension du contexte organisationnel dans lequel s'inscrit ce projet, et aussi d'identifier les données qui sont à ce jour utiles aux chefs d'équipes dans leurs prises de décisions qui ont un impact direct en cabine de tri (e.g., la quantité de déchets à trier chaque heure). Nous envisageons ensuite de réaliser des simulations de l'activité future outillée à partir de maquettes de l'outil de restitution, en y intégrant les données sur l'activité physique des trieurs. Ainsi, nous pourrions comprendre quels sens les encadrants peuvent donner à ces nouvelles données et en quoi cela peut influencer ou non leurs prises de décisions notamment en termes de production.

Enfin, concernant les deux autres centres, la mise en place d'un partenariat est en cours. À ce stade, le directeur des sites et le préventeur des risques environnementaux et industriels, se sont montrés intéressés par le projet de recherche présenté ici portant sur l'innovation technologique et l'intelligence artificielle. Ils n'ont pas de projets technologiques en cours, cependant un des deux centres a vu le jour récemment et il présente un fort niveau d'automatisation avec un tri qui s'apparente davantage à un contrôle qualité. La question de la préservation de la santé des opérateurs et de la réduction des TMS est au centre des préoccupations et les dirigeants de ces sites se sont montrés intéressés par la technologie de capture de données développée par l'IRIT. Aussi, il est envisageable qu'une présentation de l'outil de capture soit réalisée sur les deux nouveaux centres de tri. Cela permettrait de faire une étude comparative entre ces trois centres et de pointer les similarités et divergences du point de vue des acteurs concernant l'introduction éventuelle de cet outil en cabine de tri.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Barcellini, F. (2020). Quelles conceptions de la coopération humains-robots collaboratifs ? Une expérience de participation au projet de conception d'un démonstrateur de robotique collaborative. *Activités*, 17-1.
- Béguin, P., & Rabardel, P. (2000). Concevoir pour les activités instrumentées. *Revue d'intelligence artificielle*, 14(1-2), 35-54.
- Bobillier-Chaumon, M.-É., Rouat, S., Laneyrie, E., & Cuvillier, B. (2018). De l'activité DE simulation à l'activité EN simulation : Simuler pour stimuler. *Activités*, 15(151).
- Blanc-Beyne, T. (2020). *Estimation de postures 3D à partir de données imprécises et incomplètes de l'activité d'opérateurs humains dans un centre de tri de déchets*. [Thèse de doctorat, Toulouse INPT]

- Dejoux, C. (2020). *L'IA pour tous*. [Massive Open Online Course]. Disponible sur : <https://www.fun-mooc.fr/courses/course-v1:CNAM+01046+session02/about>
- Dutrieux, A., Gaillard, I., Mollo, V., Blanc-Beyne, T., Carlier, A., & Charvillat, V. (2018). De l'actimétrie à l'activité, quels sont les apports de l'ergonome à la conception d'un outil. Communication présentée à la *SELF*, Bordeaux, 3-5 Octobre 2018.
- Flandin, S., Gaudin, C. (2014) Conception Continué Dans L'usage En Vidéoformation Des Enseignants. *Actes Du Troisième Colloque International De Didactique Professionnelle Web*.
- Folcher, V. (2015). Conception pour et dans l'usage, la maîtrise d'usage en conduite de projet. *Revue des Interactions Humaines Médiatisées*, 16, 39-60.
- Halton, J-P., (2000). L'intelligence Artificielle. *Conférence de l'Université de Tous les Savoirs*, 19 septembre 2000 ;
- Julia, L., (2019). *L'intelligence artificielle n'existe pas*. Paris : Edition First.
- Loup-Escande, E. (2019). *Concevoir des technologies émergentes acceptables : complémentarité des approches expérimentale, écologique et prospective*. [Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Picardie Jules Verne]
- NF X 35-702 (2015). *Sécurité des machines — Principes ergonomiques pour la conception des cabines de tri manuel des déchets recyclables secs ménagers et assimilés issus des collectes sélectives*
- Pinsky, L., & Theureau, J. (1984). Paradoxe de l'ergonomie de conception et logiciel informatique. *Revue des conditions de travail*, 9.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Rabardel, P., & Bourmaud, G. (2003). From computer to instrument system: A developmental perspective. *Interacting with Computers*, 15(5), 665-691.
- Zouinar, M. (2020). Évolutions de l'Intelligence Artificielle : Quels enjeux pour l'activité humaine et la relation Humain-Machine au travail ? *Activités*, 17-1.

L'hospitalité à l'ère du digital : quelles influences sur les activités d'accueil ?

Pierre Flandrin

Catherine Hellemans

Cécile Van de Leemput

Université libre de Bruxelles (ULB)

Centre de recherche en Psychologie du Travail et de la Consommation (PsyTC) - Av. Roosevelt, 50
(CP122), 1050 Bruxelles, Belgique

Pierre.Flandrin@ulb.be

DISCUTANTS : Sylvia Pelayo & Liliane Pellegrin

RÉSUMÉ

Comme d'autres secteurs, les organisations touristiques et hôtelières s'engagent massivement dans des démarches de transformation digitale. La mise en place et l'utilisation de ces dispositifs technologiques génèrent des questionnements sur les effets, la nature du travail, les compétences à mobiliser les reconfigurations du lien social et des modes de collaboration et coopération entre ligne hiérarchique et travailleurs, entre travailleurs, et entre travailleurs et tiers (clients, citoyens). A travers une méthodologie mixte, cette recherche s'intéresse au processus d'hospitalité dans les situations d'accueil hôtelier lors de l'intégration des technologies intelligentes (smartphone et chatbot). L'analyse ergonomique des activités d'accueil des travailleurs de l'hospitalité (manager de proximité de réception, réceptionniste etc.) vise à comprendre les pratiques permises, empêchées ou transformées par l'usage de ces technologies. Un autre objectif est celui d'approcher les représentations des concepteurs et des dirigeants sur les usages préconçus à priori de ces dispositifs afin d'établir des recommandations pour la création de dispositifs soutenables et soutenant les activités d'accueil.

MOTS-CLÉS

Hospitalité – Intelligence Artificielle – Technologie – Activité – Marge de manœuvre

1 INTRODUCTION

1.1. Contexte de la recherche

Notre recherche doctorale (menée dans le cadre du projet CAPSMART) vient en réponse aux préoccupations portant sur le devenir des travailleurs des organisations touristiques étant donné le développement des technologies intelligentes (TI) et l'adoption annoncée des systèmes d'intelligence artificielle (IA). Elle repose sur l'exposé d'un double objectif de recherche : (i) analyser et comprendre le processus d'adoption des TI par les organisations touristiques et les travailleurs de l'hospitalité et (ii) analyser les reconfigurations individuelles, collectives, organisationnelles des activités d'hospitalité liées aux usage des dispositifs technologiques intelligents.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International.

1.2 Tourisme & hospitalité

La digitalisation ou transformation digitale renvoie à l'introduction d'outils numériques (smartphone connecté, chatbot, borne d'accueil, robot...) dans l'activité de travail transformant de manière profonde les formes de travail et de l'emploi (Benedetto-Meyer, 2019 ; Chia, Dentona & Gursuya, 2020). L'ère du digital montre des organisations touristiques qui s'engagent massivement dans des démarches de transformation digitale (Dudezert, 2018 ; Ivanov & Webster, 2019) et qui se questionnent comme en atteste la revue de littérature autour de l'automatisation intelligente dans le secteur du tourisme et de l'hôtellerie (Tussyadiah, 2020).

La plupart des contributions sont centrées sur l'expérience du touriste, seulement une faible partie concerne les fournisseurs de service (« *suppliers* »). Lorsque que c'est le cas, les recherches traitent des effets des technologies sur les préoccupations centrées « *business* », bien plus que sur les modifications des tâches, des compétences, du sens du travail ou la qualité de l'emploi des employés. Pourtant, ces dispositifs technologiques outillent désormais des travailleurs dans leurs tâches, dans les relations avec les collaborateurs et les clients. De ces transformations découlent des possibilités d'action nouvelles pour les clients mais aussi des exigences amplifiées en termes d'immédiateté, de flexibilité pour les travailleurs quand il s'agit de produire ce service. Un effet observé est un élargissant du champ de l'activité, plus uniquement restreinte au cadre physique de l'hôtel ou au simple accueil physique d'un client. Pour le secteur touristique, c'est l'ensemble des conditions d'exercice du travail qui a évolué, notamment la forme de la relation de service dû à l'accumulation des données (alimentée par le big data) qui deviennent des moyens de personnalisation de l'expérience des usagers-touriste. Un enjeu initial déterminant de ces technologies serait pourtant que leur usage favorise la disponibilité des travailleurs pour assurer la fonction d'accueil dans ses interactions directes avec les clients. Alors que l'activité d'hospitalité présente son expression la plus complète quand elle se situe au niveau des interactions en face à face, les dispositifs technologiques s'intègrent dans l'activité soit : par leurs possibilités de suppléer (fonction supplétive), de prendre en charge (fonction palliative) ou de supprimer (fonction substitutive) certaines tâches initialement réalisées par l'humain (Bobillier-Chaumon, 2019 ; Ivanov & al 2020). Quelques recherches se sont toutefois centrées sur les travailleurs. Dans une étude sur les rôles et compétences des travailleurs dans l'hôtellerie de la région de l'Asie-Pacifique à l'horizon 2030, Solnet et ses collaborateurs (2016) estiment que les exigences du secteur se tourneront non pas vers le remplacement des travailleurs, mais un renforcement de leurs compétences technologiques et relationnelles, adaptatives aux besoins spécifiques des clients. Ces compétences relatives aux *soft-skills* (créativité, expressivité etc.) sont largement étayées dans le champ des *tourism studies* ou encore dans le tome 2 du COE (COE, 2017). A titre illustratif, le cas de l'hôtel Henn-Na au Japon est emblématique. Si en 2015 les réceptionnistes ont été remplacés par des robots, la direction a récemment licencié la moitié de ces humanoïdes mettant en cause leurs incapacités à satisfaire les besoins des clients et des défaillances dans leurs usages (Ivanov & al, 2020). Au-delà des évaluations ergonomiques réalisées l'utilisation de ces dispositifs entraînent souvent des reconfigurations qu'il convient d'analyser selon une méthode plus ancrée. C'est l'objectif poursuivi de l'étude présentée : analyser les transformations de l'activité apportées par la digitalisation (nature, compétences mobilisées, modes de collaboration, objet des interactions etc.) pour en comprendre l'appropriation ou non par les travailleurs dans les situations d'accueil qu'ils rencontrent (Cascio & Montealegre, 2016).

1.3 L'adoption technologique

La question de l'adoption de la technologie est abordée à travers une approche systémique et pluridisciplinaire (approche tourisme & psycho-ergonomique) ancrée dans la perspective de Bobillier-Chaumon (2018) qui propose une articulation des approches de l'acceptation sur une trajectoire d'usage. Elle vise à identifier les raisons qui poussent les individus à accepter ou à rejeter ces nouveaux dispositifs. Dans ce cadre, il s'agit moins pour nous de mesurer l'acceptation des technologies que d'évaluer l'acceptation des nouvelles pratiques permises, empêchées ou transformées par l'usage des dispositifs techniques. Dans ce système de service, l'usage effectif de la technologie prend sens selon

nous dans la faculté qu'elle donne aux travailleurs de l'hospitalité, une capacité à agir avec le dispositif, une possibilité d'exprimer leur volonté d'agir, et de l'expression effective d'un rayon d'action au quotidien (Medzo-M'engone et al., 2018) permettant de vivre le métier dans les règles de l'art (notions de qualité et de sens du travail, (Morin & Forest ,2007)), d'être en capacité de développer leur activité et de renouveler leurs compétences tout en conservant leur autonomie. Dit autrement, la technologie ne doit pas seulement avoir du sens pour les futurs utilisateurs - qu'elle soit utile, utilisable (acceptation pratique) et bien perçue (acceptabilité sociale), il faut aussi qu'elle donne du sens à l'activité qui se réalise. Une même technologie pouvant être mise en œuvre dans des contextes différents (modes de management, procédures, qualification des salariés, gestion du changement) et donner lieu à des résultats très différents en termes d'adoption par les travailleurs.

Au carrefour de cette activité, la marge de manœuvre se définit « comme la possibilité ou liberté dont dispose un travailleur pour élaborer différentes façons de travailler afin de rencontrer les objectifs de production, sans effet sur la santé » (Flageul-Caroly, 2001, p. 87). La marge de manœuvre dans une situation donnée est donc construite à partir des caractéristiques de l'individu et de celles de son environnement de travail, dont certains déterminants potentiellement majeurs sont relativement éloignés temporellement et géographiquement de la situation considérée (*i.e.* par des actions clientes à distance par exemple). La situation de service est aujourd'hui présentée sur une chaîne de valeur intégrant de nouveaux acteurs influents (Booking, Expedia etc.) ayant renforcés une logique gestionnaire déjà basée sur le *revenue management*. La dénomination « marge de manœuvre situationnelle » (Coutarel & Petit, 2013) constitue une vision encore plus située des possibilités d'action dans l'activité de travail, de pouvoir élaborer un mode opératoire efficient et efficace pour la performance, compatible avec la préservation de soi, ou encore favorable au développement de soi. Des marges de manœuvre importantes se traduisent par plusieurs modes opératoires possibles : l'opérateur peut les alterner, en inventer de nouveaux, éviter la sur sollicitation de certaines fonctions (*i.e.* physique, cognitive etc.). Elles permettent d'ajuster son activité au plus près des spécificités de la situation, de contribuer à des formes d'innovations sociales et organisationnelles favorables au développement de la performance, de développer en somme des stratégies de régulation (Major & Vézina, 2011). Cette recherche alimente la réflexion autour de la trajectoire d'usage à travers notamment les concepts de régulation et de marge de manœuvre.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 Structuration des études préliminaires

La structure de notre protocole de recherche relève d'une démarche évolutive découlant en premier lieu d'une analyse quantitative (juin à octobre 2019) des technologies adoptées par les organisations touristiques bruxelloises (hôtels et musées) et des projections d'adoption fondées sur l'acceptabilité sociale des technologies vue par les cadres de ces organisations (cadre dirigeant, cadre dirigeant-manager, cadre opérationnel). Ce questionnaire s'appuyait notamment sur différentes évaluations : l'intérêt pour la technologie, l'image de l'IA, un différenciateur sémantique de 10 qualificatifs sur l'IA, les conséquences humaines et organisationnelles perçues de l'adoption des technologies. Cette analyse a été approfondie avec des entretiens exploratoires (octobre 2019 à mars 2020). Ces entretiens avaient pour objectif de recueillir l'activité réelle médiatisée par les technologies. Les thématiques abordées étaient notamment la compréhension du regard porté vis-à-vis de la digitalisation et l'étude des conséquences potentielles sur l'activité de travail. Les travailleurs concernés (N=30), étaient principalement des managers de proximité de réception (MDPr), des réceptionnistes, des dirigeants, un directeur des applications IT. Ces entretiens ont facilité notre intégration dans certains sites hôteliers pour réaliser nos observations (2.2).

2.2 Etudes qualitatives

2.2.1 Etude d'un smartphone connecté dans un groupe hôtelier

Une première étude de cas ciblant trois organisations hôtelières pilotes s'est centrée sur l'activité du service de réception (MDPr, réceptionnistes) médiatisée par les dispositifs technologiques mobiles (*i.e.* Internet des objets). Ces trois hôtels pilotes sont en phase de test d'un dispositif smartphone interopérable et connecté utilisé entre réceptionnistes ainsi que les différents services de l'hôtel (*housekeeping*, maintenance, restauration). Ce dispositif mobile de réception intégrant le système de gestion de l'hôtel (PMS) vise surtout une plus grande proximité avec l'accueil proactif du client. Il s'inscrit dans une dynamique globale de digitalisation de l'entreprise. Des entretiens ont complété nos observations à la fois dans le service de réception (réceptionnistes, MDPr) et hors du service de réception (responsable IT, manager général, chef du produit).

Méthode d'analyse de l'activité. Des observations générales du travail de réception sur 3 demi-journées ont été réalisées ainsi qu'un suivi d'activité individuel des MDPr sur 1 journée. Les objectifs poursuivis par les observations étaient la compréhension des relations et du contenu des interactions des réceptionnistes avec les clients, le fonctionnement général du service avec la prise en compte des dimensions collectives du travail à la réception, mises en relation avec l'activité managériale. Le chercheur accompagnait chaque acteur pendant une journée de travail en prenant en note, avec des indications temporelles, l'ensemble des activités réalisées par ce dernier, ses interactions avec le service de réception, les autres services, les clients, etc. Les verbalisations ont accompagné les observations et le suivi d'activité quand la situation le permettait. Dans le cas contraire, le retour sur l'activité se faisait pendant les périodes d'activité moins exigeante cognitivement en absence de présence physique de client. Les données récoltées lors du suivi d'activité ont été analysées et formalisées à posteriori dans une chronique d'activité.

2.2.2 Etude du chatbot dans un hôtel indépendant

Cette étude est en cours. Le chatbot ou agent conversationnel est un dispositif d'IA conversationnel (Dubois et al 2019 ; Velkovska & Zouinar, 2019) qui permet de communiquer avec les utilisateurs et qui traite le langage des humains en offrant une réponse écrite par le recours à un langage humain simulé. Le chatbot est utilisé dans différents contextes de services, la recommandation touristique ou la réservation d'hôtel (Parmar, Meshram, Parmar, Patel & Desai, 2019). Nous avons recueilli respectivement les représentations du dirigeant d'une PME et du concepteur d'un chatbot concernant l'impact sur le travail de réception lors d'un entretien et une démonstration d'usage du chatbot par le concepteur.

3 RÉSULTATS

3.1. Résultats préliminaires

Les premiers résultats que nous pourrions aborder lors de la communication proviennent du questionnaire. A destination des cadres hôteliers il a permis d'identifier des différences de représentations sur l'IA et les TI. Dirigeants et managers opérationnels hôteliers ne partageant pas la même représentation vis-à-vis de l'IA et ses effets sur l'humain et l'organisation du travail. Le questionnaire a également permis de montrer que les technologies avec un important intérêt d'adoption sont notamment les technologies connectées (3.2) et les agents conversationnels (3.3).

3.2. Smartphone connecté

Tout d'abord, nous identifions un dispositif difficilement intégré dans l'activité globale de réception. Il s'agit pour les acteurs de l'hospitalité de traiter non pas une seule tâche pour un unique client mais, dans la plupart des situations, traiter simultanément plusieurs tâches sur plusieurs médias et d'agir en anticipation pour se laisser des marges de manœuvre en *front office*. L'activité très fluctuante faite de pic (pic de *check-in*, pic de *check-out*) offre peu de place dans le choix du mode opératoire d'accueil du client. En effet, Les nombreuses situations observées dans les périodes de rush témoignent d'une difficulté à garder le contrôle sur son activité et de la nécessité de devoir se placer derrière le desk pour une gestion optimisée et ordonnée des files d'attente. Les résultats de l'analyse

ergonomique montrent que le smartphone se révèle peu adapté aux situations vécues à la réception. Dans certains cas, le dispositif est même contraignant pour la réalisation de certains types de tâche parfois même, ne prend pas en compte la diversité des tâches à réaliser qui varie dans chaque hôtel pilote. Cette activité connexe n'est parfois pas du tout prise en charge par le dispositif smartphone. Une variété des tâches qui trouve aussi écueil selon le « shift » (jour, nuit, matin), le type de clientèle (business, famille, loisir), les enjeux liés à la localisation (*i.e.* sécuritaires etc...) les spécificités de chaque réception dans la répartition entre tâches administratives de « *back office* » et tâches en « *front office* », le nombre de services qui peuvent venir se juxtaposer (vente, distribution, surveillance, bagagerie...) à la situation principale d'accueil et d'interaction avec le client. L'analyse de situation d'accueil en l'apparence sans pression humaine (*i.e.* Sans attente physique de client) a montré que l'activité distancielle des clients sur les plateformes de réservation en ligne (OTA) est en fait génératrice d'une pression temporelle pour les réceptionnistes dans certaines situations imposées par l'infrastructure du système de réservation du groupe hôtelier. L'activité « *online* » est un déterminant de l'activité du réceptionniste, générant de surcroît une limitation de la marge de manœuvre situationnelle due à la pression temporelle dans la réalisation de certains actes des réceptionnistes, méconnus des concepteurs de l'application éclairant pourtant la définition d'un « bon réceptionniste » : « *Demain j'ai 0 chambre mais je peux tricher et faire croire à l'ordinateur que j'ai une chambre en plus...je dois me dépêcher parce que Booking, Expedia ils peuvent réserver à ce moment-là. Donc je fais ça mais une fois que j'ai fait ça sur ce type de chambre là je dois faire l'inverse sur celle-là. Et donc ça c'est un truc que l'on fait souvent.* » (Réceptionniste, verbalisation post-activité). Cette question relative au sens du travail fait ressortir un dispositif qui porte dans son usage des conflits de buts importants, entre buts issus d'une logique du service au client et des buts commerciaux. Un changement de sens de la relation de service que l'on retrouve chez les réceptionnistes expérimentés qui perçoivent le dispositif comme une menace pour la qualité du service ainsi qu'une remise en cause de l'identité de métier et de leurs savoir-faire.

3.3. Chatbot

A ce stade, nos résultats portent sur les motivations d'adoption du chatbot par le dirigeant de la PME touristique ainsi que d'un subjectivisme du dirigeant sur les effets sur le travail de réceptionniste. Les représentations des concepteurs ont aussi été recueillies lors d'une démonstration sur plateforme virtuelle du chatbot encadré par un canevas de questionnement du chercheur. Les résultats intermédiaires font état d'une nouvelle modalité de communication, alternative à la relation humaine « *favorable à l'expérience client* » et à la suppression d'un travail « *sans valeur ajoutée* » (concepteur). Un premier entretien avec un réceptionniste identifie que le recours aux compétences et connaissances des réceptionnistes n'est pensé, au mieux, qu'en cas d'échec de l'interaction avec le chatbot. Le rôle de l'humain est réservé et pensé comme un assistant d'escalade, en relais de l'agent conversationnel. De ce fait, la relation avec le client se retrouve fortement modifiée, car débutant par une première expérience non aboutie. Les travailleurs se voient confrontés à une proportion beaucoup plus importante de cas problématiques ne parvenant plus à alterner les cas complexes, techniquement ou émotionnellement coûteux, avec des cas plus simples moins coûteux en ressource pour soutenir l'activité. Comme pour l'usage du smartphone, l'intégration du chatbot a reconfiguré l'activité vers une orientation plus commerciale des activités (*i.e.* relance de réservation par mail et, ou, téléphone) due à la capacité du bot à recueillir les données clientes.

4 CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

Les deux dispositifs étudiés sont sources de difficultés, ils ne remplissent pas la fonction de support aux activités. De plus, ces deux dispositifs semblent réorienter le sens de l'activité de services des réceptionnistes vers une activité plus commerciale. Spécifiquement, pour le smartphone, on observe que ce dernier ne permet pas la régulation des situations d'accueil, en couvrant l'ensemble des activités de *front* et *back* à la réception et ne permet pas non plus le développement d'une marge de manœuvre situationnelle (Coutarel et Petit, 2013) qui permettrait le choix du mode opératoire

d'accueil des clients. Le chatbot, pensé comme un dispositif supplétif des tâches d'information « sans valeur ajoutée », joue bel et bien en partie ce rôle mais amène parallèlement, une nouvelle complexité à gérer dans les demandes clients, une plus grande flexibilité quand il s'agit de jongler entre accueil physique et demande provenant du chatbot.

En termes de perspectives, des observations systématiques anthropocentrées par l'usage d'un dispositif oculométrique cibleront les travailleurs du *front office* dans leur usage réel des technologies susmentionnées dans le cadre de la délimitation d'une situation d'accueil. Le recueil de données sur l'activité des réceptionnistes servira de matériel de discussion pour la réalisation d'entretiens d'auto-confrontation avec le collectif de réception (MDPr, réceptionnistes). L'élargissement de ces groupes est prévu à d'autres travailleurs de l'organisation participant eux aussi à la co-production du service (*i.e.* revenue manager, gouvernante). Les confrontations aux vécus serviront de base aux explicitations des travailleurs. La suite de l'étude sur le chatbot, visera à comprendre les fonctions remplies réellement par ce dispositif et comprendre s'il est réellement une aide pour les réceptionnistes dans des conditions de travail multi-instrumentées technologiquement (*i.e.* borne digitale d'information, borne de *self check-in* etc.). Un autre objectif de notre travail doctoral est de construire un cadre de projection des situations d'accueil futures, de traduire ces situations en piste de conception, pour faire évoluer ces dispositifs de médiatisation à travers la formation des futurs professionnels amenés à user de ces dispositifs. Un axe de travail consistera aussi à travailler sur la transformation des représentations des concepteurs sur les activités de la réception, en partageant le point de vue du travail réel.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Benedetto-Meyer, M. & Boboc, A. (2019). Accompagner la « transformation digitale » : du flou des discours à la réalité des mises en œuvre. *Travail et emploi*, 159(3), 93-118.
- Bobillier Chaumon M.E (2018). L'expérience utilisateur dans l'appropriation des technologies : quelles approches possibles ? *Psychologie du travail et des organisations*, 24(4), 309-312.
- Bobillier-Chaumon, M., Barville, N. & Cruzat, P. (2019). Les technologies émergentes au travail : Quel apport de la psychologie du travail et des organisations? *Le Journal des psychologues*, 367, 16-21.
- Cascio, W. F. & Montealegre, R. (2016). « How Technology Is Changing Work and Organizations. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 3(1), 349–375.
- Chia O.H, Dentona, G. & Gursoya, D. (2020). Artificially intelligent device use in service delivery: a systematic review, synthesis, and research agenda. *Journal of hospitality marketing & management*, 29 (7), 757–786.
- Conseil d'Orientation pour l'Emploi. (2017). *Rapport du Conseil d'Orientation pour l'Emploi : Automatisation, numérisation et emploi*. Tome 2 : « L'impact sur les compétences ».
- Coutarel, F. & Petit, J. (2013). Prévention des TMS et développement du pouvoir d'agir. Dans : Pierre Falzon éd., *Ergonomie constructive* (pp. 175-190). Paris, F. : Presses Universitaires de France.
- Dubois, C., Salotti, J., Seminel, D. & Simonazzi, N. (2019). Le chatbot : un outil de la relation aux clients. *Hermès, La Revue*, 84(2), 95-97.
- Dudézert, A. (2018). I. La transformation digitale et ses enjeux. In Aurélie Dudézert (éd) *La transformation digitale des entreprises* (pp. 23-55). Paris : La Découverte.
- Flageul-Caroly, S. (2001). *Régulations individuelles et collectives des situations critiques dans un secteur des services : le guichet de La Poste*. Thèse, LEPC-EPHE, Paris.
- Ivanov, S. & Webster, C. (2019). Robots, artificial intelligence and service automation in travel, tourism and hospitality. In S Bingley Ivanov, C Webster. *Conceptual framework of the use*. Emerald Publishing.
- Ivanov, S., Seyitoğlu, F., & Markova M. (2020). Hotel managers' perceptions towards the use of robots: a mixed-methods approach. *Information Technology & Tourism*, 22, 505–535.
- Major M.E, Vézina N. (2011). Élaboration d'un cadre de référence pour l'étude des stratégies : analyse de l'activité et étude de cas multiples dans deux usines de crabe. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 13(2).

- Medjo Mengone, J., **Bobillier Chaumon, M.E.**, & Preau M. (2018). Changements technologiques, TIC et santé psychologique au travail : une revue de la littérature. *Psychologie Française*, 64(4), 361-375.
- Morin, E. & Forest, J. (2007). Promouvoir la santé mentale au travail : donner un sens au travail. *Gestion*, 32(2), 31-36.
- Parmar, S., Meshram, M., Parmar, P., Patel, M. & Desai, P. (2019) Smart Hotel Using Intelligent Chatbot: A Review. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 5(2).
- Solnet, D., Baum, T., Robinson, R. N. & Lockstone-Binney, L. (2016). What about the workers? Roles and skills for employees in hotels of the future. *Journal of Vacation Marketing*, 22(3), 212-226.
- Tussyadiah, I. (2020). A review of research into automation in tourism: Launching the Annals of Tourism Research Curated Collection on Artificial Intelligence and Robotics in Tourism. *Annals of tourism research*, 81.
- Velkovska, J. & Zouinar, M. (2020). Les relations aux machines « conversationnelles » : Vivre avec les assistants vocaux à la maison. *Réseaux*, 220-221(2-3), 47-79.

Mutation du travail et doctrine de prévention : présentation du cadre conceptuel et méthodologique

7. Alexis Chambel

92 Rue Pierre Corneille 69003 Lyon

alexis.chambel@gmail.com

8. Valérie Pueyo

UMR 5600 Environnement Ville Société1C, avenue des Frères Lumière

CS 7824269372

LYON CEDEX 08

valerie.pueyo@univ-lyon2.fr

DISCUTANTS : Irène Gaillard & Corinne Grusenmeyer

RÉSUMÉ

Ce travail de recherche s'intéresse au cadre de pensée et d'action qui structure la prévention, qualifié de doctrine de prévention, et à leur rapport avec les activités de service. Il implique à la fois un travail de conceptualisation de cette doctrine, opéré à partir de la notion de dispositif dans la philosophie de Foucault, et une réflexion sur les activités de service. Ce texte reviendra également sur le cadre conceptuel mobilisé et la méthodologie déployée.

MOTS-CLÉS

Doctrine de prévention, ergonomie, dispositif, Foucault, activité de service

1 INTRODUCTION

Cette communication présente la thèse en cours de réalisation au sein de l'UMR 5600 (Environnement Ville Société) dans la mention Ergonomie de l'ED 483 (ScSoc, université LumièreLyon 2), sous la direction de Valérie Pueyo. Débutée au 1er octobre 2019, cette thèse est financée dans le cadre du Parcours Doctoral National en Santé Travail (PDNST).

Elle s'inscrit dans la continuité d'une action de recherche effectuée pour la Direction Générale du Travail dans le cadre du Plan Santé Travail 3 (Pueyo, Ruiz, Haettel, & Béguin, 2019) qui a permis d'identifier l'existence d'une « *doctrine de prévention* ». Nous reviendrons plus en détail sur ceterme, sa caractérisation étant un des objets du travail de recherche, mais elle peut être définie succinctement comme un cadre de pensée et d'action qui structure la prévention des risques professionnels. Ce travail avance également l'hypothèse de l'ancrage de cette doctrine dans le monde industriel et par extension de son inadéquation avec les nouvelles formes de travail que représentent les activités de service.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International.

La thèse se positionne plus globalement dans le paradigme de l'ergonomie de l'activité et les travaux de recherches visant à penser les mutations et transitions en articulation avec l'expérience et l'agir humain et à réinterroger certaines « trames » à l'aune du vécu des Hommes (Pueyo, 2020)

La thèse s'inscrit également dans les réflexions actuelles sur les mutations du travail. En Europe, cette préoccupation est apparue dès les années 1990 face à l'émergence de nouveaux modèles productifs, marqués par l'internationalisation des échanges et la financiarisation, l'apparition d'organisations flexibles, le développement des TIC, et une dérégulation du marché du travail.

L'économie française s'est ainsi profondément transformée au profit des dynamiques servicielles, qui se traduisent à la fois par un développement de la part des activités dites de service dans l'économie, un recul des activités industrielles, mais également par une dynamique de « servicification » (Lodefalk, 2015) de ces dernières, c'est-à-dire un accroissement de l'utilisation, de la production et de la vente de services, qui se traduit par une prééminence d'activités de travail qui s'apparentent à des activités de service (Du Tertre, 2013).

L'objectif de la thèse est double, d'une part produire une connaissance sur le travail dans les activités de service et les besoins en prévention associés en partant du point de vue des acteurs et de l'activité, d'autre part identifier plus spécifiquement les points d'inadéquation entre la doctrine de prévention et les activités de service. L'originalité de ce travail se situe à la fois dans la manière d'appréhender le système de prévention en tant que doctrine et la conceptualisation afférente, mais également dans le lien opéré avec l'activité de travail. L'articulation entre un objet conceptuel composé d'éléments relevant de différentes échelles (macro, méso, micro), le périmètre relativement vaste des activités de service et le réel des situations expérimentées par les travailleurs impliquent de développer une méthodologie originale à même de faire dialoguer ces différentes dimensions. Elle doit permettre à la fois l'identification des besoins en prévention dans les situations de service et leurs confrontations avec la doctrine de prévention. Nous détaillerons dans une première partie le cadre conceptuel mobilisé, avant d'approfondir la méthodologie.

2 CADRE THEORIQUE

2.1 Qualification de la doctrine de prévention

Afin de pouvoir faire de la doctrine de prévention un objet de recherche, un premier travail de conceptualisation a été opéré à partir de la notion de dispositif dans la philosophie de Foucault (Foucault, 1977). Un dispositif peut être défini succinctement comme un ensemble d'éléments hétérogènes qui forment système et orientent l'action. Il peut ainsi être caractérisé à la fois par ce qu'il est ou par sa fonction.

La qualification par l'ontologie des éléments permet d'y « inclure virtuellement chaque chose » (Agamben, 2006). Il peut ainsi être constitué « des discours, des institutions, des aménagements architecturaux, des décisions réglementaires, des lois, des mesures administratives, des énoncés scientifiques, des propositions philosophiques, morales, philanthropiques, bref : du dit, aussi bien que du non-dit » (Foucault, 1977). La caractéristique systémique, plus structurante, renvoie à un ensemble de « jeux », « des changements de position, des modifications de fonctions, qui peuvent, eux aussi, être très différents » (ibid.). Le dispositif, c'est alors non pas les éléments eux-mêmes, mais les combinaisons de relations entre eux (Lafleur, 2015). Ces relations sont marquées par une certaine forme d'instabilité, de mouvement, par exemple « tel discours peut apparaître tantôt comme programme d'une institution, tantôt au contraire comme un élément qui permet de justifier et de masquer une pratique qui, elle, reste muette, ou fonctionner comme réinterprétation seconde de cette pratique » (Foucault, 1977). Cette dimension est particulièrement structurante puisqu'elle participe, dans le cadre du travail de thèse, de l'identification des éléments eux-mêmes. Elle permet par exemple, à travers les schémas d'actions déployés par les acteurs de la prévention d'identifier des arrière-plans théoriques (modèles, concepts, registres de connaissances, etc.).

La qualification du dispositif par sa finalité renvoie à sa construction. Le dispositif est une « *formation, qui, à un moment historique donné, a eu pour fonction majeure de répondre à une urgence* » (Foucault, 1977). Cette dimension fonctionnaliste, cette logique d'orientation, inscrit le dispositif dans des mécanismes de savoirs et de pouvoirs en conditionnant les productions de connaissances pour répondre à cette urgence et en orientant l'action vers cet objectif. La doctrine de prévention répond ici à cette définition, à la fois dans ses liens avec ces deux dimensions, mais également du fait de sa naissance dans le monde industriel.

2.2 Caractérisation des activités de service

L'activité de service doit être différenciée du secteur d'activité. Le secteur des services s'est longtemps construit en creux des secteurs agricoles et industriels. Il s'agit d'une classification posée par l'INSEE et qui s'avère peu opérante pour penser la question du travail et de la prévention. Elle s'est construite « *sur la base d'un critère qui instruit le niveau d'homogénéité des produits ou des services mais qui fait abstraction des conditions de leur production, c'est-à-dire de l'exercice du travail réel* » (du Tertre, 2005). Une caractérisation plus fine a depuis été réalisée par de nombreux auteurs, indépendamment du secteur d'activité. On peut les regrouper par 3 niveaux d'analyse : le service (ce qui est produit), la configuration productive (le rapport entre les différents éléments concourants à sa production) et la relation de service (le rapport entre l'utilisateur et le travailleur).

Concernant le service en lui-même, une définition fréquemment mobilisée est celle de Peter Hills (1977) : « *Un service est la transformation de la condition d'un individu, ou d'un bien appartenant à un agent économique quelconque, résultant de l'activité d'un autre agent économique, à la demande ou avec l'agrément du premier agent* ». Il est ainsi immatériel et par extension non tangible et non stockable (Petit, 2005), sa valeur se situe dans la transformation qu'il permet d'opérer (Gadrey & Zarifian, 2002) et il est coproduit.

La configuration productive est la « *combinaison d'un collectif de travail, d'une organisation et de ressources qui agit sous contraintes de temps et de valorisation* » (du Tertre, 2013). Dans le cadre des services, elle se caractérise par ses dimensions collectives, la mise en mouvement d'un ensemble d'acteurs tourné vers la production du service. Elle donne ainsi lieu à une « *activité transverse et transactionnelle* » (Poret, 2015) transverse pour la pluralité de métier qu'elle mobilise et transactionnelle pour son orientation vers un client. Il y a une « *chaîne de coopération* » qui se met en place : « *la chaîne nécessairement engagée par la production réussie du service* » (Zarifian, 2013).

Enfin, le terme relation de service (Goffman, 1968) s'inscrit dans un paradigme interactionniste et peut se définir comme la relation qui se met en place à l'occasion d'une prestation de service réalisée par un agent A auprès d'un agent B à propos d'un problème C. Cette approche amène à considérer les interactants en situation de coproduction (Cerf & Falzon, 2005).

2.3 Le cadre conceptuel des classes de situations

Si ces éléments permettent d'une part d'orienter le choix des terrains et l'analyse des situations, ils sont couplés au concept de « *classes de situations* » issu de la didactique professionnelle afin de permettre une catégorisation des situations à partir de l'organisation de l'action et non du système productif. Autrement dit, si le choix des situations de service est opéré via un point de vue étique, la catégorisation des situations de service finale est opérée à partir d'un point de vue émique : elle se fonde sur la manière dont les travailleurs se saisissent de leur environnement pour réaliser l'activité.

En effet, la didactique professionnelle s'intéresse tout particulièrement au rapport entre savoir et action. Dans ce paradigme, le travailleur opère un travail de conceptualisation dans l'action. Cette conceptualisation mobilise des concepts dits pragmatiques (Samurçay & Pastré, 1995) en ce qu'ils se différencient d'autres types de concepts par leurs caractères finalisés (Vidal-Gomel & Rogalski, 2007). Ce mécanisme est réalisé par et pour l'action à partir d'indicateurs liés à la situation, des informations que prélève le travailleur sur sa situation. Ces indicateurs peuvent être de natures extrêmement diverses. Ils peuvent ainsi être liés à l'environnement physique, à l'interaction avec un usager ou les autres travailleurs, à l'organisation du travail, etc. À partir de cette conceptualisation, le travailleur va

déployer des schèmes, une organisation relativement stabilisée de l'action mais bénéficiant d'une certaine souplesse pour s'ajuster à la variabilité du réel. L'intérêt majeur de cette théorie pour notre objet est le lien avec les classes de situations, puisque comme le souligne Pastré (2011) un même schème correspond à une classe de situation. En identifiant ainsi la structure conceptuelle de la situation, constituée des concepts pragmatiques et des indicateurs, et les différents schèmes déployés, il est possible d'opérer une catégorisation des situations et d'identifier les besoins en prévention afférents. Il permet également d'identifier des points de similitudes ou de différences entre des activités de service de prime abord relativement différentes.

3 METHODOLOGIE

Au-delà des méthodes d'analyse de l'activité mobilisées traditionnellement en ergonomie, ce travail de recherche finalisée repose également sur une approche comparative, particulièrement adaptée pour appréhender les phénomènes globaux à partir des situations singulières (Plutniak & Kikuchi, 2017). Il s'agit donc de travailler auprès de plusieurs structures de services différentes, plus ou moins proches du secteur industriel du fait de la qualification opérée en amont sur les critères précédemment énoncés (immatérialité de ce qui est produit, configuration productive servicielle, présence d'une relation de service, etc.), les activités pouvant être plus ou moins proches d'un modèle serviciel type et idéal.

Cette comparaison est réalisée à partir de plusieurs matériaux. Le moyen privilégié, lorsque cela est possible, est l'inclusion d'acteurs de la prévention à la conduite de « *projets de prévention* » (Judon, 2017) au sein des structures. Ces projets de prévention se caractérisent par la mobilisation d'« *objets intermédiaires de prévention* » (ibid.), terme auquel nous préférons objets frontière (Star, 2010; Star & Griesemer, 1989) de prévention du fait de leur caractéristique majeure : la flexibilité interprétative. Cette notion renvoie à la capacité d'un objet physique ou conceptuel de permettre à l'ensemble des acteurs en présence, travailleurs comme préventeurs, de pouvoir exprimer leurs points de vue et représentations de la situation, alors que l'ensemble de ces acteurs appartient à des mondes sociaux différents.

La seconde méthode employée, lorsqu'il n'est pas possible d'intégrer directement les préventeurs aux projets, est la réalisation d'entretien auprès d'acteurs de la prévention à partir des projets réalisés pour recueillir leurs points de vue sur les interventions et projets réalisés.

Un premier travail de terrain a été amorcé auprès d'une association de médiation sociale.

4 BIBLIOGRAPHIE

- Agamben, G. (2006). Théorie des dispositifs. (M. Rueff, Trad.) *Po&sie*, 115(1), 25.
- Cerf, M., & Falzon, P. (2005). *Situations de service : Travailler dans l'interaction*. Paris: Presses universitaires de France.
- Du Tertre, C. (2013). Économie servicielle et travail : Contribution théorique au développement d'une économie de la coopération. *Travailler*, 29(1), 29-64.
- Foucault, M. (1977). Le jeu de Michel Foucault. *Dits et écrits* (Gallimard., Vol. 3, p. 298-329).
- Gadrey, J., & Zarifian, P. (2002). *L'émergence d'un modèle du service : Enjeux et réalités*. Paris: Editions Liaisons.
- Goffman, E. (1968). *Asiles : Études sur la condition sociale des malades mentaux et autres reclus*. Hill, T. P. (1977). On Good and Services. *Review of Income and Wealth*, 23(4), 315-338.
- Judon, N. (2017, octobre 19). *Rendre possible un espace intermédiaire de dialogue pour co-construire de nouvelles solutions de prévention dans un contexte d'incertitude : Cas des travaux de revêtements routiers* (thesis). F : Bordeaux.
- Lafleur, S. (2015). Foucault, la communication et les dispositifs. *Communication. Information médias théories pratiques*, (vol. 33/2).
- Lodefalk, M. (2015). Servification of Manufacturing Firms Makes Divides in Trade Policy-Making Antiquated. *Örebro University Working Paper*.
- Pastré, P. (2011). *La didactique professionnelle : Approche anthropologique du développement chez les*

- adultes*. Formation et pratiques professionnelles. Paris: Presses universitaires de France.
- Petit, J. (2005, janvier 1). *Organiser la continuité du service : Intervention sur l'organisation d'une mutuelle de santé* (thesis). Bordeaux 2.
- Plutniak, S., & Kikuchi, C. (2017). «Comparer, comparaison, comparatisme» : *Séminaire de lecture en sciences sociales de l'École française de Rome 2017–2018*.
- Poret, C. (2015, octobre 8). *Concevoir pour le pouvoir d'agir ensemble d'un collectif transverse : Le cas de la relation de service dans le domaine commercial* (These de doctorat). Paris 8.
- Pueyo, V. (2020, janvier 24). *Pour une Prospective du Travail. Les mutations et transitions du travail à hauteur d'Hommes* (HDR). Université Lumière Lyon 2.
- Pueyo, V., Ruiz, C., Haettel, B., & Béguin, P. (2019). *Connaissance des situations réelles de travail des aides à domicile et doctrine de prévention* (Recherche réalisée pour la Direction Générale du travail dans le cadre du troisième Plan Santé au Travail (PST3)). Lyon.
- Samurçay, R., & Pastré, P. (1995). La conceptualisation des situations de travail dans la formation des compétences. *Education permanente*, 123, 13-32. Université de Paris-Dauphine.
- Star, S. L. (2010). Ceci n'est pas un objet-frontière ! *Revue d'anthropologie des connaissances*, 4, 1(1), 18-35.
- Star, S. L., & Griesemer, J. R. (1989). Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects : Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Social Studies of Science*, 19(3), 387-420.
- du Tertre, C. (2005). Services immatériels et relationnels : Intensité du travail et santé. *Activités*, 02(2-1).
- du Tertre, C. (2013). Configurations productives de services et internationalisation. Une approche régulationniste. *Services sans frontières*, Académique (p. 103-130). Paris: Presses de Sciences Po.
- Vidal-Gomel, C., & Rogalski, J. (2007). La conceptualisation et la place des concepts pragmatiques dans l'activité professionnelle et le développement des compétences. *Activités*, 04(4-1).
- Zarifian, P. (2013). Rapport social de service, client et valeur. *La nouvelle revue du travail*, (2).