
Doctoriales

1^{er} juillet 2025

Amphithéâtre 41 rue Gay Lussac, Paris

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



Réseau des
Jeunes Chercheurs
en Ergonomie

et le soutien du Collège des Enseignants Chercheurs en Ergonomie



Comité d'organisation des Doctoriales

Comité de Lecture

Irène Gaillard (Université de Toulouse)
Béatrice Cahour (CNRS i3 Télécom ParisTech)
Christine Chauvin (Université de Bretagne Sud)
Corinne Grusenmeyer (Institut National de Recherche et de Sécurité, Nancy)
Liliane Pellegrin (Centre d'Épidémiologie et de Santé Publique des Armées)

Avec le Réseau des Jeunes Chercheurs en Ergonomie (RJCE)

Benjamin Brunet (LaPEA, Université Paris Cité)
Clara Similowski (Solutions Productives, Université de Bordeaux)

Discutants

Sonia Adelé (Université Gustave Eiffel)
Vincent Boccarra (Université Paris Saclay)
Françoise Darses (Institut de Recherche Biomédicales pour les Armées)
Catherine Gabaude (Université Gustave Eiffel)
Béatrice Cahour (CNRS i3 Télécom ParisTech)
Christine Chauvin (Université de Bretagne Sud)
Corinne Grusenmeyer (Institut National de Recherche et de Sécurité, Nancy)
Clément Guérin (Université de Bretagne Sud)
Gaël Morel (Université de Bretagne Sud)
Sylvia Pelayo (Université de Lille)
Lilliane Pellegrin (Centre d'Épidémiologie et de Santé Publique des Armées)
Charles Tijus (Université Paris VIII)
Moustafa Zouinar (CRTD, Cnam)

Programme des Doctoriales 2025

9h00-9h30	Accueil
9h30-10h10 page 11	DARNAUD Eliette (Le Cnam) <i>De la politique industrielle européenne à la transformation de l'activité dans les projets de digitalisation : une transformation systémique ?</i> Discutant(e)s : Clément Guérin et Liliane Pellegrin
10h10-10h50 page 5	BENNANI Ranya (Le Cnam) <i>Concevoir une IA explicable, appropriable et de confiance : approche située par et pour les métiers</i> Discutant(e)s : Moustafa Zouinar et Vincent Boccara
10h50-11h10	Pause
11h10-11h50 page 18	DIARD Aéla (univ. Bretagne-Sud) <i>Faire évoluer l'activité de conduite vers des pratiques plus sûres</i> Discutant(e)s : Béatrice Cahour et Sonia Adélé
11h50-12h30 page 51	TESSIER Marine (Univ. Nantes) <i>La gestion des compétences : entre pratiques quotidiennes et usages des dispositifs</i> Discutant(e)s : Christine Chauvin et Corinne Grusenmeyer
12h30-14h00	Pause repas
14h00-14h40 page 30	MERABET Fadela (Univ. Paris) <i>Défi de l'adoption des outils innovants en pédagogie médicale : L'analyse d'un processus de conception d'un simulateur numérique</i> Discutant(e)s : Béatrice Cahour et Liliane Pellegrin
14h40-15h20 page 24	HAJCZAK Gaël (Univ. Lorraine) <i>Optimisation d'une formation des sapeurs-pompiers aux techniques de sauvetage et d'auto-sauvetage</i> Discutant(e)s : Françoise Darses et Gaël Morel
15h20-15h30	Pause
15h30-16h10 page 37	LE MAGADOU Maélys (Univ. Genève) <i>Utilité et acceptabilité d'un jeu sérieux pour l'entraînement post-appareillage de l'enfant malentendant</i> Discutant(e)s : Catherine Gabaude et Sylvia Pelayo
16h10-16h40 page 43	MUGISHA Ghislain (Univ. Grenoble) <i>Comprendre l'influence des métaphores visuelles sur les activités cognitives et transdisciplinaires de co-conception conceptuelle</i> Discutant(e)s : Françoise Darses et Charles Tijus
17h	AG d'ARPEGE

N.B : Dans la suite du document, les communications sont présentées par ordre alphabétique des doctorants.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

Cette 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

ISBN : 979-10-92329-07-0

Concevoir une IA explicable, appropriable et de confiance : approche située par et pour les métiers

Ranya Bennani

7 Boulevard Gaspard Monge, 91120 Palaiseau, France

Ranyabennani2@gmail.com

Marc-Eric Bobillier-Chaumon

41 rue Gay Lussac, 75005 Paris, France

Marc-Eric.Bobillier-chaumon@lecnam.net

Myriam Fréjus

7 Boulevard Gaspard Monge, 91120 Palaiseau, France

Myriam.Frejus@edf.fr

RÉSUMÉ

Les récents progrès de l'intelligence artificielle (IA) ont permis des innovations dans de nombreux domaines, notamment grâce aux techniques de machine learning et de deep learning. Cependant, ces techniques, souvent perçues comme opaques, soulèvent d'importants défis en matière de transparence et d'explicabilité, en particulier dans les contextes de prise de décision. Pour y répondre, un courant appelé intelligence artificielle explicable (Explainable AI ou XAI) a émergé, visant à améliorer la compréhension de ces technologies. Toutefois, les recherches actuelles en XAI restent majoritairement technocentrées, en négligeant le contexte d'usage et l'activité des utilisateurs. Ce projet de thèse propose donc une approche anthropocentrée, cherchant à comprendre et à transformer l'activité humaine à travers la co-conception d'un dispositif d'aide au diagnostic.

MOTS-CLÉS

Explicabilité, Explication, Appropriation, Acceptation située, Simulation de l'activité

INTRODUCTION

Ce projet de thèse CIFRE a débuté en juin 2024. Il s'inscrit dans une collaboration entre EDF R&D et le laboratoire CRTD du Conservatoire national des arts et métiers (CNAM).

La recherche se développe dans le cadre de deux projets distincts mais complémentaires au sein d'EDF R&D. Le premier, intitulé Turing2, vise à concevoir un système d'aide au diagnostic permettant d'anticiper l'arrivée massive de colmatants (débris et déchets circulant dans l'eau) en centrale nucléaire. Ces colmatants peuvent obstruer les canalisations utilisées pour le refroidissement des réacteurs. Le dispositif, fondé sur l'exploitation de capteurs et d'indicateurs externes (comme la météo ou le débit du fleuve), a pour objectif d'alerter ingénieurs et opérateurs en cas de risque d'obstruction des circuits de refroidissement. D'abord initié par des data scientists, le projet mobilise également des psychologues-ergonomes, notamment pour définir l'interface de restitution du diagnostic en fonction d'un profil utilisateur pré-identifié.

Cependant, ce système d'aide au diagnostic soulève des enjeux importants en matière d'explicabilité, puisqu'il repose sur des techniques d'intelligence artificielle (IA) basées sur le deep learning et le machine learning, souvent qualifiées d'opaques en raison de la difficulté à expliquer leur fonctionnement et les résultats qu'elles produisent. L'étude présentée dans ce papier s'intéresse donc aux questions d'explicabilité et d'appropriation d'une IA d'aide au diagnostic dans le secteur nucléaire.

CADRE THEORIQUE

Depuis les travaux fondateurs d'Alan Turing dans les années 1950, l'intelligence artificielle a connu une évolution majeure. Les premiers systèmes, fondés sur des règles explicites, ont progressivement laissé place aux approches de machine learning et de deep learning, conférant aux IA une plus grande autonomie. Cette autonomie soulève toutefois des enjeux cruciaux en matière de transparence et de compréhension des décisions algorithmiques, nourrissant des préoccupations liées à la confiance et à l'acceptabilité de ces technologies par les utilisateurs. Tant dans les sciences humaines et sociales (SHS) que dans les disciplines techniques comme l'informatique, de nombreuses recherches se sont intéressées aux attentes des utilisateurs en matière d'explicabilité, de confiance et d'adoption des systèmes d'IA (Vuarin & Steyer, 2023). Les paragraphes suivants exploreront plus en détail ces différentes notions.

1.1 L'explicabilité : un concept trop axé sur la technologie ?

L'explicabilité de l'IA est un concept aux définitions multiples, souvent abordé sous un angle technocentré qui néglige les utilisateurs finaux et la réalité de leur activité. Dans ce travail, nous nous appuyons sur la définition proposée par Markus et al. (2022), qui distinguent l'interprétabilité, comme une propriété liée à l'explication, de l'explicabilité, entendue comme l'ensemble des actions visant à rendre une IA compréhensible.

Plusieurs auteurs (Beaudoin et al., 2020 ; Gornet & Maxwell, 2023) soulignent un manque de prise en compte de l'utilisateur comme destinataire actif de l'explication, ainsi qu'un déficit d'outils adaptés pour rendre les systèmes réellement intelligibles. Ali et al. (2023), en s'appuyant sur Barredo Arrieta et al. (2020), insistent sur la nécessité de fournir des explications claires, compréhensibles par l'humain, et adaptées aux besoins des utilisateurs. Jouis (2023) complète cette approche en identifiant deux dimensions essentielles : la transparence, soit le degré de compréhension offert, et la pertinence, c'est-à-dire l'adéquation des explications au contexte spécifique (Saeed & Omlin, 2021).

Malgré ces avancées, les dispositifs restent souvent rejetés, faute d'une véritable prise en compte de l'activité réelle et du contexte professionnel dans lesquels ils s'intègrent. Ces définitions apparaissent encore insuffisantes pour rendre compte de la complexité organisationnelle et sociale des environnements dans lesquels ces IA se déploient.

Concevoir des explications réellement utiles suppose donc de tenir compte de plusieurs facteurs : la nature et la diversité des destinataires, le niveau de compréhension requis selon les profils, l'implication des utilisateurs dans la conception des explications, les contraintes organisationnelles (e.g. communication, répartition du travail), ou encore le rôle de l'explication dans la compréhension du système ou l'allègement de la charge de travail. Ces dimensions seront développées dans les sections suivantes.

1.2 L'explicabilité : Quels besoins ?

De nombreuses études insistent sur l'importance d'adapter l'explication aux profils d'utilisateurs. Kirsch (2017) met en avant la nécessité de cibler les explications en fonction du public, tandis que Barredo Arrieta et al. (2020) rappellent que l'intelligibilité varie selon l'audience. Wang et Ying (2021) distinguent experts et non-experts, montrant que le niveau d'expertise influe directement sur la compréhension. Gornet et Maxwell (2023) illustrent cette variabilité à travers une IA de détection d'infractions routières : les experts recherchent des détails techniques, tandis que les novices ou acteurs périphériques ont besoin d'explications simplifiées, souvent visuelles. Amershi et al. (2019) soulignent que les explications sont trop souvent déconnectées du contexte d'usage réel, en négligeant l'environnement de travail et les interactions humaines.

Dans un cadre professionnel, l'enjeu de l'explication dépasse la simple compréhension des décisions : elle doit aussi s'intégrer aux pratiques de travail individuelles et collectives (Paganelli, 2016). Une IA opaque peut générer une perte de contrôle perçue, comme l'ont montré Anichini & Geffroy (2021) chez des radiologues, ce qui nuit à la confiance et, plus largement, à l'appropriation des

systèmes. À l'inverse, Biran & Cotton (2017) soulignent que des explications claires renforcent cette confiance.

1.3 Conséquences de l'explication : confiance et appropriation du système

1.3.1 Confiance dans les Systèmes d'Intelligence Artificielle (SIA)

Le terme « confiance », issu du latin « confidere » (« se fier à »), suggère un acte de remise entre les mains d'autrui de quelque chose de précieux (Rousseau et al., 1998). Elle repose sur la croyance que l'autre saura protéger ce qui lui est confié. La confiance est ainsi intimement liée à la fiabilité et à la fidélité : on ne fait confiance qu'à quelqu'un perçu comme digne et prévisible (Karsenty, 2013).

Mais la confiance n'est jamais totale. Elle comporte des limites : chaque individu accepte de se rendre vulnérable jusqu'à un certain point. Elle varie selon les tâches, les conditions, ou encore selon que l'on accorde sa confiance aux compétences ou aux intentions d'autrui (Karsenty, 2013).

Transposée à la relation humain-IA, cette logique implique que la confiance envers les systèmes d'intelligence artificielle est elle aussi contextuelle et variable. Elle dépend à la fois de la fiabilité perçue du système, des caractéristiques de l'utilisateur, et du contexte d'usage. Les recherches sur la confiance dans les systèmes automatisés ont mis en évidence plusieurs phénomènes : La confiance peut chuter face aux erreurs du système. À l'inverse, un biais d'automatisation peut conduire à une confiance excessive (surconfiance) envers les algorithmes (Zhang et al., 2020). Enfin, la performance technique seule ne garantit pas la confiance.

Selon Zhang et al. (2020), la confiance repose sur un ensemble de facteurs : La nature de la tâche, le niveau d'expertise de l'utilisateur, sa compréhension des objectifs et du fonctionnement de l'IA, et même la perception qu'il a de ses propres capacités. Pour Doshi-Velez et Kim (2017), une IA de confiance est une IA capable de prendre des décisions éclairées, mais aussi de laisser à l'humain la possibilité de reprendre le contrôle. Cette forme de confiance repose sur la capacité d'explication du système, condition nécessaire à son appropriation (Biran & Cotton, 2017).

1.3.2 Appropriation des SIA : une approche située de l'activité

L'appropriation désigne un processus progressif par lequel un utilisateur intègre une technologie dans son quotidien, en l'adaptant à ses besoins, sa culture et ses pratiques. Étudier ce processus revient à analyser comment les usagers sélectionnent, modifient et stabilisent certains usages pour faire véritablement leur la technologie (Carroll et al., 2002).

Cette notion est enrichie par celle de l'acceptabilité située (Bobillier-Chaumon & Dubois, 2009), que nous mobilisons dans le cadre de cette thèse. Contrairement à l'acceptabilité sociale, centrée sur les représentations favorables vis-à-vis d'un outil, l'approche située s'attache aux effets concrets – positifs ou négatifs – que la technologie produit sur l'activité réelle (Bobillier-Chaumon, 2016).

Fondée sur les théories de l'appropriation technologique (Rabardel, 2005) et les modèles de l'activité (Engeström, 2001), cette approche considère que la technologie prend sens dans l'activité où elle est utilisée, et qu'elle peut en retour donner du sens à cette activité.

Dans cette perspective systémique, l'acceptation d'une technologie dépend non seulement de ses caractéristiques intrinsèques, mais aussi de son contexte d'usage, du système d'activité, et des interactions sociales dans lesquelles elle s'inscrit (Bobillier-Chaumon, 2016).

L'enjeu est donc de concevoir des dispositifs explicables et dignes de confiance, adaptés aux besoins réels des utilisateurs, tout en prenant en compte les effets organisationnels, cognitifs et sociaux que ces technologies impliquent.

OBJECTIFS DE LA THESE

Les objectifs sont : 1) Etudier l'explication des IA d'aide au diagnostic, dans un contexte complexe, imprévisible et multiacteurs ; 2) créer une méthodologie de co-conception répliquable sur les deux terrains (professionnel et sociodomeistique), permettant à l'utilisateur de partir de l'activité réelle et

de projeter dans la future activité avec le futur outil (notamment au travail d'une méthode de simulation de l'activité) ; 3) Assurer la co-conception de cet outil pour favoriser son appropriation.

Sur le plan industriel, des recommandations sont attendues concernant la conception de systèmes d'IA explicables, appropriables et de confiance, facilitant ainsi leur adoption dans divers milieux professionnels et domestiques tout en tenant compte des spécificités de chaque contexte d'utilisation.

PREMIERE ETUDE

1.4 Etude exploratoire : préalable à ce sujet de thèse

Dans le cadre d'un projet de R&D, des datascientists ont évalué la faisabilité d'un modèle d'apprentissage automatique visant à anticiper un phénomène rare au sein des centrales nucléaires (CNPE). L'ingénieur responsable de la « source froide », chargé de superviser et prévenir ces incidents, a été identifié comme utilisateur principal du futur système d'aide au diagnostic en développement.

La démarche, conduite par deux ergonomes (Turpin & Fréjus, 2023), s'est appuyée sur une analyse de l'activité afin de comprendre les mécanismes de gestion du risque et de recueillir des besoins en conception (notamment fonctionnels). Le phénomène ciblé, saisonnier, survient entre janvier et mai, avec une forte variabilité rendant sa prévision complexe.

La gestion de ce risque mobilise plusieurs acteurs : les ingénieurs source froide, les ingénieurs d'astreinte (présents en leur absence ou les week-ends), l'ingénieur tranche en marche (chargé de la coordination), les équipes de maintenance, la direction (qui valide les scénarios de gestion du risque) et des acteurs organisationnels comme RTE (réseau chargé de la distribution de l'électricité).

Nous nous appuyons sur les données issues de cette étude exploratoire pour approfondir et compléter l'analyse de l'activité déjà menée.

1.5 Première étude : Besoins de conception et d'explication dans les centrales nucléaires

Nous avons complété les données initiales en réanalysant les entretiens semi-directifs de l'étude exploratoire et en menant de nouveaux entretiens avec d'autres acteurs impliqués dans la gestion de la source froide. Cette étude visait à répondre à deux questions centrales : Qui sont les destinataires des explications ? Quel rôle joue le système organisationnel dans la définition des critères d'explication ?

Nos objectifs étaient triples : approfondir la compréhension des processus organisationnels liés à la gestion du risque SAR, identifier les similitudes et différences entre centrales nucléaires, et explorer de nouveaux terrains potentiels pour la suite de la recherche.

Pour cela, nous avons réalisé : Un entretien collectif avec un data scientist (en charge de la conception de l'outil) et un prévisionniste (chargé de définir les agressions au niveau des sources froides à l'échelle nationale). Un second entretien collectif, en présence du data scientist, avec un référent agression source froide (animateur du réseau des ingénieurs source froide). Un entretien individuel semi-directif avec le prévisionniste (1h30, en visioconférence).

Cette première phase a mis en lumière deux constats majeurs concernant les destinataires des explications d'un système d'IA :

1. La diversité des profils impliqués : au-delà de l'ingénieur source froide, d'autres métiers participent à la gestion du risque (conduite, maintenance, ingénierie), avec des niveaux d'expertise et d'implication variables.
2. La nécessité d'adapter les explications : les besoins varient selon les profils — certains sont fortement impliqués, d'autres plus en retrait — ce qui appelle à des explications différenciées.

Bien que le système ait été initialement conçu pour l'ingénieur source froide, une approche systémique a permis de révéler d'autres utilisateurs potentiels, parfois non experts mais concernés par le risque, nécessitant eux aussi des explications compréhensibles et adaptées.

Enfin, cette phase a fait émerger de nouveaux besoins au niveau national, notamment du côté des prévisionnistes, ouvrant ainsi la voie à un futur terrain d'étude. Cela permettra à la fois de valider la méthodologie retenue pour la suite, et de généraliser les résultats obtenus.

1.6 Suite de la thèse : prochaine étude

1.6.1 Méthodologie envisagée

Dans une perspective de conception compréhensive et transformatrice, nous analysons l'activité du point de vue de l'individu tout en coconstruisant, avec lui, le futur dispositif et la future activité, afin de favoriser son appropriation. Pour cela, nous mobilisons une combinaison de méthodes qui constitueront notre base méthodologique. Cette méthodologie vise à répondre aux questions de recherche suivantes : Comment concevoir des explications adaptées à des contextes spécifiques ? Comment intégrer ces dispositifs dans des environnements collectifs, où la décision est réfléchie et distribuée ? Quelles conditions d'acceptabilité et de confiance faut-il considérer lors de la conception de dispositifs à base d'IA ?

Techniques de recueil :

- Entretien semi-directif avec l'ingénieur d'astreinte : cet entretien vise à mieux comprendre ses tâches et son rôle dans la gestion du risque, car ce profil n'a pas encore été exploré.
- Simulation projective : menée auprès des ingénieurs source froide, d'astreinte et tranche en marche — les seuls ayant accepté de participer en centrale — cette simulation vise à projeter les participants dans l'usage d'un outil en cours de conception. Elle repose sur une combinaison de trois approches méthodologiques :

1. Entretien restituant (Cahour et al., 2016) : vise à revisiter l'expérience vécue de l'individu en situation de travail, en s'attachant à ses actions, pensées, perceptions et émotions.

2. Projection Imaginaire Guidée (PIG) : utilisée en ergonomie prospective, elle permet d'explorer des usages futurs en l'absence d'expériences réelles. Elle comprend trois étapes : présentation du service et du scénario, séance de relaxation, puis projection dans l'expérience avec le futur outil.

3. Conception participative (Forcisi & Decortis, 2018) : articulation entre réflexion individuelle, mise en commun des points de vue et confrontation collective.

Déroulement de la simulation projective :

1. Présentation du projet
2. Séance de relaxation pour faciliter la projection
3. Projection dans la situation actuelle, sans l'outil (inspirée de l'entretien restituant)
4. Introduction progressive de l'outil futur (via supports visuels, version test, maquettes, etc.)
5. Exploration des fonctionnalités proposées par le futur système.

La simulation sera également menée en collectif, avec des acteurs amenés à collaborer. L'objectif est de favoriser une projection partagée et de confronter les imaginaires autour de l'usage du futur dispositif.

BIBLIOGRAPHIE

Ali, H. et al. (2023). Explainable ai in healthcare. *Nature Medicine* 29, 123–145.

Amershi, S., D. Weld, M. Vorvoreanu, A. Fourney, B. Nushi, P. Collisson, J. Suh, S. Iqbal, P. N. Bennett, K. Inkpen, J. Teevan, R. Kikin-Gil, et E. Horvitz (2019). Guidelines for human-ai interaction. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–13.

- Barredo Arrieta, A., N. Díaz-Rodríguez, J. Del Ser, A. Bennetot, S. Tabik, A. Barbado, S. Garcia, S. Gil-Lopez, D. Molina, R. Benjamins, R. Chatila, et F. Herrera (2020). Explainable artificial intelligence (xai) : Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible ai. *Information Fusion* 58, 82–115.
- Beaudouin, V., I. Bloch, D. Bounie, S. Cléménçon, F. D’Alché-Buc, J. Eagan, W. Maxwell, P. Mozharovskyi, et J. Parekh (2020). Flexible and context-specific ai explainability : A multidisciplinary approach. *SSRN Electronic Journal*.
- Biran, O. et C. Cotton (2017). Explanation and justification in machine learning : A survey.
- Bobillier Chaumon, M. (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.
- Carroll, J., Howard, S., Peck, J. et Murphy, J. (2002). A Field Study of Perceptions and Use of Mobile Telephones by 16 to 22 Year Olds. *Journal of Information Technology Theory and Application (JITTA)*, 4(2), 49-62.
- Doshi-Velez, F., & Kim, B. (2017). Towards a rigorous science of interpretable machine learning. arXiv preprint arXiv:1702.08608.
- Engeström, Y. (2001). Expansive learning at work : toward an activity theoretical reconceptualisation. *Journal of Education and Work* 14(1), 133–156.
- Forcisi, L. A., & Decortis, F. (2018, 23 octobre). Conception participative pour l’activité narrative et créative avec des enfants de 9-11 ans dans une perspective de l’ergonomie de l’activité. <https://hal.science/IHM-2018/hal-01899122>
- Gornet, J. et W. Maxwell (2023). Understanding ai decisions : A human-centered approach. *AI Ethics* 3, 45–67.
- Jouis, G. (2023). Explicabilité des modèles profonds et méthodologie pour son évaluation : application aux données textuelles de Pôle emploi. Thèse de doctorat, Université de Nantes.
- Karsenty, L. (2013). *Comment appréhender la confiance au travail?* (p. 13). Octarès. <https://cnam.hal.science/hal-04464235>
- Kirsch, A. (2017). Explain to whom ? putting the user in the center of explainable ai. In *Proceedings of the First International Workshop on Comprehensibility and Explanation in AI and ML. CEUR Workshop Proceedings*.
- Markus, A. F., Kors, J. A., & Rijnbeek, P. R. (2020). The role of explainability in creating trustworthy artificial intelligence for health care : A comprehensive survey of the terminology, design choices, and evaluation strategies. *Journal Of Biomedical Informatics*, 113, 103655. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2020.103655>
- Rousseau, D., Sitkin, S., Burt, R., & Camerer, C. (1998). Not so different after all: A cross discipline view of trust. *Academy of Management Review*, 23(3), 393–404
- Saeed, W. et C. Omlin (2021). Explainable ai (xai) : A systematic meta-survey of current challenges and future opportunities. arXiv preprint arXiv :2111.06420.
- Turpin, M. & Frejus, M. (2023). Comment faciliter l’appropriation de systèmes opaques : Etude sur l’eXplanable Artificial Intelligence et préconisations ergonomiques sur l’explicabilité d’un système de Machine Learning (Rapport de stage, EDF). Non publié.
- Vuarin, L., & Steyer, V. (2023). Le principe d’explicabilité de l’IA et son application dans les organisations: *Réseaux*, N° 240(4), 179-210. <https://doi.org/10.3917/res.240.0179>
- Wang, D. et Q. Ying (2021). User-centered explainable ai : Challenges and future directions. *Frontiers in Computer Science* 3, 738800.
- Zhang, Y., Liao, Q. V., & Bellamy, R. K. E. (2020). Effect of confidence and explanation on accuracy and trust calibration in AI-assisted decision making. *Proceedings Of The 2020 Conference On Fairness, Accountability, And Transparency*. <https://doi.org/10.1145/3351095.3372852>

De la politique industrielle européenne « Industrie 5.0 » à sa mise en œuvre dans les projets de digitalisation : une transformation systémique ?

Eliette Darnaud 1,& 3, Willy Buchmann1, Lucie Cuvelier2, Laurence Bellies3 et Flore Barcellini1

1: CRTD, 41 rue Gay Lussac, 75005 Paris

2 : CESI LINEACT, 1, avenue du Général de Gaulle, 92 074 Paris La Défense

3 : Airbus Helicopters, aéroport Marseille Provence, 13700 Marignane eliette.darnaud@airbus.com

RÉSUMÉ

Dans cette communication, nous chercherons à montrer comment le département chargé de l'industrialisation d'Airbus Helicopters s'empare de la politique industrielle européenne dite Industrie 5.0, considérée comme une forme d'injonction à la transformation (Barcellini, et al., 2023). À partir d'entretiens semi-dirigés avec des acteurs clefs de la digitalisation et de documents présentant la feuille de route de la digitalisation en production, nous avons établi un modèle de type « system-of-systems » (Maier, 1996) mettant en perspective les différents niveaux de l'organisation du processus de digitalisation. Cette première analyse ouvre vers un travail de compréhension des conséquences des transformations digitales en cours sur le travail de production. Nous proposons alors d'analyser l'activité dans un atelier considéré en interne à la fois comme précurseur et laboratoire d'essai des transformations digitales.

MOTS-CLÉS

Industrie aéronautique – digitalisation – System of Systems – Industrie 5.0 – travail – ergonomie

1. INTRODUCTION

Airbus Helicopters (AH) a entamé une nouvelle phase de modernisation de son système de production au tournant des années 2020 avec comme objectif d'améliorer la qualité et la conformité de sa production avec les demandes des agences de régulation aéronautique en charge de la réglementation pour la sécurité aérienne et du contrôle des fabricants aéronautique. Dans ce cadre, l'entreprise a mis en place un plan de digitalisation de l'outil industriel (bâtiment, machine, automatisme, ligne de production...) et un programme de rénovation des sites de production. C'est dans ce contexte qu'AH a sollicité l'équipe d'ergonomie du Centre de Recherche sur le travail et le Développement (CRTD) du Cnam pour un travail de doctorat en ergonomie pour travailler sur les possibilités de construction d'un travail soutenable alors que l'entreprise vit à la fois une transition industrielle, digitale et démographique. Au-delà du cas d'Airbus, l'ambition de cette thèse est de mieux documenter comment les injonctions de la transformation digitale sont opérationnalisées de manière systémique dans un grand groupe industriel et leurs conséquences sur les transformations du travail, en termes de ressources, de contraintes, de parcours professionnels et d'évolution des compétences. Cette thèse se déroule au sein du département « Manufacturing Engineering » (ME) au côté de l'ergonome de cette équipe. Cette recherche doctorale a débuté en juillet 2024. La présente communication a pour objectif d'en présenter la première phase, qui porte sur la caractérisation de la stratégie digitale de l'entreprise. Pour ce faire, nous chercherons à comprendre les ambitions et la stratégie d'AH en matière de transformation de son processus de fabrication à l'aide de technologies digitales. Nous chercherons en particulier à voir comment le département en charge de l'industrialisation d'AH s'approprié la politique industrielle européenne dite Industrie 5.0, considérée comme une forme d'injonction à la transformation (Barcellini et al., 2023). Cette première caractérisation ouvrira sur une seconde phase de notre travail (non développée dans ce document) qui visera à comprendre les conséquences des transformations digitales en cours sur le travail dans un atelier en particulier, considéré en interne à la fois comme précurseur et laboratoire d'essai des transformations digitales.

ÉTAT DE L'ART & CADRE D'ANALYSE

La volonté d'AH de moderniser son outil industriel se réalise dans un contexte européen qui développe le modèle d'Industrie 5.0 ; une industrie qui se veut résiliente, centrée sur l'humain et soutenable. Ce modèle repose sur l'introduction importante de technologies digitales (outillage connecté, réalité augmentée...). Les financements pour l'investissement et la recherche dans l'industrie peuvent reprendre ce modèle et ainsi guider les choix des entreprises. Nous chercherons à discuter le modèle d'industrie 5.0 à travers l'état de l'art portant sur l'impact des nouvelles technologies sur le travail et son organisation. Par ailleurs, la transformation concrète des ateliers d'AH est le fruit de décisions stratégiques prises à différents niveaux et impliquant des professionnels à ces différents niveaux. Nous nous appuyerons sur le cadre des « System of Systems » (Maier, 1996) pour décrire comment se structure le processus de digitalisation à la suite de ces décisions.

1.1 Industrie 5.0 et transformation du travail

La vision de « l'Industrie 5.0 » est formalisée par la Direction générale de la recherche et de l'innovation de la Commission européenne en 2021 (European Commission. Directorate General for Research and Innovation., 2023). Cette vision est une feuille de route pour l'innovation et la recherche afin de « *soutenir l'industrie dans son action pour le bien à long terme de l'humanité dans les limites planétaires* » (European Commission. Directorate General for Research and Innovation., 2023, p. 8). Cette vision s'articule autour de 3 éléments : la priorité accordée à l'humain, la soutenabilité environnementale et la résilience économique ; le tout étant soutenu par le développement et le déploiement de nouvelles technologies digitales.

L'industrie 5.0 serait donc porteuse d'une vision techno-solutionniste étendue aux enjeux sociaux et environnementaux, et fortement liée à la digitalisation de l'industrie. Nous appelons ici « digitalisation de l'industrie » la dématérialisation totale ou partielle d'un processus de travail industriel (Bobillier Chaumon, 2023). Or, il est montré que cela implique des changements profonds dans les organisations et dans les pratiques au travail. Cette digitalisation de l'industrie s'inscrit dans la continuité d'un long processus d'automatisation des tâches. Carbonell (Carbonell, 2022, p. 26), identifie 4 conséquences des nouvelles technologies sur le travail : « *son remplacement, sa déqualification / requalification, son intensification et son contrôle* ». Le remplacement concerne « *toute procédure d'automatisation visant, dans les travaux d'exécution, à évincer des modes opératoires effectués manuellement pour y substituer, entièrement ou non, une activité réglée de manière mécanique ou électronique* » (Coriat, 1984, p. 66). Les projets d'automatisation obéissent souvent à une rationalité visant la réduction de la masse salariale. Ils permettent également d'éloigner les travailleurs et travailleuses des travaux dangereux et des zones difficilement accessibles (Carbonell, 2022, p. 28). Le processus de déqualification/requalification se traduit par, d'une part, la décomposition d'une activité complexe vers un ensemble de gestes simples pouvant mener à son automatisation complète ; d'autre part la création d'activités liées à la maintenance, la gestion et l'approvisionnement des nouvelles technologies. L'intensification du travail se traduit quant à elle par une augmentation des rythmes de travail, une hausse de la charge physique ou encore l'accentuation de la charge mentale. En effet, en retirant les tâches répétitives, administratives, simples, l'activité des travailleurs et travailleuses se trouve concentrée sur les tâches les plus complexes, retirant ainsi les moments de respiration (Askenazy, 2005). Dans ce même mouvement, les activités de management évoluent également en lien avec l'introduction des nouvelles technologies basées sur la gestion d'une grande quantité de données pour superviser le travail (Bobillier Chaumon, 2023). Cette évolution pourrait faire craindre un contrôle accru de l'activité de production au travers du « traçage » de plus en plus précis de celle-ci. Du côté du management, les tâches de « reporting » peuvent prendre une place plus importante au travers d'indicateurs toujours plus nombreux. La digitalisation vient aussi impacter les collectifs de travail et leur fonctionnement. Par exemple, l'hyper instrumentalisation de la communication au sein des collectifs de travail tend à diminuer le dialogue et l'activité conversationnelle (Crouzat, 2020). Or ils constituent une ressource indispensable à la consolidation des collectifs de travail.

On voit ici que les conséquences des processus de digitalisation sur le travail et l'emploi sont fortement liées à la question des stratégies d'introduction de ces technologies, en lien avec le modèle de l'Industrie 5.0. Nous proposons ici de mobiliser le cadre des « system of systems » (Maier, 1996) pour proposer une lecture systémique des différentes strates qui participent à la transformation afin de modéliser l'intrication dans différents systèmes de la politique de digitalisation.

1.2 Le cadre du « System of Systems » : une approche systémique de la transformation

Dans le champ de l'ergonomie environnementale, Thatcher et Yeow (2016) décrivent un enchevêtrement de systèmes partant d'un système inter-organisationnel (p. ex. initié par une politique de santé publique ou une politique environnementale) qui englobe un ensemble de systèmes pour arriver jusqu'à l'individu lui-même. Cette représentation en système de systèmes (System of Systems - SoS) permet de souligner l'interconnexion des systèmes et l'intérêt d'une approche systémique au profit de la soutenabilité (Sustainable System of System - S-SoS). Selon Maier (1996), pour qu'un SoS soit considéré comme tel, il doit répondre à 5 conditions. Premièrement, chaque composant du système doit être indépendant et contribuer à l'ensemble. Ensuite, les composants peuvent fonctionner même en l'absence du SoS. Troisièmement, le SoS est évolutif ; des éléments peuvent s'ajouter, s'arrêter, être modifiés. Quatrièmement, le SoS produit des effets des bords au-delà de la transformation souhaitée. Enfin, les systèmes constitutifs doivent être dispersés dans l'environnement dans lequel ils s'inscrivent.

Le modèle de Maier nous est apparu comme un premier modèle « heuristique » pour comprendre les différentes strates organisationnelles qui viennent interagir au sein d'AH afin de modéliser l'intrication des systèmes au travers du SoS et en comprendre les interactions, pour ensuite aller vers un S-SoS de la digitalisation industrielle. Néanmoins, une analyse plus exhaustive de modèles alternatifs devra être réalisée.

QUESTIONS ET STRATÉGIE DE RECHERCHE

Nous nous proposons d'analyser au travers de ce prisme les différents systèmes du SoS liés au processus de digitalisation en cours chez AH et mettre en avant leur intrication selon les niveaux macroscopiques/mésoscopique/ microscopique depuis les structures institutionnelles jusqu'à l'atelier de fabrication. Sur cette base, nous allons chercher à identifier les différents systèmes qui s'intriquent jusqu'à la transformation concrète de l'activité de production. L'objectif est d'identifier la diversité des logiques et acteurs qui influencent la transformation de l'activité en lien avec la transformation digitale. Nous cherchons ensuite à comprendre, au sein d'un atelier de production, la transformation du travail et de son organisation et quels peuvent être les effets inattendus décrits par Maier (Maier, 1996), sur l'activité de cet atelier.

MÉTHODOLOGIE

Pour comprendre la stratégie d'AH en matière de transformation du processus de fabrication à travers les technologies digitales, nous nous centrerons sur le département « central Manufacturing Engineering » (ME) d'AH qui accueille cette thèse. L'enjeu de la ME est de servir de support à l'ensemble des projets d'industrialisation et aux services « méthode » sur les différents sites et ateliers de production pour définir les moyens de production, les règles métier et les standards de travail. Le département ME est divisé en plusieurs entités (méthode et digitalisation, innovation, architecture industrielle, amélioration continue...). En adoptant la posture *d'observateur participant* (Gold, 1958) nous chercherons à comprendre la mise en œuvre de la stratégie industrielle de digitalisation par celles et ceux qui sont chargés de la mettre en œuvre et comment celle-ci les impacte.

1.3 Corpus de données

Le corpus de données constitué pour comprendre les ambitions et la stratégie d'AH en matière de transformation digitale est composé de 5 entretiens, de notre participation à 2 réunions de service (voir plus bas) et de l'analyse de 1 document de cadrage (voir plus bas).

5 entretiens semi-dirigés ont été conduits (Tableau 1) d'une heure avec des acteurs clés de la digitalisation. Ils participent au déploiement de la stratégie de digitalisation pour ME. Certains d'entre eux ont participé à l'élaboration de la feuille de route de la digitalisation portée par ME.

Acteurs de la transformation digitale rencontrés	Thématique de l'entretien
Gestionnaire de l'innovation au sein du service « Industrial technique innovation »	Roadmap « Constellation » qui porte sur l'innovation par la digitalisation dans l'industrie (mise en place de l'IA, des IOT...)
Analyste de données au sein du service « Method and digitalisation »	Stratégie d'essais et de mise en place de l'IA au sein d'AH
Spécialiste de la « mix reality » au sein du service « Méthode and digitalisation »	Mise en application de la « mix reality » dans les ateliers
Chef d'équipe 3DX (logiciel de modélisation) au sein du service « operation transformation »	Projet de digitalisation de la documentation au poste
Ingénieur méthode métier au sein du service « architecture de l'information »	Rédaction et la mise en place des SOI « standard opération instruction », fiches de travail standardisées dans le cadre de la digitalisation de la documentation au poste.

Tableau 1 Liste des entretiens semi-dirigés

Deux réunions de service ont également permis de recueillir des informations en plus des réunions d'équipe hebdomadaires réunissant l'équipe franco-allemande « Manufacturing Engineering Process » qui intègre l'ergonome ME et la doctorante :

- « ME extended meeting » : réunion d'information en présentiel réunissant l'ensemble des membres des équipes françaises constituant le département ME. Cette réunion de 2 heures portait sur la présentation de la « roadmap 2025/2030 » du département ME dont la stratégie de digitalisation. Elle était menée par le manager du département et les différents managers des équipes.
- Une réunion d'information en présentiel organisée par le chef de groupe côté français de l'équipe « Manufacturing Engineering Process » portant sur la présentation de la roadmap « Digitalisation and operational excellence » du ME. L'enjeu de cette réunion était d'identifier les projets et les sujets sur lesquels les membres de l'équipe pourraient être sollicités par les équipes en charge des différents projets afin d'anticiper une probable charge de travail.

Ce corpus comprend également un document de cadrage, sous forme d'une présentation définissant la « roadmap » sur cinq ans, soit 78 diapositives décrivant la stratégie de transformation digitale de la production des hélicoptères. Ce document a été réalisé par un cabinet-conseil en stratégie en partenariat avec les chefs de service du ME.

1.4 Analyse des données.

Dans cette analyse de données, nous avons d'abord cherché à comprendre la structure de la stratégie de digitalisation de l'outil industriel au sein d'AH. Nous avons cherché à identifier et à positionner les différents systèmes composant cette stratégie et comment elle pouvait s'inscrire dans des systèmes inter-organisationnels (Thatcher & Yeow, 2016). À partir des éléments structurants (« piliers », « cluster », « projets », « principes ») nous avons essayé de comprendre les articulations entre les différentes « roadmap » des services interrogés et ainsi dégager la ou les postures qu'AH souhaite adopter en matière de digitalisation. Nous avons également cherché à identifier comment le travail et les travailleurs étaient évoqués, en tant qu'élément structurant du modèle d'Industrie 5.0.

RÉSULTATS :

1.5 Une approche systémique diffuse

La figure 1 ci-dessous représente le SoS de la digitalisation au sein d'AH. Au niveau inter-organisationnel, se trouve d'une part l'Union Européenne au travers de ses recommandations autour de l'industrie 4.0 et 5.0 et d'autre part les organismes de sécurité aérienne tels que l'EASA (Agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne) qui édictent les différentes réglementations aériennes dans le monde. Ces réglementations portent sur la qualité et la traçabilité dans la fabrication et l'assemblage de l'ensemble des pièces d'un appareil. À ce même niveau, nous trouvons la politique industrielle globale du groupe Airbus. Pour répondre aux engagements pris par le groupe envers les institutions, les agences de sécurité aérienne ou encore ses actionnaires, Airbus développe des projets qui se déclinent dans l'ensemble de ses filiales.

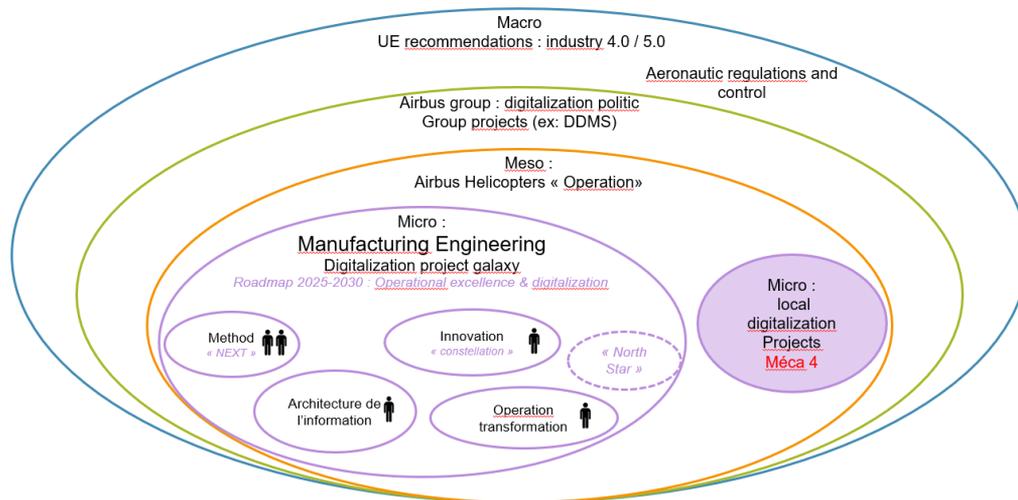


Figure 1 : System of System de la digitalisation chez AH

Si l'on progresse dans la lecture de cette figure, au niveau méso on trouve AH et le département ME en particulier. Ici se trouve la stratégie interne de la digitalisation industrielle baptisée « Roadmap 2025-2030 Operational excellence & digitalisation ». En parallèle, les services internes de ME développent d'autres plans d'actions. Par exemple « Constellation » pour le service "industrial technologies and innovation" ou « Next » pour le service "method and digitalisation". Un autre document porte sur l'objet « North Star » qui est une « vision » de ce que se voudrait être la digitalisation au sein du ME et reprend les principes de l'industrie 5.0. Les roadmaps et les projets ne s'articulent pas entre eux, mais ils s'appuient sur la stratégie du groupe. Ils ne répondent pas aux mêmes enjeux (enjeux de qualité, de performance, d'obsolescence...), mais semblent avoir des impacts les uns sur les autres. Le foisonnement de documents et de pilotage rend l'ensemble difficilement abordable par les salariés du ME eux-mêmes. En effet, tous n'ont pas la connaissance des différentes composantes de la stratégie et découvrent parfois au détour d'une réunion une nouvelle tâche à accomplir ou un nouveau standard à appliquer pour être en cohérence avec une de ses composantes.

Au niveau micro de notre SoS se trouve la traduction concrète de ces différentes feuilles de route. On y trouve des réalisations d'ampleurs très diverses. Cela va de la mise en place de chatbot à la reconstruction complète d'un atelier en repensant complètement le processus industriel avec l'aide des outils de la digitalisation.

1.6 La question du travail et de l'activité

Cette lecture des différentes strates de la digitalisation met en avant des systèmes de digitalisation qui sont indépendants, mais qui s'influencent les uns aux autres. Ils ont en commun de ne pas aborder explicitement les questions de travail et de ceux et celles qui le font. Par exemple, dans

la « roadmap 2025-2030 », il n'est pas fait mention de l'activité concrète des travailleurs sauf à vouloir éliminer les « tâches sans valeur ajoutée », dont on peut faire l'hypothèse qu'elle s'appuie sur une représentation théorique du travail et sans réflexion sur ce qui fait « la valeur » d'une tâche (Barcellini et al., 2024). De même, il n'est pas fait mention des enjeux environnementaux. Ainsi les évolutions de l'activité de travail et de son organisation ou encore la soutenabilité environnementale, deviendraient, dans ce System of Systems, des « effets inattendus » au sens de Maier (1996) de la transformation alors que le modèle de l'Industrie 5.0 est supposé les mettre au centre de la transformation industrielle.

PERSPECTIVE : CARACTÉRISER LES TRANSFORMATIONS DE L'ACTIVITÉ AU SEIN D'UN ATELIER DE PRODUCTION : UN PROTOTYPE DES FUTURS ATELIERS D'AIRBUS HELICOPTERS ?

Afin d'enrichir du point de vue de l'activité la vision systémique décrite ci-dessus, nous nous proposons d'aller analyser la transformation d'un atelier de montage de l'entreprise. Le projet de transformation de cet atelier est né en 2016 à la suite d'un crash d'hélicoptère mettant en lumière des « manquements » de ce dernier en matière de traçabilité des pièces et du processus de fabrication. Ce projet, qui précède la stratégie industrielle actuelle, fait office de prototype pour les futurs ateliers digitalisés de l'établissement. Le projet « Méca 4 » a pour objectif d'améliorer la qualité et la traçabilité des assemblages afin d'être conforme aux exigences des agences de sécurité aérienne, et de pouvoir le prouver. Ce projet consiste à la reconception complète du processus industriel de l'atelier mécanique à travers un nouveau bâtiment, une nouvelle organisation du travail, l'introduction d'outils connectés (IOT), la refonte complète de la documentation au poste par sa digitalisation (utilisation de plan 3D, visualisations des tâches en pas à pas sur écran...) ou encore de l'introduction de nouvelles activités comme la préparation d'ensemble de pièce en amont des postes d'assemblage (kitting). AH considère que cet atelier est l'objet du projet de digitalisation le plus « ambitieux » mené à ce jour dans l'entreprise et il est le « projet vitrine » de la mise en œuvre de la nouvelle « stratégie industrielle ». Nous chercherons à analyser les évolutions de l'activité de travail des différents corps de métier de l'atelier mécanique (assembleurs et préparateurs) en lien avec les évolutions de la population au sein de cet atelier afin de mettre en lien la digitalisation et la politique RH de l'entreprise et de comprendre comment ces deux logiques s'imbriquent. Au poste d'assemblage, nous analyserons l'activité des opérateurs d'assemblage dans le nouvel atelier au regard de leur ancienneté et de l'activité passée dans l'ancien atelier. Par ailleurs, les premiers entretiens réalisés ont mis en exergue des difficultés rencontrées par les techniciens en charge de l'organisation de la production (préparateurs) du secteur lors de la mise en route du nouvel atelier : la qualité des données numériques pour des hélicoptères conçus dans les années 1970 et 80 a rendu complexe l'industrialisation sur les stations de travail dites universelles qui nécessitent pour fonctionner des données numériques dans un format récent. Il s'agira donc de comprendre l'activité des préparateurs dans la construction de ces données et de mettre en lumière les impensés du projet dans ce domaine.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Askenazy, P. (2005). Sur les sources de l'intensification. *Revue économique*, 56(2), 217. <https://doi.org/10.3917/reco.562.0217>

Barcellini, F., Béarée, R., Benchekroun, T.-H., Bounouar, M., Buchmann, W., Dubey, G., Lafeuillade, A.-C., Moricot, C., Rosselin-Bareille, C., Saraceno, M., & Siadat, A. (2023). Promises of industry 4.0 under the magnifying glass of interdisciplinarity : Revealing operators and managers work and challenging collaborative robot design. *Cognition, Technology & Work*, 25(2-3), 251-271. <https://doi.org/10.1007/s10111-023-00726-6>

Barcellini, F., Gamkrelidze, T., Greenan, N., Jolivet, A., & Zouinar, M. (2024). *Le travail et l'emploi à l'épreuve de l'IA : État des lieux et analyse critique de la littérature* [Report, IRES]. <https://hal.science/hal-04722240>

Bobillier Chaumon, M. É. (2023). *Psychologie du travail digitalisé : Nouvelles formes de travail et clinique des usages*. Dunod.

- Carbonell, J. S. (2022). *Le futur du travail*. Éditions Amsterdam.
- Coriat, B. (1984). *La robotique* (2. ed). Ed. La Découverte.
- Crouzat, P. (2020). "Collectifs de travail en ingénierie aéronautique : Comment soutenir et développer l'activité collective en contexte de transformation organisationnelle et digitale ?" [Résumé]: Thèse de Doctorat en Psychologie. Mention : Psychologie du travail et des organisations. Université Lyon 2. 16 décembre 2019. *Activites*, 17-1. <https://doi.org/10.4000/activites.5167>
- European Commission. Directorate General for Research and Innovation. (2023). *Industrie 5.0 : Vers une industrie européenne durable, centrée sur l'humain et résiliente*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/2866>
- Gold, R. L. (1958). Roles in Sociological Field Observations. *Social Forces*, 36(3), 217-223. <https://doi.org/10.2307/2573808>
- Maier, M. W. (1996). Architecting Principles for Systems-of-Systems. *INCOSE International Symposium*, 6(1), 565-573. <https://doi.org/10.1002/j.2334-5837.1996.tb02054.x>
- Thatcher, A., & Yeow, P. H. P. (2016). A sustainable system of systems approach : A new HFE paradigm. *Ergonomics*, 59(2), 167-178. <https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1066876>

Faire évoluer l'activité de conduite vers des pratiques plus sûres

Aéla Diard

Technocentre, 1 avenue du Golf – 78084 GUYANCOURT

aela.diard@univ-ubs.fr

Thèse sous la direction de :

Christine Chauvin – Professeur en ergonomie cognitive, Lab-STICC, Université Bretagne Sud (Directrice de thèse)

Juliette Massouillé-Alland – Innovation project manager, Renault Group (ancienne tutrice entreprise)

Patricia Dumont – Chef de projet Innovation/nouvelles interactions, Renault Group (tutrice entreprise)

Jean-Baptiste Haué – Expert en ergonomie de la Conduite, Renault Group (co-tuteur entreprise)

RÉSUMÉ

En 2023 en France métropolitaine, le nombre de blessés graves à la suite d'un accident de la route est estimé à 16000, et 3167 personnes sont décédées (ONISR, 2023). La sécurité routière représente donc un enjeu majeur pour le pays. Dans plus de 92% de ces accidents mortels (ONISR, 2023), le facteur humain est impliqué. Cela s'explique en partie par des habitudes de conduite présentant un écart avec des pratiques "sûres". Un moyen de sécuriser la conduite est de faire prendre conscience aux conducteurs de ces écarts, pour les amener à modifier leur activité de conduite de façon pérenne, via un système de coaching. La démarche de transformation des pratiques est difficile et suppose plusieurs étapes jusqu'à son maintien dans le temps (*Prochaska & DiClemente, 2005*). Elle nécessite également la rencontre de plusieurs facteurs (Michie et al., 2011), tels que la motivation ou l'opportunité de tester de nouveaux comportements, pour être mise en œuvre. Concevoir un système de coaching efficace et réellement utilisé implique donc d'étudier et de tenir compte de ces facteurs.

MOTS-CLÉS

Motivation, activité de conduite, risque, Système de coaching

1. INTRODUCTION

La réduction des accidents de la route est un des objectifs des constructeurs automobiles. Cependant, les innovations concernant la conception des véhicules atteignent leurs limites et ne suffisent pas à réduire les accidents corporels. Parce qu'ils sont impliqués dans 92% des accidents (Bilan ONISR, 2024), il apparaît pertinent, afin d'améliorer la sécurité routière, d'axer la recherche sur les facteurs humains.

Chez Renault, en compléments des aides à la conduite, cela se traduit par la conception de systèmes de conseils de conduite, tels que le système « safety coach ». Dans les facteurs comportementaux des personnes présumées responsables d'accidents mortels, la vitesse est impliquée dans 28% des cas ainsi que les manœuvres dangereuses (dépassement dangereux, changement de file, non-respect des distances) dans 11% des cas (Bilan ONISR, 2024). Le système de coaching développé cible les causes principales des accidents, et les actions sur lesquelles le conducteur peut agir pendant sa conduite. Son objectif est ainsi de délivrer au conducteur un retour sur sa conduite selon trois indicateurs : sa vitesse, sa trajectoire, et sa distance au véhicule précédent. Un score sur 100, basé sur ces indicateurs est calculé à partir du début du trajet et délivré tout au long de celui-ci. Le conducteur perdra des points si sa conduite ne correspond pas aux règles du code de la route, ou si elle présente des risques de perte de contrôle du véhicule (accélération trop forte par exemple). Un score final est délivré à la fin du trajet, ainsi qu'un conseil en lien avec l'indicateur associé à la note la plus faible. Ce système de coaching existant va nous permettre d'avoir une base pour initier, puis étudier la transformation de l'activité de conduite, dans le but d'adopter une conduite plus sûre.

Cependant il n'est pas certain que ce type de système soient utilisé sur le long terme par les conducteurs ; un article récent souligne également que l'acceptation de ce type de système est faible (Gan et al., 2023).

Cette thèse, financée par le constructeur automobile Renault et menée au sein du service « UX recherche et innovation », s'articule avec différents projets de conception de systèmes de coaching. Le travail de recherche s'inscrit dans une perspective développementale. Son objectif est en effet de concevoir et évaluer un système interactif de coaching, amenant les conducteurs à prendre conscience de leurs habitudes de conduite s'écartant de schèmes de conduite dits « sûrs », pour les modifier durablement. Pour cela, nous nous appuyons sur l'analyse de l'utilisation du safety coach et sur des leviers de motivation facilitant l'adoption de nouveaux schèmes de conduite qui auront été identifiés au préalable.

Un planning prévisionnel a été établi pour organiser les trois années du travail de recherche. Quatre phases principales ont été définies : l'état de l'art (M0-M12), l'analyse de l'activité de conduite et du système existant (M10-M20), la conception d'un nouveau dispositif (M18-M22) et son évaluation (M23-M28). La thèse ayant commencé en octobre 2024, cet article présente les cadres théoriques qui ont été retenus ainsi que les premiers éléments issus de l'état de l'art. Il traite *i)* des apports de l'approche instrumentale et de la notion de cours de vie, *ii)* des modèles de prise de risque et de la gestion des risques, *iii)* de la motivation d'un individu à modifier son activité.

2. APPORT DE L'APPROCHE INSTRUMENTALE ET DE LA NOTION DE COURS DE VIE

L'analyse de l'activité repose sur le cadre théorique de l'approche instrumentale et celui du cours de vie.

Dans l'approche instrumentale (Rabardel, 1995), il est considéré que l'utilisation d'un instrument implique trois pôles : le sujet, l'instrument et l'objet de l'activité. L'instrument est lui-même composé de deux éléments. D'une part un artefact, matériel ou symbolique, et d'autre part des schèmes d'utilisation associés, construits par le sujet ou résultant d'une appropriation. Les schèmes sont eux-mêmes divisés en deux types : les schèmes d'usage correspondant aux actions et activités directement liées à l'artefact et les schèmes d'action instrumentée qui permettent une recomposition de l'activité dirigée vers l'objet de l'activité.

Un élément central de cette approche est la genèse instrumentale, c'est-à-dire le développement, par le sujet, de schèmes d'utilisation spécifiques pour un artefact, le rendant multifonctionnel. Cela permet la création de plusieurs instruments à partir d'un même artefact, en fonction des objets et des tâches (Rabardel, 1995). La genèse instrumentale repose sur deux processus. L'instrumentation, dans laquelle les schèmes peuvent être transformés pour se généraliser ou s'adapter à la situation, et l'instrumentalisation qui concerne l'usage catachrétique de l'artefact. Les fonctions initialement prévues par le concepteur sont détournées, non-utilisées, regroupées et de nouvelles fonctions sont développées.

Utiliser l'approche instrumentale comme base théorique de notre travail de recherche présente donc plusieurs intérêts. Elle permet d'analyser l'activité de conduite à travers les schèmes d'utilisation, d'étudier sa transformation dans le cadre d'une genèse instrumentale, et enfin d'étudier l'utilisation d'un système de coaching sous l'angle de l'instrumentation et de l'instrumentalisation.

Une autre approche théorique intéressante pour notre travail est l'approche du cours de vie, tirée du cours d'action (Theureau, 1996). Le cours d'action désigne « la part de l'activité d'un acteur qui donne lieu à expérience, et dont il peut témoigner si les conditions sont favorables » (Haué et al., 2021). Le cours de vie relatif à une pratique est un des moyens de connaissance de l'activité proposé par le cadre du « cours d'action ». Son but est de documenter des activités ou pratiques se déroulant sur une temporalité longue. Le cours de vie relatif à une pratique se définit ainsi comme « l'histoire de la transformation des pratiques d'un acteur au cours du temps, qui est significative pour lui, c'est-à-dire intégrée dans l'autobiographie qu'il peut expliciter à un moment donné à un interlocuteur » (Haué, 2003).

Utiliser ce cadre théorique dans notre recherche nous permettra donc de documenter et analyser les pratiques de conduite, plus particulièrement les transformations de pratiques de conduite élaborées sur une période temporelle étendue, et peut-être d'identifier des premiers leviers de motivation mobilisés lors d'un changement d'habitudes.

3. MODELES DU RISQUE ET GESTION DU RISQUE

Afin de comprendre la perception du risque lors de la conduite, nous nous intéressons aux modèles de risque. Ces modèles explicitent les relations entre le risque objectif et le risque subjectif (risque perçu). Pour compléter ces modèles, nous présenterons ensuite la gestion du risque et comment elle se met en place.

3.1. Revue de différents modèles du risque en conduite

Wilde développe en 1982 la théorie de la régulation homéostatique du risque. Cette théorie postule que les individus possèdent un niveau-cible de risque acceptable, souvent supérieur à zéro. Les conducteurs chercheraient à maintenir un niveau de risque constant, correspondant à leur niveau de « risque cible », en adaptant leur conduite. Le niveau cible, résultant des ajustements réalisés par les conducteurs, serait donc un facteur déterminant dans les accidents (Wilde, 1982).

Contrairement au modèle de Wilde, le modèle du risque zéro (Naatanen & Summala, 1974) suppose que le risque subjectif perçu par les conducteurs serait de zéro. C'est une fois ce seuil dépassé que les mécanismes de régulation du comportement se mettraient en place. Le modèle introduit la notion de moniteur de risque subjectif. Lorsque les informations collectées par le moniteur indiquent un risque trop élevé, le seuil d'activation du moniteur est franchi. Il détecte alors un risque subjectif non nul et active la gestion du risque, qui amène le conducteur à modifier son comportement afin de revenir à une perception du risque subjectif égale à zéro. L'activation de ce moniteur a donc des effets sur les comportements et les prises de décision en cours du conducteur. Ainsi, dans le modèle du risque zéro, lorsqu'il y a un accident, cela n'est pas dû à une prise de risque intentionnelle du conducteur, mais à une mauvaise évaluation du risque subjectif qui entraînerait une erreur involontaire.

Enfin, la notion d'interface tâche-capacité (TCI) (Fuller, 2000) définit la difficulté de la tâche de conduite à travers la relation entre l'exigence de la tâche et les capacités du conducteur. Si les capacités sont plus fortes que les exigences alors la tâche est jugée facile ; si elles sont équivalentes la tâche est difficile car l'individu a atteint ses limites. Si les exigences dépassent les capacités, alors la tâche n'est pas réalisable. Dans ce modèle, l'homéostasie du risque (Wilde, 1982) n'est qu'une partie de l'homéostasie de la difficulté de la tâche. L'homéostasie de la difficulté de la tâche suppose que les conducteurs maintiennent un niveau acceptable de difficulté pendant la conduite. Ils ne cherchent donc pas uniquement à réguler un risque défini. Les conducteurs ajustent leur comportement pour maintenir une difficulté perçue acceptable. Le risque en situation de conduite est alors davantage lié à la probabilité d'une perte de contrôle qu'à la probabilité d'accident.

Ces modèles, s'ils sont utiles pour comprendre la perception du risque par les conducteurs, ont des limites. En effet la gestion du risque est évoquée, mais aucun élément ne précise comment elle se met en place. De plus, d'après Saad (Saad, 1988), ces modèles sont motivationnels « dans le sens où les régulations opérées par le conducteur viseraient à maintenir les niveaux de risque en deçà ou à la limite d'un niveau cible donné ». Cependant, la motivation dont il est question est un déterminant du comportement. Or pour transformer l'activité de façon pérenne, il est nécessaire d'étudier la motivation en tant que levier pour l'adoption de cette activité.

3.2. Gestion du risque en conduite

En psychologie ergonomique, la gestion dynamique de la sécurité provient de l'interaction entre l'individu et le système. Elle ne peut être imposée uniquement de l'extérieur. Il est donc nécessaire de s'intéresser à la gestion du risque en situation dynamique et pas uniquement aux modèles de risque. La psychologie ergonomique considère l'erreur comme un élément incontournable du processus d'adaptation. La sécurité cognitive ne repose pas sur l'évitement total de l'erreur, mais sur la capacité

à la gérer dans une enveloppe de tolérance (Hoc et al., 2004). Le contrôle du risque repose alors sur deux types de routines :

- Un contrôle externe, qui a pour but de repérer les signaux indiquant un risque dans l'environnement. Cela correspond par exemple à un ajustement automatique de la vitesse lors du croisement d'un panneau de signalisation.
- Un contrôle interne, qui surveille l'activité mentale et s'active quand la charge cognitive devient trop élevée. Un conducteur surveillant son état mental peut se sentir distrait et décider de faire une pause.

Ce sont ces deux formes de contrôle qui permettent la gestion du risque en conduite. Une fois le risque perçu (au niveau interne ou externe), les mécanismes de gestion se mettent en place.

4. MOTIVATION A CHANGER SON ACTIVITE

Être capable d'identifier les ajustements nécessaires pour améliorer son activité de conduite, ainsi que les mécanismes en action lors de la gestion du risque, ne signifie pas pour autant que l'on souhaite la modifier. La question de la motivation à adopter un nouveau comportement est donc essentielle.

Le modèle transthéorique de changement (Prochaska & DiClemente, 2005) présente le changement de comportement comme un processus en cinq étapes successives, allant de la pré-contemplation (l'individu n'a pas l'intention de changer) au maintien du comportement dans le temps. Brijs et al. (2020) soulignent la complémentarité de ce modèle avec la théorie de l'autodétermination (Ryan, 1985). Dans celle-ci, les auteurs posent l'hypothèse d'un continuum de la motivation, partant de l'a-motivation jusqu'à la motivation intrinsèque, en passant par la motivation extrinsèque.

L'amotivation correspond à l'absence de motivation et donc l'absence d'intention d'agir. La motivation extrinsèque est une motivation provenant de facteurs externes qui correspond à des comportements effectués pour des raisons instrumentales (en tenant compte de récompenses ou punitions de différentes natures). Enfin, la motivation intrinsèque est une motivation intégrée, où l'individu effectue une activité par intérêt. Une corrélation est observée entre l'avancement dans le processus d'adoption d'un nouveau comportement et le changement de type de motivation (Brijs et al., 2020). En d'autres termes, plus la motivation d'un individu est intrinsèque, plus il sera avancé dans les étapes de changement et adoptera ce comportement de façon pérenne (Lassalle & Amelot, 2019).

Etudier l'adoption de nouveaux comportements à travers la théorie de l'autodétermination est donc pertinent pour concevoir un système de coaching visant la transformation de pratiques sur le long terme. Ainsi, pour créer un système amenant les personnes à modifier leurs habitudes de conduite de façon durable, il semble important de ne pas s'appuyer uniquement sur des éléments favorisant une motivation extrinsèque, mais de veiller à évoluer vers une motivation intrinsèque. Il est donc nécessaire d'identifier, lors de l'analyse de l'activité, les leviers de motivation à transformer des habitudes, particulièrement les leviers de motivation intrinsèque, mais également les freins à cette motivation, afin de les prendre en compte dans la conception du système de coaching.

Ainsi, la conception de ce système s'appuiera sur trois principes, mis en œuvre successivement comme le montre la figure 1.

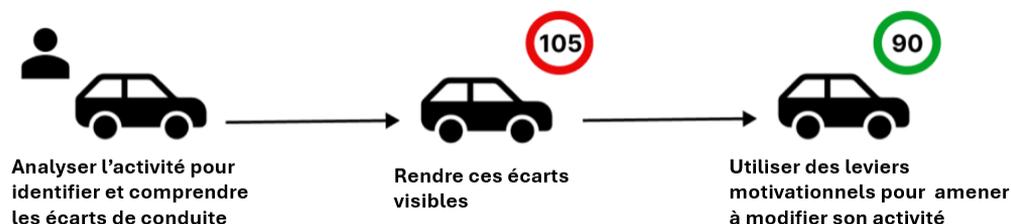


Figure 1 : Principes de conception d'un système de coaching

CONCLUSION

Le cadre théorique de la thèse est établi ; l'état de l'art sera complété et consolidé tout au long de la thèse. Cette base nous permet de mettre en place et de rédiger le protocole de la première étude.

Son objectif est l'analyse de la transformation de l'activité de conduite à l'aide d'un système de coaching. Pour cela, nous cherchons à identifier les habitudes de conduite des participants, tracer leur motivation déclarée, et constater leur évolution dans le temps. Nous aurons donc deux niveaux d'étude, l'analyse de l'activité de conduite et l'analyse de l'activité instrumentée (conduite avec le safety coach). Nous réaliserons alors une analyse longitudinale de l'activité de conduite, à partir de données recueillies en situation naturelle.

Le recrutement des participants concernera environ quinze personnes. Nous envisageons de possibles désistements au cours du temps, c'est pourquoi nous recruterons quinze personnes dans le but de disposer de données pour dix participants au minimum. Ils seront recrutés parmi les salariés de l'entreprise Renault, en excluant les collaborateurs participant aux systèmes d'aide à la conduite, sur base de volontariat. Ils devront être des conducteurs réguliers, utilisant un véhicule équipé du safety coach. Nous avons convenu d'exclure les personnes réfractaires à un projet de transformation des pratiques de conduite, afin d'éviter une possible utilisation détournée du système de coaching. Les personnes motivées et les personnes neutres face à un tel projet seront incluses.

Nous souhaitons que les participants utilisent un système de coaching (visant l'amélioration de la conduite), dans leur conduite habituelle. Au fil de l'étude, nous récolterons différentes données, pour étudier leur activité de conduite, leur utilisation du système, le processus de transformation des pratiques ainsi que la dynamique d'évolution de la motivation.

Nous prévoyons ainsi de recueillir quatre types de données durant l'étude :

- Les données issues d'entretiens très courts et réguliers, portant sur une activité de conduite récente. Ces données seront similaires à celles collectées à l'aide d'un « journal de bord » ; journal utilisé, par exemple, lors de l'étude de transformations d'habitudes chez les malades du diabète (Guerin & Zeitler, 2017).
- Les données issues de l'analyse de l'activité de conduite, permettant d'étudier les schèmes de conduite et d'utilisation du système.
- Les données recueillies lors d'entretiens de type auto-confrontation, pour comprendre l'expérience vécue du conducteur et ses motivations.
- Les données véhicules (données quantitatives), pour identifier les patterns de conduite et constater une éventuelle évolution de ces patterns.

Une évaluation de l'expérience utilisateur actuelle du safety est également prévue en début d'étude.

Le travail principal à venir consiste donc à finaliser le protocole de la première étude. Cela permettra de rédiger et de présenter le protocole final au printemps, pour le soumettre au comité éthique de l'université et ainsi commencer le recrutement des participants à la rentrée 2025.

Nous sommes également conscients de l'aspect très situé du risque, qui n'est pas suffisamment pris en compte dans le safety coach. De plus, l'aspect de sécurité pris en compte par le safety coach est uniquement la sécurité réglée, définie en majorité par le code de la route ou par le fonctionnement du véhicule. La sécurité gérée est un aspect majeur de la conduite automobile et dépend en partie du contexte. Appréhender le risque à travers l'écart à la norme défini par le safety score n'est donc pas suffisant. Comprendre la perception et la gestion du risque des conducteurs dans son ensemble, à travers la sécurité réglée et en prenant en compte l'environnement de conduite reste un des points de réflexion et de discussion en cours de la thèse. Enfin, d'autres éléments tels que les sentiments de contrôle et de confiance sont à explorer, notamment car ils influencent la perception des risques en conduite (Kouabenan et al., 2007).

BIBLIOGRAPHIE

2024_05_31_ONISR_Accidentalité_Bilan_définitif_2023_v31_maiv3.pdf. (s. d.). Consulté 21 janvier 2025, à l'adresse https://www.onisr.securite-routiere.gouv.fr/sites/default/files/2024-06/2024%2005%2031_ONISR_Accidentalit%C3%A9_Bilan_d%C3%A9finitif_2023_v31%20maiv3.pdf
Brijs, K., Brijs, T., Ross, V., Donders, E., Vanrompay, Y., Wets, G., Dirix, H., Katrakazas, C., Yannis, G., Kaiser, S., Blass, P., Senitschnig, N., Furian, G., Filtness, A., Talbot, R., Hancox, G., Pilkington-Cheney, F., Fortsakis, P., Isaias, B., ... Gaspar, C. (2020). *D3.3 Toolbox of recommended interventions to assist*

drivers in maintaining a safety tolerance zone [Report]. Loughborough University. https://repository.lboro.ac.uk/articles/report/D3_3_Toolbox_of_recommended_interventions_to_assist_drivers_in_maintaining_a_safety_tolerance_zone/13181927/1

Fuller, R. (2000). The task-capability interface model of the driving process. *Recherche - Transports - Sécurité*, 66, 47-57. [https://doi.org/10.1016/S0761-8980\(00\)90006-2](https://doi.org/10.1016/S0761-8980(00)90006-2)

Gan, W., Dao, M., & Zettsu, K. (2023). *Procedural Driving Skill Coaching from More Skilled Drivers to Safer Drivers : A Survey* (p. 18). <https://doi.org/10.1145/3592571.3592973>

Guerin, J., & Zeitler, A. (2017). Cours de vie, apprentissage et transformations d'habitudes de vie d'une malade diabétique. *Éducation et socialisation. Les Cahiers du CERFEE*, 44, Article 44. <https://doi.org/10.4000/edso.2129>

Haué, J.-B. (2003). *Conception d'interfaces grand public en terme de situations d'utilisation : Le cas du Multi-Accès*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19183.61601/1>

Haué, J.-B., Poizat, G., & Theureau, J. (2021). *Cours d'Action (Ergonomie : 150 notions clés)* (p. 219-222). <https://doi.org/10.3917/dunod.brang.2021.01.0219>

Hoc, J.-M., Amalberti, R., Cellier, J.-M., & Grosjean, V. (2004). Chapitre 2. Adaptation et gestion des risques en situation dynamique. In *Psychologie ergonomique : Tendances actuelles* (p. 15-48). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.hocj.2004.01.0015>

Kouabenan, D. R., Cadet, B., Hermand, D., & Muñoz Sastre, M. T. (2007). *Psychologie du risque*. De Boeck.

Lassalle, J., & Amelot, A. (2019). *Livrable 7.1_14b : Rappel méthodologique et Résultats de l'étude longitudinale qualitative socio-ergonomique dite étude n°8 du projet SOLENN*. [Research Report]. Université Bretagne Sud. <https://hal.science/hal-02070692>

Michie, S., Van Stralen, M. M., & West, R. (2011). The behaviour change wheel : A new method for characterising and designing behaviour change interventions. *Implementation Science*, 6(1), 42. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-6-42>

Naatanen, R., & Summala, H. (1974). A model for the role of motivational factors in drivers' decision-making. *Accident Analysis and Prevention*, 6(3-4), 243-261. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(74\)90003-7](https://doi.org/10.1016/0001-4575(74)90003-7)

Prochaska, J. O., & DiClemente, C. C. (2005). The transtheoretical approach. In *Handbook of psychotherapy integration, 2nd ed* (p. 147-171). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/med:psych/9780195165791.003.0007>

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin. <https://hal.science/hal-01017462>

Ryan, R. M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. *Springer eBooks*. https://www.academia.edu/116848922/Intrinsic_Motivation_and_Self_Determination_in_Human_Behavior

Saad, F. (1988). *Prise de risque ou non perception du danger*.

Theureau, J. (1996). Cours d'action et savoir-faire. In D. Chevallier (Éd.), *Savoir faire et pouvoir transmettre* (p. 43-60). Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Ministère de la culture. <https://doi.org/10.4000/books.editionsmsmh.3834>

Wilde, G. (1982). The Theory of Risk Homeostasis : Implications for Safety and Health. *Risk Analysis*, 2, 209-225. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1982.tb01384.x>

Optimisation d'une formation des sapeurs-pompiers aux techniques de sauvetage et d'auto-sauvetage

HAJCZAK Gaël, doctorant 2^{ème} année

Université de Lorraine, 2LPN, 54000 Nancy

gael.hajczak@univ-lorraine.fr

SAINT-DIZIER DE ALMEIDA Valérie, PU

Université de Lorraine, 2LPN, 54000 Nancy

valerie.saint-dizier@univ-lorraine.fr

MICHINOV Estelle, PU

Université de Rennes 2, LP3C, 35 000 Rennes

estelle.michinov@univ-rennes2.fr

RÉSUMÉ

La thèse est financée par la Chaire Behaviour de l'Université de Lorraine. Ce travail vise à améliorer une formation des sapeurs-pompiers de Moselle (SDIS57). Une première approche diagnostique et compréhensive a été menée lors de plusieurs sessions de formation. En effet, peu de données existent dans la littérature sur l'étude de la structuration des formations chez les sapeurs-pompiers (i.e., briefing, simulation, débriefing). Par le recueil de données diverses, l'analyse et la formalisation des résultats en collaboration avec les formateurs : nous construisons des outils réflexifs sur les pratiques pédagogiques et complétons la formation avec l'analyse des compétences techniques et non-techniques (CNT). Nous effectuerons un retour sur le terrain afin de mesurer si les outils coconstruits en focus-groupe ont amené des changements sur la qualité du débriefing de formation. Un référentiel de formation interne sera développé sur la base des résultats obtenus à l'attention des formateurs.

MOTS-CLÉS

Formation, Compétences Non-Techniques, Débriefing, Simulation, Situation à risque

1. INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE

Depuis 2022, un simulateur à haute fidélité appelé Metasss-ari (Module d'Entraînement aux Techniques d'Auto-Sauvetage et Sauvetage de Sauveteurs-Appareil Respiratoire Isolant) est installé sur le site de formation Academos qui accueille le SDIS57. Créé par des pompiers formateurs et des artisans locaux, il cherche à reproduire un milieu vicié - le sol et le plafond qui s'effondrent, des obstacles, une faible visibilité, un air non respirable. Le parcours ainsi créé par les formateurs est totalement modulable et permet de challenger les stagiaires pompiers tant au niveau technique (ex : utilisation d'une sangle), que non technique (ex : stress, conscience de la situation, communication...). Les formateurs utilisant le Metasss-ari ont conscience de traiter en débriefing quasi exclusivement des connaissances techniques nécessaires pour un déplacement sûr dans ce type d'environnement vicié. Ils souhaitent pouvoir aborder lors de ce débriefing des compétences non techniques (CNT) impactant les déplacements : la gestion du stress, la gestion de la fatigue et la conscience de la situation – en référence au référentiel CNT de Flin et al. (2008).

L'enjeu de la thèse est de développer un support de formation (un référentiel interne) intégrant le traitement des 3 CNT ciblées et qui soit utilisable par les formateurs. Pour cela, nous débutons par un diagnostic de 5 sessions de formation sélectionnées pour leur diversité. Il s'agit d'identifier les connaissances liées aux compétences techniques et non-techniques qu'ils communiquent en débriefing actuellement, les circonstances de leur accomplissement (à la suite d'une demande explicite, face à une difficulté observée...), d'identifier la nature des connaissances communiquées

(conceptuelles, procédurales, motrices) et d'apprécier si des styles pédagogiques les différencient. Sur la base des diagnostics effectués, des connaissances associées aux 3 CNT ciblées et issues de la littérature seront formalisées dans un format accessible aux formateurs et adapté à leur pratique.

2. CADRE THÉORIQUE

Dans les domaines à risque, la performance des équipes repose sur la bonne attitude et la mobilisation des compétences techniques (CT) et non-techniques (CNT) requises (Longo, Nicoletti & Padovano, 2017). Les CNT renvoient à des compétences cognitives et sociales, ainsi qu'à des ressources qui complètent les CT en contribuant à une performance sûre et efficace (Flin, O'Connor, & Crichton, 2008). Les formations aux CT et CNT mobilisent généralement des mises en pratique suivies de débriefings mobilisant des référentiels (Hayes et al., 2021). Selon leurs usages et domaines d'application, les débriefings sont dénommés de différentes façons : after-action review (armée après un combat), post fall huddle (médical après une chute), postflight checks (aviation pour la formation) ou debrief (médical, police et pompier pour la formation et après intervention) ... Ces débriefings peuvent aller du simple relevé d'erreurs techniques jusqu'à l'utilisation systématique d'une trame issue d'un modèle de débriefing (Allen et al., 2018 ; Dubois et al., 2019). En santé, de nombreux modèles de débriefings sont proposés - décrivant les étapes, questions et dispositifs pédagogiques déployables. Bracq Reminiac-Houssais (2020) met en évidence quatre phases quels que soient les modèles de débriefing : un retour sur expérience concrète, une réflexion sur l'événement vécu, une décontextualisation, un repérage d'invariants opératoires.

La qualité des débriefings peut s'évaluer au moyen de grilles d'observation (notation effectuée par des experts visionnant le débriefing) (Baliga et al., 2022 ; Bradley & Dreifuerst, 2016 ; Rivière et al., 2019). D'autres, destinés aux formés, prennent la forme de questionnaires et interrogent notamment la dimension pédagogique de la formation ; d'autres encore sont adressés aux formateurs et visent notamment à cerner leur ressenti (DASH, Policard et al., 2011). Ces grilles et questionnaires sont mobilisés dans le domaine médical (ex : « pratique clinique » dans la grille DASH) et nécessitent une adaptation pour prendre en compte les spécificités des autres populations, dont celles des sapeurs-pompiers (SP). Cette population est peu renseignée en France, hormis les travaux de Rogalski (2003). A l'international, les études sont davantage centrées sur les SP spécialisés (ex : feux de forêt). Encore moins d'informations sont disponibles sur les processus de formation ou la personnalité de ces professionnels. En revanche, la littérature traite du stress post-traumatique chez les SP (Bartlett et al., 2019) et du « stress mineur quotidien » (Larsson et al., 2016). On dispose également de travaux sur les facteurs d'efficacité en intervention (Jouanne, 2016) et d'un référentiel de leurs CNT (Butler et al., 2019). Dans le champ de métiers à risque, on considère 7 catégories de CNT (Flin, O'Connor & Crichton, 2008), à savoir : la conscience de la situation, la prise de décision, la communication, le travail d'équipe, le leadership, la gestion du stress, la gestion de la fatigue. Les CNT doivent être adaptées au métier concerné, à la tâche, à la culture (Hayes et al, 2021, p.5). L'intérêt des CNT est historiquement lié à un pan de l'accidentologie qui n'était pas expliqué par des défaillances techniques mais humaines (Helmreich et al., 2000). Cela s'est concrétisé par des formations avec simulation suivies de débriefing enrichis en CNT : les Crew Resource Management (CRM) (Salas et al., 1999, p.163).

3. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE COMPRÉHENSIVE

3.1 Recueil et traitement de données qualitatives

3.1.1 Observation de sessions de formation

Nous avons observé 16 jours de formation TASSS (Techniques d'Auto-Sauvetage et Sauvetage de Sauveteurs) sur une période de 6 mois allant du 01/02/2024 au 18/07/2024 en incluant à la fois la formation d'intégration des nouveaux SP (3 jours) et les formations de recyclage des SP déjà formés. Au cours de ces sessions, nous avons fait signer des formulaires de consentement pour pouvoir prendre des notes, compléter une grille d'observation, photographier les traces de l'activité de

formation (tableaux, fiches...), enregistrer les paroles, filmer les débriefings et exercices. L'objectif était ici de décrire l'environnement de la formation et d'accéder à une grande variété de données.

3.1.2 *Entretiens avec les formateurs*

Plusieurs entretiens individuels (N=2) et de groupe (N=2) ont été menés afin de valider nos données d'observation, outils créés, et recueillir leurs opinions au sujet de la pédagogie, des débriefings et des CNT. D'abord, nous avons utilisé des traces de l'activité en autoconfrontation en plus d'un guide d'entretien individuel contenant une question ouverte et des relances classiques. Puis, nous avons élaboré des schémas du déroulement de formation et des propositions d'adaptation de questionnaires existants que nous avons soumis aux formateurs pour amendement ou validation.

3.1.3 *Traitement des données*

Plusieurs méthodes sont mobilisées afin d'analyser finement les briefings et débriefings de formation dans notre objectif de compréhension du processus de formation et de l'expertise pédagogique des formateurs : analyse de contenu opératoire avec grille existante (Kolbe et al., 2023), analyse structuro-fonctionnelle (Roulet et al., 1991), analyse inductivo-déductive (Rogalski, 1998), analyse lexicale (logiciel IRAMUTEQ), analyse interlocutoire (Trognon & Ghiglione, 1993). L'objectif de ces méthodologies d'analyse est d'améliorer la qualité du diagnostic de l'activité des formateurs, afin de fournir un support de formation considérant les profils de formateur identifiés.

3.1 **Approche quantitative**

3.2.1 *Questionnaire d'évaluation des profils de SP*

Nous soumettons un questionnaire en ligne, composé de 4 échelles en traits validés. L'enjeu est de mieux cerner le profil des SP en dehors du cadre de la simulation et des interventions afin de guider nos apports de ressources. Le questionnaire évalue : l'anxiété (STAI-Yb), le sentiment d'auto-efficacité (GSE), la régulation émotionnelle (ERQ), et la recherche de sensation (B-SSS).

3.2.2 *Questionnaire d'évaluation du débriefing adapté aux SP*

Le questionnaire (DASH) a pour fonction de mesurer la qualité des débriefings selon les formateurs et les stagiaires. Il a été adapté au domaine des SP et soumis pour validation aux formateurs TASSS. Ce questionnaire a été testé sur quatre sessions de formation.

3.2.3 *Analyses statistiques*

Des analyses descriptives et comparatives seront effectuées pour repérer les effets des changements effectués sur les briefings et débriefings (changements introduits par le partage des résultats du diagnostic et les ressources en phase test). Le logiciel JAMOVI est utilisé.

4. **TRAVAIL RÉALISÉ ET EN COURS**

4.1 **Étude diagnostique des débriefings de formation TASSS (travail réalisé et en cours)**

La phase de recueil des données et le codage pour l'étude diagnostique des briefings et débriefings de formation TASSS est terminée. L'analyse est actuellement en cours.

De nos premiers résultats, il ressort :

- qu'il n'existe pas une seule forme de débriefing (constaté sur 15 débriefings post simulation). Cette diversité se traduit notamment à travers la nature des comportements produits par les formateurs qui reflète des stratégies pédagogiques différenciées déjà identifiées en entretiens (ex : répondre en direct à chaque point soulevé par un stagiaire SP ou le laisser s'exprimer au maximum avant de répondre).
- qu'en revanche, le déroulement de la formation TASSS reste inchangé et peut se formaliser comme suit (formalisation approuvée par les formateurs) :

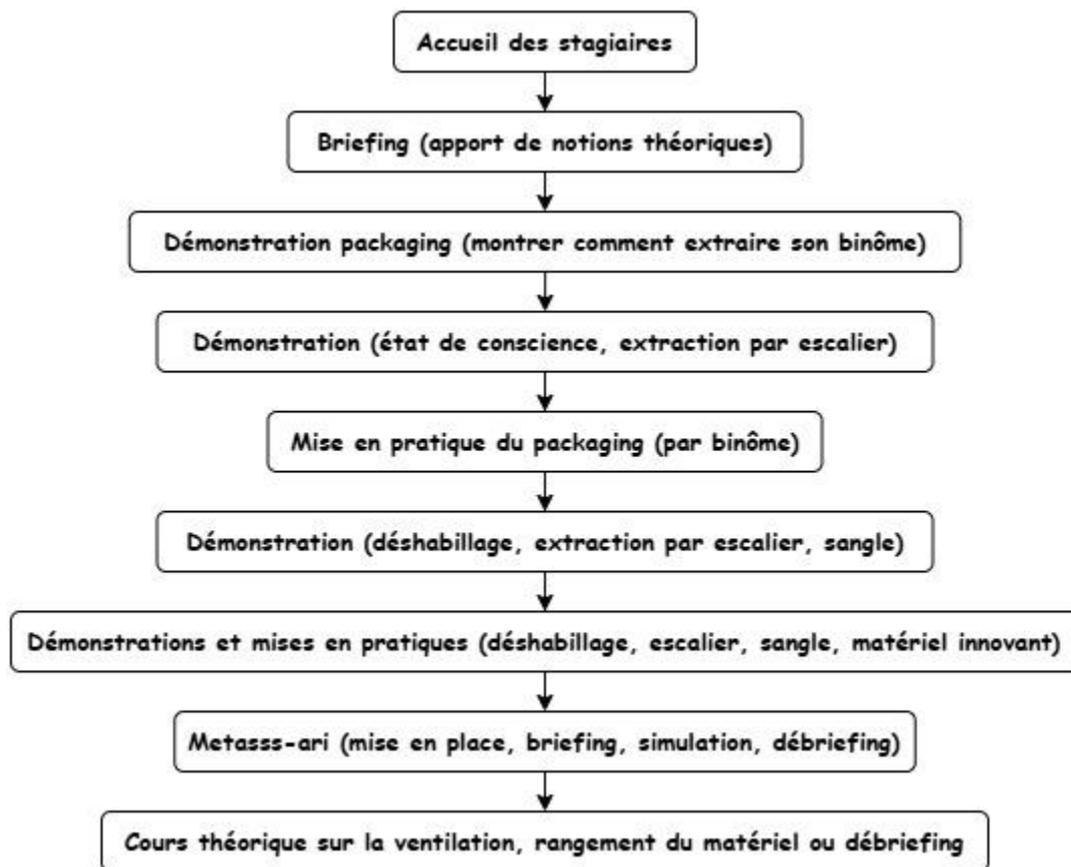


Schéma global de la formation TASSS incluant la simulation Metass-ari validé par les formateurs TASSS (2024)

- des invariants sont également observés : le briefing montre que certaines notions théoriques sont systématiquement abordées, notamment les acronymes censés guider les interventions TASSS (ex : AAALERTER, NELAR, mayday).
- le débriefing est de format plutôt court (~14 minutes) par rapport aux simulations (~25 minutes), peu instrumenté (tableau et fiche avec acronyme technique), peu cadré (ne suit pas de trame précise ou objectifs annoncés), orienté compétences techniques et motrices. Contrairement aux traces laissées sur le tableau utilisé en simulation, le débriefing ne suit pas un ordre chronologique mais un ordre par difficulté exprimée (conscientiser les obstacles et gérer la pression d'être bloqué).
- le style de leadership mobilisé par les formateurs est plutôt démocratique (constaté par analyse hiérarchique, langage et attitudes témoignant d'une relation a-didactique). Ils laissent aux stagiaires le contrôle des sujets qu'ils veulent aborder et font des apports théoriques et pratiques à ces occasions. La démonstration par les gestes du corps a un rôle majeur dans ces débriefings.
- la population interrogée des SP est peu anxieuse, se sent moyennement efficace, régule fortement ses émotions et recherche moins les stimulations sensorielles avec l'âge. Les outils en préparation mentale et régulation émotionnelle ne sont donc pas une ressource prioritaire à développer. Par ailleurs, le débriefing est jugé de bonne qualité mais les formateurs se jugent plus sévèrement que les stagiaires (0.9 point de différence passant de « bon » à « très bon »).

4.2 Étude de l'impact des changements du débriefing de formation TASSS (travail futur)

Sur la base des données produites lors de l'étude diagnostique, nous organiserons un focus-groupe avec les formateurs TASSS et utiliserons comme objets intermédiaires (objets à enrichir) : les résultats de l'étude diagnostique et des propositions de supports de formation enrichis de connaissances sur les 3 CNT ciblées : conscience de la situation, gestion du stress et de la fatigue.

Les effets des changements induits par ces ressources co-construites et mobilisées en formation seront mesurées à nouveau par passation du questionnaire d'évaluation des débriefing (DASH) afin d'évaluer de manière similaire les débriefings. Les débriefings et briefings de formation seront également enregistrés lors de futures sessions afin de voir comment sont mobilisées ces ressources et analysées avec les mêmes méthodes qu'en phase diagnostique. Enfin, des entretiens ultérieurs et ajustements seront effectués afin que l'usage des ressources convienne au mieux et se pérennise au-delà de la thèse. Dans cette prolongation, le référentiel interne fera partie des ressources co-construites en focus-groupe avec les formateurs.

5. DISCUSSION

Cette simulation s'insère à la fin des formations TASSS (Techniques d'Auto-Sauvetage et Sauvetage de Sauveteurs) et se poursuit par un débriefing permettant de fixer l'expérience de simulation et l'enrichir. En effet, selon Chi & Wylie (2014), plus un apprenant est impliqué activement dans le processus de débriefing (faire et parler plutôt que simplement regarder et écouter), plus il développera son apprentissage. Le débriefing est ainsi un « moment clé d'une simulation » (Bracq Reminiac-Houssais, 2020), qui permet des feedbacks sur les performances (Lefroy et al., 2015) et favorise l'apprentissage (Villado & Arthur, 2013).

Nous nous centrons sur la question suivante : comment enrichir le débriefing de formation TASSS habituellement axé sur les CT avec trois CNT ? – ceci est singulier au vu de la littérature où habituellement les debriefings traitent de CT ou CNT, mais pas des deux (Morélot, 2024).

Des limites sont à noter quant à la disponibilité du terrain de formation qui diminue le nombre de données collectées. En effet, les formations n'ont pas lieu toute l'année et l'activité de formateur pompier se fait en parallèle des autres activités de service. De la même manière, peu de SP ont rempli le questionnaire en ligne mesurant les profils de personnalité ciblés. Ne visant pas la généralisation des données, ces limites n'empêchent pas notre objectif de compréhension du terrain qui mise principalement sur l'interaction avec les formateurs. Des résultats déjà prometteurs sur la qualité du débriefing et ses possibilités d'amélioration permettent d'envisager une suite des travaux de thèse mobilisant les méthodologies de l'ergonomie participative.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Allen, J. A., Reiter-Palmon, R., Crowe, J., & Scott, C. (2018). Debriefs: Teams learning from doing in context: *American Psychologist*, *73*(4), 504-516.
- Baliga, K., Coggins, A., Warburton, S., Mathias, D., Yamada, N. K., Fuerch, J. H., & Halamek, L. P. (2022). Pilot study of the DART tool—An objective healthcare simulation debriefing assessment instrument. *BMC Medical Education*, *22*(1), 636.
- Bartlett, B. A., Gallagher, M. W., Tran, J. K., & Vujanovic, A. A. (2019). Military veteran status and posttraumatic stress disorder symptomatology among urban firefighters: The moderating role of emotion regulation difficulties. *Journal of Nervous and Mental Disease*, *207*(4), 224-231.
- Bracq Reminiac-Houssais, M.-S. (2020). *Évaluation des compétences non-techniques des infirmières de bloc opératoire dans un environnement d'apprentissage virtuel et collaboratif* [thèse de doctorat, Université Rennes 2].
- Bradley, C. S., & Dreifuerst, K. T. (2016). Pilot Testing the Debriefing for Meaningful Learning Evaluation Scale. *Clinical Simulation in Nursing*, *12*(7), 277-280.
- Butler, P. C., Honey, R. C., & Cohen-Hatton, S. R. (2019). Development of a behavioural marker system for incident command in the UK fire and rescue service: THINCS. *Cognition, Technology & Work*, *22*(1), 1-12.

- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist, 49*(4), 219-243.
- Dubois, L.-A., Bocquillon, M., Romanus, C., & Derobertmeasure, A. (2019). Use of a Common Model of Reflexivity for the Analysis of Post-Simulation Debriefings Organized in the Initial Training of Future Police Officers, Midwives and Teachers. *TRAVAIL HUMAIN, 82*(3), 213-251.
- Flin, R., Martin, L., Goeters, K.-M., Hörmann, H.-J., Amalberti, R., Valot, C., & Nijhuis, H. (2003). Development of the NOTECHS (non-technical skills) system for assessing pilots' CRM skills. *Human Factors and Aerospace Safety, 3*(2), 97-119.
- Flin, R., O'Connor, P., Crichton, M. (2008). *Safety at the sharp end, a guide to nontechnical skills*. Farnham: Ashgate Publishing Limited.
- Hayes, P., Bearman, C., Butler, P., & Owen, C. (2021). Non-technical skills for emergency incident management teams: A literature review. *Journal of Contingencies and Crisis Management, 29*(2), 185-203.
- Helmreich, R., & Merritt, A. (2000). Safety and error management: The role of crew resource management. In B. Hayward & A. Lowe (Éds.), *AVIATION RESOURCE MANAGEMENT, VOL 1* (pp. 107-119). ASHGATE PUBLISHING LTD.
- Jouanne, E. (2016). *Gestion de crise chez les Sapeurs-Pompier : déterminants socio-cognitifs de l'efficacité des équipes*. [thèse de doctorat, Université Bretagne Sud]. HAL.
- Kolbe, M., Grande, B., Lehmann-Willenbrock, N., & Seelandt, J. C. (2023). Helping healthcare teams to debrief effectively: Associations of debriefers' actions and participants' reflections during team debriefings. *BMJ Quality & Safety, 32*(3), 160-172.
- Larsson, G., Berglund, A. K., & Ohlsson, A. (2016). Daily hassles, their antecedents and outcomes among professional first responders: A systematic literature review. *Scandinavian Journal of Psychology, 57*(4), 359-367.
- Lefroy, J., Watling, C., Teunissen, P. W., & Brand, P. (2015). Guidelines: The do's, don'ts and don't knows of feedback for clinical education. *Perspectives on Medical Education, 4*(6), 284-299
- Longo, F., Nicoletti, L., & Padovano, A. (2017). Smart operators in industry 4.0: A human-centered approach to enhance operators' capabilities and competencies within the new smart factory context. *Computers & Industrial Engineering, 113*, 144-159.
- Morélot, S. (2024). *Développement d'une méthode de conception d'un outil de formation en réalité virtuelle pour la formation à l'intervention sur des incendies d'industrie à risque : prendre en compte les besoins des formateurs et des formés*. [thèse de doctorat, Université de Bordeaux] INSERM.
- Policard, F. (2015). Optimiser le débriefing d'une séance de simulation en santé. *SOiNS CADRES, 94*, 51-54.
- Rivière, E., Aubin, E., Tremblay, S.-L., Lortie, G., & Chiniara, G. (2019). A new tool for assessing short debriefings after immersive simulation: Validity of the SHORT scale. *BMC Medical Education, 19*(1), 82.
- Rogalski J. (2003). Aspects cognitifs, organisationnels et temporels du traitement professionnel du risque (Sapeurs-Pompiers de la sécurité civile). In D.-R. Kouabenan et M. Dubois (éd.), *Les risques professionnels : évolutions des approches, nouvelles perspectives*. Toulouse, Octarès.
- Rogalski, J. (1998). Concepts et méthodes d'analyse des processus de coopération dans la gestion collective d'environnements dynamiques. In K. Kostulski & A. Trognon (Eds.), *Communications interactives dans les groupes de travail* (pp. 27-58). Presses Universitaires de Nancy.
- Roulet, E. (1991). Vers une approche modulaire de l'analyse du discours. *Cahiers de linguistique française, 12*, 53-81.
- Salas, E., Prince, C., Bowers, C., Stout, R., Oser, R., & Cannon-Powers, J. (1999). A methodology for enhancing crew resource management training. *HUMAN FACTORS, 41*(1), 161-172.
- Trognon, A., & Ghiglione, R. (1993). *Où va la pragmatique ? : De la pragmatique à la psychologie sociale*. Presses universitaires de Grenoble.
- Villado, A. J., & Arthur Jr., W. (2013). The comparative effect of subjective and objective after-action reviews on team performance on a complex task. *Journal of Applied Psychology, 98*(3), 514-528.

Défi de l'adoption des outils innovants en pédagogie médicale : L'analyse d'un processus de conception d'un simulateur numérique

Fadela MERABET

116 rue du mont d'Arène 51100 Reims

Fadella.merabet@gmail.com

CABON Philippe philippe.cabon@u-paris.fr, **MICHELET Daphné** dmichelet@chu-reims.fr, **CHIZALLET Marie** marie.chizallet@u-paris.fr

RÉSUMÉ

L'étude en cours présentée ici porte sur le processus de conception collaborative d'outils innovants en pédagogie médicale, plus précisément d'un simulateur numérique. L'objectif est d'identifier dans les processus de conception élargis, depuis les étapes préliminaires jusqu'à leur réception, les éléments qui permettent de comprendre pourquoi, à ce jour, ces outils, bien que techniquement aboutis, puissent être sous utilisés. En mobilisant des méthodologies qualitatives (entretiens exploratoires et rétrospectifs), l'étude vise à comprendre les écarts de conception, mais également les prérequis nécessaires à l'adoption d'un outil innovant dans un contexte de pédagogie médicale. Les résultats permettront d'éclairer la dynamique d'un processus de conception d'un simulateur numérique, le travail dans lequel cette étude s'inscrit ayant pour objectif de dégager des axes de bonnes pratiques pour la conception des futurs simulateurs, en tenant compte des dynamiques collaboratives et des besoins des utilisateurs finaux, dans le contexte spécifique des études de santé.

MOTS-CLÉS

Conception collaborative ; écart de conception ; simulation numérique ; analyse diachronique.

1. INTRODUCTION

Dans le domaine des études en santé, la digitalisation des apprentissages s'accroît, elle apparaît également comme une solution rapide et efficace face au besoin croissant de professionnels de santé et au manque de ressources humaines pour les former.

Dans ce contexte, nous nous intéressons aux processus de conception collaborative de simulateurs numériques en pédagogie médicale.

Le terme de simulateur numérique, parfois appelé jeu sérieux, désigne ici "l'utilisation de modèles informatiques pour reproduire des processus biologiques, physiologiques, médicaux ou humains, permettant aux professionnels de santé et aux étudiants de s'entraîner et d'améliorer leurs compétences dans un environnement virtuel sécurisé." (Gaba, 2004). Les simulateurs numériques constituent une des des cinq formes de simulation (Ziv et al., 2003), et correspondent à un logiciel ne nécessitant pas d'outils autres que l'ordinateur, la tablette ou le téléphone sur lequel il est déployé.

De nombreuses études ont montré l'importance des simulateurs numériques dans la gestion des risques pour la sécurité du patient (e.g. Flandin, Vidal-Gomel & Becerril 2022), mais aussi dans la qualité de la communication empathique (e.g. Jaffrelot & Pelaccia, 2016). Ils apparaissent être au moins aussi efficaces qu'un enseignement traditionnel et dans de nombreuses études plus efficaces pour l'amélioration des connaissances, compétences et en termes de satisfaction des apprenants (Michelet, 2020).

Dans un état des lieux de l'emploi de ces simulateurs pour la formation des professionnels de santé en France en 2019, 70% des centres interrogés déclarent que les simulateurs numériques utilisés sont totalement intégrés au cursus de formation. Cependant, le nombre d'utilisateurs par an est compris entre 10 et 50 par centre, ce qui ne représente qu'une fraction des effectifs d'un pôle santé (par exemple, une promotion de 5e année de médecine à Reims compte 275 étudiants).

Le projet de recherche dans lequel s'inscrit cette communication, vise à mieux comprendre pourquoi les outils développés dans ce domaine, même lorsqu'ils sont techniquement aboutis, restent souvent sous-utilisés voire non-utilisés.

Cette contribution s'inscrit dans la continuité des travaux sur la conception collaborative (Barcellini, 2015; Béguin & Cerf, 2004; Daniellou, 1992), qui ont exploré la notion de travail collectif de conception dans ses dimensions productives et constructives d'une part, et des travaux portant sur la dynamique de groupe au travail et les biais cognitifs liés à la remémoration dudit travail par les travailleurs d'autre part (Buchmann, 2013; Chizallet, 2019; Clot, 1999; Vermersch, 1994). Notre étude vise à approfondir cette réflexion en proposant une approche interdisciplinaire, centrée sur un aspect peu exploré qui est la reconstitution d'une activité passée pour une analyse diachronique de l'activité de conception d'un simulateur. Elle se situe également dans le prolongement des recherches en ergonomie de l'organisation, qui considèrent la conception comme un processus situé, influencé par des dynamiques sociales, politiques et institutionnelles (Béguin, 2007; Béguin & Rabardel, 2000; Daniellou, 1992).

En cherchant à identifier et comprendre les éléments significatifs du processus de conception d'un tel outil, nous espérons offrir une meilleure compréhension théorique des champs explorés, ainsi que des solutions pratiques pour permettre la création de simulateurs numériques plus adaptés aux besoins réels des études en santé en France.

Le travail exposé dans cette communication fait partie d'un projet de thèse doctorale qui a débuté par un questionnaire national d'état des lieux sur la conception, l'usage et l'adoption des simulateurs numériques en France. La suite du projet consiste en l'analyse de deux processus :

Une analyse en temps réel de l'activité de conception collaborative d'un simulateur innovant de communication, ayant recours à une intelligence artificielle générative.

Une analyse diachronique du processus de conception collaborative d'un simulateur numérique de raisonnement clinique, qui a achevé toutes les étapes de son cycle de vie : conception, mise sur le marché, obsolescence.

Cette communication se concentrera exclusivement sur le dernier point, à savoir l'analyse diachronique d'un simulateur de raisonnement clinique. Les données étant en cours de collecte, les résultats et discussions seront exposés selon leur état d'avancement lors de la communication.

2. PROBLEMATIQUE

Le domaine de la conception collaborative dans le développement de logiciels a connu plusieurs avancées dans la compréhension des facteurs de succès des projets (e.g. Bastien & Scapin, 2004; Pinsky & Theureau, 1992), mais des lacunes subsistent, notamment concernant les raisons pour lesquelles certains logiciels, bien que techniquement aboutis, échouent à être adoptés ou utilisés efficacement. Les travaux de chercheurs comme Darses & Falzon (1994), Détienne (1996), ou encore Daniellou (1992), ont largement exploré les processus de conception réussis, peu de recherches ont été menées sur les processus de conception de logiciels qui, malgré une réalisation technique réussie, ne parviennent pas à atteindre leurs objectifs d'usage. Cette lacune est d'autant plus présente dans le domaine de la conception de simulateurs en santé, puisque les données concernant leur implémentation sont elles-mêmes rares. Cette présentation se concentre sur l'étude diachronique d'un simulateur qui n'a pas été adopté.

3. CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE

La longueur maximale des textes est de 6 pages.

3.1 Positionnement théorique

Le cadre théorique des approches diachroniques en ergonomie s'inscrit principalement dans le paradigme de la théorie de l'activité (p.ex. Leontiev, 1978; Vygotski, 1978) . Ces méthodes "mettent l'accent sur les processus et les évolutions qui caractérisent les faits analysés et les définissent comme des objets inscrits dans la durée" (Hélaridot et al., 2019) Elles ont également l'avantage de nous permettre de choisir, dans le cadre d'un processus de conception, de s'intéresser à ceux dont l'utilisation, l'aboutissement, le sort de l'outil créé nous interroge, à posteriori. Cette approche a donc le double intérêt de nous permettre de nous pencher sur des processus significatifs, et de les considérer dans leur "dimension processuelle" (Hélaridot et al., 2019).

Toujours dans le cadre de l'analyse de l'activité, l'approche socio-cognitive de la conception propose de considérer un processus de conception comme "un processus social de négociation entre différents points de vue, représentations ou disciplines" (Le Bail et al., 2023). Elle met ainsi en lumière l'importance des interactions sociales, de la collaboration et de la construction collaborative de connaissances pour favoriser la compréhension des problèmes de conception, l'exploration des solutions, l'évaluation des propositions et la confrontation des idées (Darses, 2009).

L'analyse d'un processus de conception passé nécessite une variation des outils classiques de l'ergonome, afin de nous permettre de collecter les données visées tout en prenant en compte le facteur temporel. Une telle méthodologie a notamment été explorée dans les travaux de F. Barcellini (2008), W. Buchmann (2013) ainsi que M. Chizallet (2019). Ces méthodes incluent des entretiens rétrospectifs orientés sur les pratiques collaboratives et des analyses diachroniques, qui permettent de reconstituer les trajectoires des outils, depuis une vision initiale de l'objet de conception, jusqu'à sa réalisation finale, leur réception et leur usage (ou non-usage).

Cette méthodologie nous permet d'extraire les éléments cruciaux liés aux dynamiques collaboratives, aux tensions entre les attentes des utilisateurs et les objectifs des concepteurs, mais également aux facteurs contextuels qui influencent l'intégration effective des outils pédagogiques innovants, en ayant l'avantage d'avoir, pour l'outil déjà conçu, accès également aux données d'utilisation.

Dans ce document, nous nous concentrerons donc sur la collecte puis l'analyse du processus de conception d'un simulateur numérique de raisonnement clinique qui a achevé tout son cycle de vie. L'historicisation et la prise en compte de l'activité dans une temporalité longue, telle qu'elle est envisagée dans les approches diachroniques de l'ergonomie de l'activité, nous semble tout à fait pertinente. Ceci d'autant plus que nous nous intéressons à un processus de conception finalisé, dont nous connaissons l'usage et l'adoption. Nous allons dans la suite de ce document nous concentrer sur la méthodologie retenue avec les apports théoriques, les limites qu'on y trouve, l'idée étant de commencer à dégager la spécificité d'une méthodologie d'analyse de l'activité à posteriori, dans un domaine à l'évolution rapide et difficile à anticiper qu'est l'innovation numérique en pédagogie.

3.2 Objectifs

Le titre, les noms d'auteurs ainsi que les affiliations doivent être centrés. Notre méthodologie de recueil des données cherche à extraire les informations suivantes :

- Les rôles effectifs des concepteurs et leur évolution au cours du processus de conception : à différencier du rôle prescrit, il s'agit du ou des rôles dont un même concepteur fait l'expérience à différents moments du processus de conception, tels qu'observés une fois l'action finie (Oberlé, 1995).
- Le(s) rôle(s) prescrit(s) de chaque concepteur et l'évolution au cours du processus de conception.
- Le statut de chaque concepteur (formation), son rapport avec son rôle prescrit

- Les attendus au début, pendant et après la conception, et l'écart de conception tel que perçu par chacun des concepteurs.
- La dynamique de groupe qui s'est instaurée, et les influences internes et externes (organisationnelles, institutionnelles, du système, etc.)

3.2.1 *Étapes méthodologiques :*

Nous avons débuté par un entretien exploratoire avec le concepteur principal :

L'objectif des premières questions était de comprendre le parcours personnel du concepteur et d'identifier les éléments fondamentaux qui ont conduit à la conception du simulateur. Cet entretien a permis de recueillir des informations générales sur le projet et d'amorcer un premier dialogue autour des choix de conception, des objectifs initiaux et du processus de développement du simulateur.

Entretiens suivants : Après avoir explicité l'activité prescrite, nous essayerons de convoquer l'activité (Clot, 2006; Van Belleghem, 2016), dans son versant subjectif et à travers les mémoires de chacun des concepteurs séparément. Ces derniers seront davantage centrés sur le déroulement de l'activité de conception, c'est-à-dire sur la mise en lumière des pratiques concrètes et des ajustements réalisés, ainsi que les rôles effectifs de la personne interrogée, et de son souvenir des rôles tenus par les autres concepteurs. En reprenant les éléments pratiques et organisationnels, nous tenterons d'amener les concepteurs à aborder les défis rencontrés, et les écarts entre ce qui était prévu et ce qui a été effectivement réalisé, et la transformation au cours de la conception de ces éléments.

Nous espérons pouvoir réunir l'équipe afin de rendre compte de l'activité collective que nous avons rassemblées à travers les entretiens individuels, et procéderons à une auto confrontation de groupe. Sera également abordée la question du contexte économique et politique de l'activité de chacun, cette dernière ayant émergé de façon naturelle au cours des entretiens exploratoires.

3.2.2 *Limites méthodologiques :*

Puisque le recueil de données pour cette partie se fera principalement à travers des entretiens semi-directifs, les biais cognitifs spécifiques, liés à l'action de remémoration de l'activité, seront inévitables (Clot, 2006; Hoc & Darses, 2015). Ceux que nous pouvons anticiper comprennent :

Les biais de mémoire sélective : Les participants retiennent plus facilement les événements marquants ou émotionnels, tandis que les moments routiniers ou négatifs peuvent être oubliés.

Biais de reconstruction narrative : Les participants ont tendance à organiser leurs souvenirs en récits cohérents, parfois en modifiant ou simplifiant les faits pour qu'ils s'adaptent à une structure logique.

Biais rétrospectif : Ils peuvent percevoir les événements passés à travers le prisme de leur état ou situation actuelle, influençant ainsi leur interprétation. Ce biais risque d'être d'autant plus présent que le simulateur évoqué connaît une obsolescence anticipée.

3.2.3 *Ajustements méthodologiques:*

Afin de minimiser l'impact de ces biais cognitifs, certains ajustements méthodologiques peuvent s'avérer aidants, s'inspirant de la méthodologie de l'entretien d'explicitation (Vermersch, 1994) :

- Des questions spécifiques et non suggestives : des questions ouvertes, mais précises pour éviter de guider les réponses vers une interprétation préconçue.

- Recours aux jalons temporels : aider les participants à structurer leur récit autour de points temporels concrets (événements organisationnels, étapes de développement) pour ancrer leurs souvenirs dans des faits vérifiables.

- Approche fragmentée : Plutôt que de demander une narration linéaire, nous poserons des questions indépendantes sur différents moments de conceptions, ainsi que sur différents aspects d'un même événement pour obtenir des détails complémentaires.

- Des relances préparées à l'avance dans le carnet d'entretien, qui contraignent à l'ici et maintenant de l'expérience vécue (S. Adélé), afin d'éviter les interprétations, les analyses, et la généralisation (par exemple : est-ce que ça se passe souvent comme ça, que pensez-vous qu'il s'est passé ? Etc.)

-Les techniques d'autoconfrontation : permettre aux participants de se confronter à leur propre activité afin de les aider à prendre conscience de leurs actions, décisions et interactions, et de réfléchir sur leurs pratiques (Clot & Faïta, 2000; Faïta & Vieira, 2003; Theureau, 2010). Les techniques d'autoconfrontation se font le plus souvent à l'aide d'enregistrements vidéo ou audio du travail analysé. Pour cette partie de notre recherche, il s'agira plutôt de confronter les concepteurs aux différents artéfacts que nous aurons pu nous procurer, mais aussi dans un second temps au récit commun que nous aurons reconstitué.

-La triangulation des données : méthode utilisée en recherche qualitative pour augmenter la crédibilité et la validité des résultats (Denzin, 1978; Fusch et al., 2018). Dans notre cas, il s'agira de croiser les différents récits entre eux, et avec les artéfacts recueillis.

4. CONCLUSION

En s'appuyant sur des méthodologies qualitatives telles que les entretiens exploratoires et rétrospectifs, l'objectif de cette recherche est de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents à la conception de simulateurs numériques, en particulier ceux qui, bien qu'aboutis technologiquement, ne rencontrent pas les attentes des utilisateurs.

Bien que les données n'aient pas encore été entièrement recueillies, les éléments préliminaires soulèvent des questionnements sur les écarts entre la conception et l'utilisation réelle, avec un focus particulier sur la notion d'adoption et le lien avec le contexte social, économique et organisationnel dans lequel adviennent les conceptions auxquelles on s'intéresse (ici les universités de santé). Les premières étapes permettront d'examiner ces processus de manière approfondie et d'identifier des points de friction dans la collaboration des concepteurs et des utilisateurs, ainsi que l'apparition et le développement de l'écart de conception.

À terme, cette étude vise à enrichir les modèles ergonomiques d'analyse de la conception en réponse aux nouveaux enjeux technologiques dans le domaine de la pédagogie médicale, tout en explorant des approches méthodologiques innovantes adaptées à ces défis. Elle pourrait offrir des perspectives intéressantes pour ajuster les pratiques de conception de simulateurs et proposer des recommandations pratiques pour la conception d'outils plus adaptés et adoptés.

5. BIBLIOGRAPHIE

- Barcellini, F. (2015). Développer des interventions capacitanes en conduite du changement. Comprendre le travail collectif de conception, agir sur la conception collective du travail. [Thesis, Université de Bordeaux]. <https://theses.hal.science/tel-01150586>
- Bastien, C., & Scapin, D. (2004). 27. La conception de logiciels interactifs centrée sur l'utilisateur : Étapes et méthodes. In *Ergonomie* (p. 451-462). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0451>
- Béguin, P. (2007). Innovation et cadre sociocognitif des interactions concepteurs-opérateurs : Une approche développementale. *Le travail humain*, 70(4), 369-390. <https://doi.org/10.3917/th.704.0369>
- Béguin, P., & Cerf, M. (2004). Formes et enjeux de l'analyse de l'activité pour la conception des systèmes de travail. *Activités*, 01(1), Article 1. <https://doi.org/10.4000/activites.1156>
- Béguin, P., & Rabardel, P. (2000). Concevoir pour les activités instrumentées. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 14, 35-54.
- Bianié, A., Sami, R., Guillaume, D., & Dan, B. (2020). Rapport d'enquête SoFraSimS.
- Buchmann, W. (2013). Thèse Willy Buchmann—Approche diachronique des TMS.
- Chizallet, M. (2019). Comprendre le processus de conception d'un système de travail dans l'indivisibilité du temps : Le cas d'agriculteurs en transition agroécologique [Phdthesis, Conservatoire national des arts et métiers - CNAM]. <https://doi.org/10/document>
- Clot, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail*. PUF.
- Clot, Y. (2006). *La fonction psychologique du travail*. <https://doi.org/10.3917/puf.clot.2006.01>
- Clot, Y., & Faïta, D. (2000). *Genres et styles en analyse du travail Concepts et méthodes*.

- Daniellou, F. (1992). Le statut de la pratique et des connaissances dans l'intervention ergonomique de conception—François Daniellou [Université Bordeaux II, Laboratoire d'ergonomie des systèmes complexes]. <https://www.mollat.com/livres/1436692/francois-daniellou-le-statut-de-la-pratique-et-des-connaissances-dans-l-intervention-ergonomique-de-conception>
- Darses, F. (2009). Résolution collective des problèmes de conception. *Le travail humain*, 72(1), 43-59. <https://doi.org/10.3917/th.721.0043>
- Darses, F., & Falzon, P. (1994). LA CONCEPTION COLLECTIVE : UNE APPROCHE DE L'ERGONOMIE COGNITIVE. Séminaire du GDR CNRS FROG « Coopération et Conception », Toulouse.
- Denzin, N. K. (1978). Triangulation : A Case for Methodological Evaluation and Combination.: Vol. *Sociological Methods*, 339-357.
- Détienne, F. (1996). La conception et réutilisation de logiciels : L'approche de l'ergonomie cognitive [Report, INRIA]. <https://inria.hal.science/inria-00073790>
- Faïta, D., & Vieira, M. (2003). Réflexions méthodologiques sur l'autoconfrontation croisée. *DELTA: Documentação de Estudos em Lingüística Teórica e Aplicada*, 19, 123-154. <https://doi.org/10.1590/S0102-44502003000100005>
- Flandin, S., Vidal-Gomel, C., & Becerril Ortega, R. (Éds.). (2022). *Simulation Training through the Lens of Experience and Activity Analysis : Healthcare, Victim Rescue and Population Protection* (Vol. 30). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-89567-9>
- Fusch, P., Fusch, G., & Ness, L. (2018). Denzin's Paradigm Shift : Revisiting Triangulation in Qualitative Research. *Journal of Social Change*, 10. <https://doi.org/10.5590/JOSC.2018.10.1.02>
- Gaba, D. M. (2004). The future vision of simulation in health care. *BMJ Quality & Safety*, 13(suppl 1), i2-i10. <https://doi.org/10.1136/qshc.2004.009878>
- Hélaridot, V., Gaudart, C., & Volkoff, S. (2019). La prise en compte des dimensions temporelles pour l'analyse des liens santé-travail : Voyages en diachronie. *Sciences sociales et santé*, 37(4), 73-97. <https://doi.org/10.1684/sss.2019.0157>
- Hoc, J.-M., & Darses, F. (2015). *Psychologie ergonomique : Tendances actuelles*. Humensis.
- Jaffrelot, M., & Pelaccia, T. (2016). La simulation en santé : Principes, outils, impacts et implications pour la formation des enseignants. *Recherche et formation*, 82, Article 82. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.2658>
- Le Bail, C., Prost, M., & Chizallet, M. (2023). Soutenir la conception collaborative de nouveaux objets de travail qui participent au développement durable : Le cas d'un collectif d'enseignants-chercheurs en Sciences du Sport. *Activités*, 20-2, Article 20-2. <https://doi.org/10.4000/activites.8895>
- Michelet, D. (2020). Mobilisation et entraînement des compétences non-techniques lors de situations médicales critiques : Apports des simulateurs numériques en environnements virtuels [These de doctorat, Université Paris Cité]. <https://www.theses.fr/2020UNIP5095>
- Nendaz, M., Charlin, B., Leblanc, V., & Bordage, G. (2005). Le raisonnement clinique : Données issues de la recherche et implications pour l'enseignement. *Pédagogie Médicale*, 6(4), 235-254. <https://doi.org/10.1051/pmed:2005028>
- Oberlé, D. (1995). L'approche interactionniste des rôles. In G. Mugny, D. Oberlé, J-L. Beauvois (Coords) *Relations humaines, groupes et influence sociale*. (Grenoble, France : PUG, collection La psychologie sociale. pp101-110.).
- Pinsky, L., & Theureau, J. (1992). PARADOXE DE L'ERGONOMIE DE CONCEPTION ET LOGICIEL INFORMATIQUE.
- Theureau, J. (2010). Les entretiens d'autoconfrontation et de remise en situation par les traces matérielles et le programme de recherche « cours d'action ». *Revue d'anthropologie des connaissances*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.3917/rac.010.0287>
- Van Belleghem, L. (2016). Eliciting activity : A method of analysis at the service of discussion. *Le Travail Humain*, 79(3), 285-305.
- Vermersch, P. (1994). L'entretien d'explicitation en formation initiale et en formation continue. (ESF, Vol. 22). *Revue des sciences de l'éducation*.

Ziv, A., Wolpe, P. R., Small, S. D., & Glick, S. (2003). Simulation-Based Medical Education : An Ethical Imperative. *Academic Medicine*, 78(8), 783.

Utilité et acceptabilité d'un jeu sérieux pour l'entraînement post-appareillage de l'enfant malentendant

Maëlys Le Magadou

TECFA, Université de Genève, Suisse

maelys.lemagadou@unige.ch

Mireille Bétrancourt

TECFA, Université de Genève, Suisse

mireille.betrancourt@unige.ch

Angélica Perez-Fornos

CURIC, Hôpitaux Universitaires de Genève, Suisse

angelica.perez-fornos@hug.ch

RÉSUMÉ

La thèse présentée porte sur la conception et l'évaluation de solutions numériques pour l'entraînement post-appareillage de personnes malentendantes. Chez l'enfant malentendant appareillé, l'acquisition du langage constitue un réel défi. Les bénéfices des aides auditives et du suivi logopédique¹ nécessitent d'être complétés par des stimulations auditives adéquates et des incitations à vocaliser, impliquant grandement les parents. Afin de soutenir les familles, le jeu *FunSpeech* a été conçu selon une démarche centrée humain. Ce jeu encourage l'initiative vocale via six activités réagissant aux sons de la voix. Cet article présente les principes de conception du jeu et le protocole individuel quasi-expérimental en évaluant l'acceptabilité auprès des familles et le potentiel pour le développement du langage. Bien que plusieurs enfants maîtrisaient davantage leur voix après l'entraînement avec *FunSpeech*, l'acceptabilité parentale du jeu est compromise par une faible utilité perçue. Des perspectives sont évoquées.

MOTS-CLÉS

Acceptabilité, langage, surdité, jeu sérieux, réhabilitation

1. INTRODUCTION

Le déficit auditif est le trouble sensoriel le plus répandu dans le monde (Hall et al., 2019). Les incidences d'une surdité survenue dans la petite enfance peuvent être multiples, affectant possiblement le développement cérébral, le potentiel cognitif ou encore l'acquisition du langage. Se développant de manière spontanée chez le bébé entendant, le langage oral est affecté par le déficit auditif qui entrave le mécanisme de boucle-audiophonatoire : l'enfant malentendant ne perçoit pas le son, ou de manière déformée, il ne peut le reproduire correctement et il ne peut ajuster sa propre production en raison d'un retour auditif insuffisant (Loundon & Busquet, 2009). Évoluant dans plus de 85% des cas au sein d'une famille entendant, l'enfant malentendant éprouve rapidement une discordance entre ses capacités et son environnement linguistique.

Aujourd'hui, le déficit auditif peut être réhabilité par des dispositifs médicaux spécifiques comme les prothèses auditives ou les implants cochléaires. Si leurs bénéfices pour l'acquisition du langage oral font consensus (Lieu et al., 2020), d'importantes variabilités entre les enfants appareillés sont observées. Les informations auditives restituées par les aides auditives, bien que cruciales, demeurent limitées et un accompagnement logopédique conséquent est indispensable pour soutenir l'acquisition

¹ La profession de logopédiste en Suisse correspond à celle des orthophonistes en France.

du langage chez l'enfant appareillé (Deriaz, 2009). De l'éveil sonore à la construction de phrases, ce suivi thérapeutique se construit en étroite collaboration avec les parents, dont l'implication est déterminante pour la réussite de la réhabilitation auditive. Cependant, il n'est pas toujours possible/facile pour les familles de poursuivre à domicile de manière adéquate et attrayante l'entraînement post-appareillage.

Dans la continuité des travaux de Bozelle (2014), ayant souligné la pertinence d'un jeu sérieux pour le développement de la compréhension du langage chez l'enfant appareillé, le Centre Universitaire Romand d'Implants Cochléaires (CURIC, Hôpitaux Universitaires de Genève) et le TECFA (Unité de recherche et d'enseignement en Technologies de formation et d'apprentissage, Université de Genève) ont initié la conception de du jeu *FunSpeech*, combinant des éléments ludiques à la vocation sérieuse d'encourager l'initiative vocale chez l'enfant malentendant appareillé (Allain, 2013). En effet, plusieurs études, parfois anciennes, ont reporté un bénéfice de solutions numériques de type *serious game* auprès de cette population (Pratt et al., 1993; Rodríguez et al., 2012). Toutefois, leur acceptabilité auprès des familles est peu documentée. L'intérêt porté aux représentations s'établit dans une perspective de prédiction des comportements d'usage et d'identification des facteurs d'influence. Dans le *Technology Acceptance Model*, Davis (1989) identifie deux principales variables à considérer pour évaluer l'acceptabilité : (i) l'*utilité perçue*, soit le degré selon lequel une personne pense que l'utilisation d'une technologie peut améliorer sa performance et (ii) la *facilité d'usage perçue*, soit le degré selon lequel une personne estime que l'utilisation d'une technologie ne nécessitera pas/peu d'efforts. La recherche présentée ici s'inscrit dans une approche située de l'acceptabilité (Bobillier-Chaumon, 2016), considérant tant les facteurs qui initient la première utilisation du jeu que ceux qui supportent l'entraînement à long terme. Les objectifs de la thèse, les principes de conception, la démarche d'évaluation et quelques résultats obtenus sont présentés.

2. OBJECTIFS DE LA THESE

Débutée en 2022, cette thèse vise à concevoir et à évaluer deux solutions numériques pour l'entraînement post-appareillage de personnes malentendantes appareillées : (1)*FunSpeech*, un jeu sérieux pour initier la production vocale chez l'enfant appareillé et (2)*AudioRehab+*, une application mobile pour l'entraînement auditif des adultes appareillés. Ce travail mobilise les notions d'*utilité*, au sens où l'efficacité clinique des solutions est recherchée, d'*utilisabilité*, puisqu'il s'agit d'en garantir la facilité d'usage pour les patient-es/familles, et d'*acceptabilité* dans une perspective d'implémentation à la prise en charge post-appareillage globale. Dans cet article, la recherche sur *FunSpeech* sera présentée selon les questions de recherche (Qr) suivantes :

Qr1 : Quels sont les effets de l'utilisation du jeu *FunSpeech* sur la progression langagière de l'enfant malentendant appareillé ?

Qr2 : Les facteurs d'influence identifiés par les modèles de l'acceptabilité sont-ils également déterminants dans le cas d'une solution numérique pour l'entraînement post-appareillage ?

Qr3 : Si les modèles de l'acceptabilité insistent sur l'importance de l'utilité perçue, dans quelle mesure la perception d'utilité des parents reflète-t-elle les performances effectives de l'enfant ?

3. CONCEPTION DU JEU FUNSPEECH

Disponible sur tablette tactile, *FunSpeech* propose six activités ludiques basées sur un principe d'interaction vocale : l'enfant interagit grâce à sa voix. Amorcée en 2017, sa conception centrée humain considère :

- Les aspects cliniques en lien avec la réhabilitation auditive, notamment par son approche didactique incluant la répétition d'exercices spécifiques (Bozelle, 2014) ;
- Les compétences de l'enfant et de sa famille, par des principes pédagogiques visant l'engagement (Hirsh-Pasek et al., 2015)) et des critères ergonomiques axés sur la facilité d'utilisation et l'expérience positive de jeu (Shoukry et al., 2015).

Conçu pour de jeunes enfants (i.e., de 2 à 4 ans), *FunSpeech* n'a pas vocation à être utilisé en autonomie : les sessions de jeu impliquent une médiation parentale par la lecture des consignes, la

présentation de modèles vocaux à imiter ou l'explication des erreurs. Chaque activité vise à expliciter un paramètre de la voix à l'enfant (i.e., rythme, intensité et fréquence) via des dynamiques ludiques. Un exemple est présenté sur la Fig. 1. : le *Jeu de la grenouille* exerce le rythme, c'est-à-dire l'alternance bruit-silence. L'enfant doit vocaliser pour faire avancer un personnage sur des plateformes, celui-ci se transformant à la fin du parcours (i.e., récompense).



Fig. 1. Séquence du *Jeu de la grenouille*

4. EVALUATION DU JEU

Dans le cadre d'une étude clinique², *FunSpeech* était testé auprès de familles volontaires.

4.1 Participants

Deux filles et neuf garçons suivis par le CURIC ont participé. L'âge moyen des enfants était de 2.6 ans (Min. = 1 an ; Max = 5 ans ; Écart-type = 17,6 mois). Ils présentaient tous une surdité et ils étaient porteurs d'aide auditive au moment de l'inclusion (durée de port de 1 jour à 36 mois, moyenne 11,4 mois de port). L'étude impliquait également la participation de 14 parents (8 femmes, 6 hommes, âge moyen 39.3 ans).

4.2 Protocole

Le protocole était individuel quasi-expérimental (Robert, 2019), permettant à chaque enfant de constituer sa propre mesure témoin. Pendant six mois, les participants expérimentaient successivement deux conditions expérimentales : une condition *contrôle*, incluant le suivi logopédique habituel de l'enfant (i.e., A1 et A2), et une condition dite *intervention*, où *FunSpeech* était prêté à la famille pour un usage à domicile en complément de la logopédie (i.e., B1 et B2). Il était recommandé d'utiliser le jeu en co-usage parent/enfant quotidiennement, environ 15 minutes par jour. Un tirage au sort déterminait la première condition expérimentée par l'enfant. Comme présenté sur la Fig. 2., le niveau de langage initial de l'enfant était évalué en t_0 , puis après chaque session de 45 jours et selon la même méthode d'évaluation.

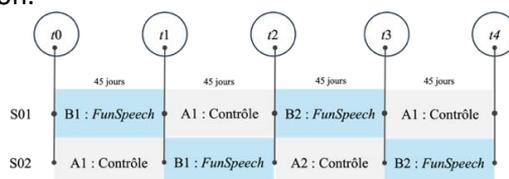


Fig. 2. Évaluations et alternance des conditions

Chaque évaluation était menée lors d'une séance de logopédie filmée au déroulement standardisé, incluant notamment une session de jeu avec *FunSpeech*. L'enfant jouait avec une version alternative du jeu, conservant les dynamiques ludiques de la version prêté mais incluant de nouveaux graphismes. Les réussites de l'enfant aux objectifs ludiques du jeu (i.e., faire avancer l'animal, faire disparaître un animal, faire voler l'avion) étaient relevées. D'autres méthodologies complétaient ces évaluations, mais elles ne seront pas détaillées ici.

L'acceptabilité parentale était évaluée en t_0 et en t_4 , via un questionnaire conçu sur la base du modèle UTAUT2 (Venkatesh et al., 2003; 2012). Cinq dimensions d'influence de l'acceptabilité étaient évaluées :

- L'*attente de performance*, soit le degré selon lequel le parent pense que l'utilisation du jeu soutient le développement du langage oral de son enfant ;

² Le protocole a été approuvé par la Commission Cantonale d'Éthique de la Recherche sur l'être humain de Genève (ID BASEC : 2019-02138).

- L'*attente d'effort*, soit le degré selon lequel le parent estime que l'utilisation du jeu nécessite peu d'efforts ;
- L'*influence sociale*, soit le degré selon lequel le parent perçoit que les personnes importantes pour lui pensent qu'il devrait utiliser le jeu ;
- Les *conditions facilitatrices*, soit le degré selon lequel le parent croit qu'une aide existe comme support à l'utilisation du jeu ;
- La *motivation hédonique*, soit le plaisir suscité par l'utilisation du jeu.

Chaque facteur était évalué par deux items, sous forme d'affirmation où le parent devait déclarer son degré d'accord sur une échelle de Likert, allant de 1 « *Pas du tout d'accord* » à 7 « *Tout à fait d'accord* ». Un score moyen était déterminé pour chaque facteur.

4.3 Résultats

L'analyse des réussites aux objectifs ludiques du jeu permet de constater que tous les enfants ont progressé au cours de l'étude (voir Tableau 1). Si seulement quatre enfants parvenaient à faire avancer l'animal avec leur voix en *t0*, neuf enfants y parvenaient après l'entraînement avec *FunSpeech*. A la fin de l'étude, sept enfants parvenaient à faire disparaître un animal en modulant l'intensité de leur voix, alors qu'un seul enfant maîtrisait le principe du jeu en *t0*. Enfin, huit enfants maîtrisaient le jeu portant sur la fréquence de la voix en *t4*, alors que seulement quatre enfants y parvenaient au début de l'étude.

Tableau 1. Réussites aux objectifs ludiques (cases colorées en vert) par mesure d'évaluation ; r. = jeu du rythme ; i. = jeu de l'intensité ; f. = jeu des fréquences ; X = échec à l'objectif ludique.

Groupe Primo-intervention : enfants débutant l'étude par la condition <i>FunSpeech</i>															
	B1			A1			B2			A2					
	<i>t0</i>			<i>t1</i>			<i>t2</i>			<i>t3</i>			<i>t4</i>		
	r.	i.	f.												
S01		X		X	X	-		X	X					X	
S02															
S04	X	X	X	X	X										
S09		X													
S13	X	X	-	X	-	-		X	X		-			X	X
Groupe Primo-contrôle : enfants débutant l'étude par la condition contrôlée															
	A1			B1			A2			B2					
	<i>t0</i>			<i>t1</i>			<i>t2</i>			<i>t3</i>			<i>t4</i>		
	r.	i.	f.												
S05	X	X	X		X			X			-				
S07		X													
S10	-	-	-	X	X	-					-			-	
S12	-	-	-				X	-	X	X		X	X		
S16	-	-	-		X	X		X							X

Un double constat est posé : d'une part, les résultats indiquent une acquisition des principes de jeu au fil de l'étude pour l'ensemble des enfants et d'autre part, ces données témoignent d'une meilleure maîtrise de leurs productions vocales en termes de rythme, d'intensité et de fréquence.

Concernant la mesure de l'acceptabilité, les scores moyens obtenus pour chaque dimension avant usage indiquaient une acceptabilité parentale satisfaisante du jeu (Voir Fig. 3) : *a priori*, les parents estimaient que *FunSpeech* pourrait participer au développement langagier de leur enfant, qu'il serait facile d'utilisation et source de motivation. Les parents s'estimaient également compétents pour utiliser le jeu (*Conditions facilitatrices*). En revanche, l'utilisation d'un écran avec un jeune enfant suscitait des réponses plus modérées (*Influence sociale*).

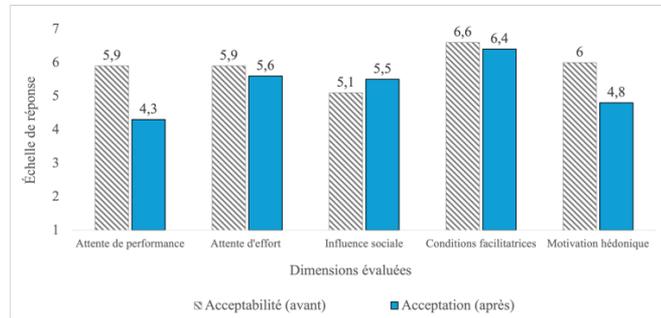


Fig. 3. Scores moyens par dimension de l'acceptabilité avant et après utilisation du jeu

Après les essais avec le jeu, les scores obtenus pour les dimensions « *Attente d'efforts* » et « *Conditions facilitatrices* » sont quasi-équivalents aux scores relevés avant usage et une légère hausse du score moyen pour l'« *Influence sociale* » est observée. Cependant, la forte diminution des scores moyens pour les facteurs « *Attente de performance* » et « *Motivation hédonique* » semble indiquer que les parents estiment que le jeu n'apporte pas/pas suffisamment de bénéfice pour le développement langagier et qu'il n'est pas/pas suffisamment motivant pour leur enfant.

4.4 Discussion

Le recueil de l'acceptabilité parentale a permis d'observer un écart entre les attentes parentales déclarées avant usage du jeu et les représentations post-usage sur la perception de l'utilité de *FunSpeech* et la dimension motivationnelle. Le public cible étant très jeune, les sessions avec le jeu sont initiées par les parents et de ce fait, il est essentiel qu'ils le perçoivent comme « *utile* » et « *amusant* ». Si le potentiel de *FunSpeech* sur la production vocale a été relevé via les expérimentations intégrées au suivi logopédique de chaque enfant, les tendances aux progrès langagiers n'ont pas été attribuées au jeu par les parents, en limitant potentiellement les bénéfices pour l'enfant. Ces éléments répondent aux questions de recherche Qr1 et Qr3. En cohérence avec les résultats de Bozelle (2014), l'usage du jeu serait ainsi conditionné par les représentations parentales, déterminées par les facteurs de l'UTAUT2, répondant à la Qr2. Récemment, Stiti et al. (2024) reportent une possible influence de l'attitude parentale vis-à-vis d'un robot social destiné aux enfants appareillés sur l'attitude de ces derniers. Il pourrait être intéressant d'étudier davantage ces liens, d'autant plus dans des contextes cliniques où l'adhésion des personnes est cruciale pour la prise en charge. Enfin, la généralisation des effets obtenus sur le langage constitue la principale limite de cette étude, en raison du nombre réduit d'enfants composant l'échantillon. De plus, cette recherche se base uniquement sur les déclarations parentales et le temps de jeu effectif, limitant l'étude de l'acceptabilité à des données comportementales. De prochaines recherches pourraient recueillir des données davantage situées, par exemple avec des méthodes d'expérience sampling permettant la collecte répétée d'expériences d'entraînement avec *FunSpeech*.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le volet « *FunSpeech* » de la thèse reporte la conception d'une solution numérique destinée aux enfants appareillés et l'évaluation de celle-ci via un protocole individuel quasi-expérimental. Bien que ce dernier ait permis d'établir un cadre méthodologique rigoureux et adaptable aux contraintes du milieu clinique, les tendances observées ne peuvent être généralisées notamment en raison de l'hétérogénéité des profils des enfants. À l'avenir, il s'agira d'améliorer la visualisation des réussites ludiques au sein du jeu, d'ajouter de nouvelles dynamiques motivationnelles et d'étudier l'intégration de *FunSpeech* à la prise en charge clinique. Pour conclure, un second volet étudie la conception et l'évaluation d'une application mobile destinée aux adultes appareillés. Il s'agira de relever les possibles synergies et différences obtenues auprès de ces publics (i.e., enfant/parents et adulte) afin d'établir des principes généralisables tant pour la conception et que pour l'évaluation de ce type de solutions.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Allain, S. (2013). *Serious game et perception du réel : lecture documentariste et potentiel cognitif* Co-tutelle Université de Grenoble et Université de Genève (Genève, Suisse). Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation]. <https://theses.hal.science/tel-00917149>
- 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.
- Bozelle, C. (2014). *Evaluation d'un environnement informatisé pour la réhabilitation d'enfants porteurs d'implants cochléaires: utilisation du jeu comme outil d'apprentissage* éditeur non identifié].
- Davis, F. D. (1989). Technology acceptance model: TAM. *Al-Suqri, MN, Al-Aufi, AS: Information Seeking Behavior and Technology Adoption*, 205, 219.
- Deriaz, M. (2009). Revue Médicale Suisse : Réhabilitation du jeune enfant sourd utilisateur d'un implant cochléaire. *Revue Médicale Suisse*, 5(219), 1933-1935. <https://doi.org/10.53738/revmed.2009.5.219.1933>
- Hall, M. L., Hall, W. C., & Caselli, N. K. (2019). Deaf children need language, not (just) speech. *First Language*, 39(4), 367-395. <https://doi.org/10.1177/0142723719834102>
- Hirsh-Pasek, K., Zosh, J. M., Golinkoff, R. M., Gray, J. H., Robb, M. B., & Kaufman, J. (2015). Putting education in "educational" apps: Lessons from the science of learning. *Psychological science in the public interest*, 16(1), 3-34.
- Lieu, J. E. C., Kenna, M., Anne, S., & Davidson, L. (2020). Hearing Loss in Children: A Review. *JAMA*, 324(21), 2195-2205. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.17647>
- Loundon, N., & Busquet, D. (2009). *Implant cochléaire pédiatrique et rééducation orthophonique: comment adapter les pratiques?* Flammarion Médecine-sciences.
- Pratt, S. R., Heintzelman, A. T., & Deming, S. E. (1993). The Efficacy of Using the IBM Speech Viewer Vowel Accuracy Module to Treat Young Children With Hearing Impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 36(5), 1063-1074. <https://doi.org/doi:10.1044/jshr.3605.1063>
- Robert, C. (2019). L'utilisation de protocoles individuels expérimentaux et quasi-expérimentaux en psychologie: aspects théoriques et méthodologiques. *L'Année psychologique*, 119(1), 55-96.
- Rodríguez, W. R., Saz, O., & Lleida, E. (2012). A prelingual tool for the education of altered voices. *Speech Communication*, 54(5), 583-600. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.specom.2011.05.006>
- Shoukry, L., Sturm, C., & Galal-Edeen, G. H. (2015). Pre-MEGa: A proposed framework for the design and evaluation of preschoolers' mobile educational games. *Innovations and advances in computing, informatics, systems sciences, networking and engineering*,
- Stiti, S., Caroux, L., Gaillard, P., Paubel, P. V., Barone, P., & Deguine, O. (2024, 26-30 Aug. 2024). Acceptability of a home-based humanoid robot for deaf children with cochlear implants and their family: A first step towards a remote speech-language training tool. 2024 33rd IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN),
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS quarterly*, 425-478.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS quarterly*, 157-178.

Comprendre l'influence des métaphores visuelles sur les activités cognitives et transdisciplinaires de co-conception conceptuelle

Ghislain Mugisha

Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, G-SCOP, 46 avenue Félix Viallet, 38031 Grenoble, France
ghislain.mugisha@grenoble-inp.fr

Emilie Loup-Escande

Univ. De Picardie Jules Verne, CRP-CPO EA7273, Chemin du Thil, 80025 Amiens, France
emilie.loup-escande@u-picardie.fr

Romain Pinquie

Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, G-SCOP, 46 avenue Félix Viallet, 38031 Grenoble, France
romain.pinquie@grenoble-inp.fr

RÉSUMÉ

Cette thèse, inscrite dans le PEPR eNSEMBLE « Futur de la collaboration numérique » propose une méthodologie pour évaluer l'impact des représentations visuelles sur la cognition et la collaboration en conception préliminaire de systèmes complexes. L'usage des modèles, dans une démarche fondée sur le Model-Based Systems Engineering (MBSE), a transformé l'ingénierie des systèmes, notamment lors de la phase de conception conceptuelle, en réponse aux limites de l'approche traditionnelle basée sur les documents. Cependant, les notations symboliques en 2D du type SysML, largement utilisées en Model-Based Conceptual Design (MBCD), limitent l'implication des non-experts dans la notation et freinent la collaboration. Face à ces défis, des interfaces 3D, immersives ou non, sont explorées comme alternative, mais leur influence sur les activités cognitives et collaboratives reste à approfondir.

MOTS-CLÉS

Conception conceptuelle, collaboration, représentations visuelles, processus cognitifs, acceptabilité

INTRODUCTION

6.1 Contexte des travaux de thèse

Cette thèse, inscrite dans le PEPR eNSEMBLE³ « Futur de la collaboration numérique » financé par France 2030⁴, vise à développer une méthodologie pour évaluer l'impact et guider la conception des métaphores visuelles sur la cognition et la collaboration lors de la conception préliminaire de systèmes complexes. Elle cherche également à approfondir la compréhension des activités coopératives numériques et à favoriser une adoption parcimonieuse des technologies immersives en conception.

L'hyperconnectivité et les avancées technologiques ont transformé l'ingénierie système (SE) (Madni et al., 2023), favorisant le passage d'une approche basée sur les documents à une approche basée sur les modèles (MBSE) (Figure 1). Une attention particulière est portée à la phase critique de conception conceptuelle (ou Conceptual Design, CD), considérée comme la plus précoce et la plus ambiguë du processus de conception (Hay et al., 2017b). La conception conceptuelle basée sur les modèles (MBCD) est ainsi comprise comme une application du MBSE aux phases préliminaires (Morris

³ Pour plus d'informations : <https://www.pepr-ensemble.fr/>.

⁴ Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre de France 2030 portant la référence ANR-22-EXEN-0006 (PEPR eNSEMBLE / TRANSVERSE).

et al., 2016). Sur base de la norme ISO (ISO, 2023) relative au cycle de vie d'un système, ce sont les processus de : analyse de la mission ; définition des besoins et des exigences (des parties prenantes et du système ; définition de l'architecture du système). Hay et al. (2017) notent l'emphase des travaux de recherche sur l'activité de conception conceptuelle ces dernières années.

Lors de la CD, diverses parties prenantes (ingénierie, production, architecture, marketing, qualité, etc.) collaborent en s'appuyant sur des représentations externes, que sont les notations graphiques comme SysML (Shoshany-Tavory et al., 2023). Ces représentations servent de ressources pour le développement du système et constituent des états intermédiaires de l'artefact (Visser et al., 2004).

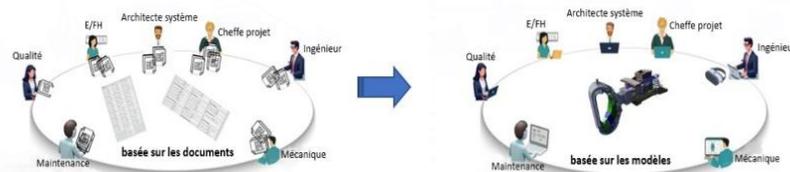


Figure 1. Des approches centrées sur les documents vers des approches basées sur les modèles de SE (MBSE)

Les langages de modélisation de système (tels que SysML, OPM, Capella) largement utilisés en MBSE, servent à modéliser différentes vues (e.g., mission, besoins, scénarios, fonctions, exigences, architecture, comportement, traçabilité, etc.) d'un système à travers des diagrammes. Cependant, ces notations graphiques 2D, symboliques et très codifiées, restent difficiles à comprendre pour les non-experts dans la notation, limitant ainsi la collaboration entre les fonctions d'une entreprise (métiers). Ceci est d'autant plus surprenant que ces langages sont qualifiés de « general-purpose ». Ainsi, certaines parties prenantes privilégient des moyens de dialogue plus propice à l'inclusion de divers acteurs (experts-métiers). Elles utilisent les outils conventionnels (e.g., PowerPoint ou Visio), en rupture avec une approche centrée sur les modèles, pour exposer leurs données au reste de l'équipe projet, illustrant un manque d'acceptation des notations visuelles jugées trop ésotériques (Pinquii et al., 2023). Certaines organisations mobilisent des visualisations 3D pour améliorer la communication et la collaboration entre parties prenantes.

Pour illustrer notre discours, il convient de mentionner un exemple exprimé par notre partenaire de recherche le CEA⁵, dans le cadre du projet ITER⁶. Une des activités à réaliser est le remplacement d'équipements d'un réacteur de fusion nucléaire expérimental, ici des « ports cells ». Diverses fonctions interviennent, chacune mobilisant des vues métiers différentes, faisant recourt à des représentations externes variées, pour s'assurer de la bonne réalisation du travail à réaliser. L'architecte système produit diverses séquences d'installation et de remplacement, lesquelles sont matérialisées sous formes de diagrammes SysML 2D produits à l'aide de Papyrus, une plateforme de modélisation de systèmes complexes sur PC. Comme à l'état brut, ces notations visuelles sont ésotériques pour le chef projet, il est indispensable de les intégrer dans des modèles 3D au moyen d'un logiciel comme Blender utilisé sur PC. Cela permet de visualiser les séquences proposées par l'architecte système et pouvoir y apporter des modifications (ajout ou suppression d'une tâche, modification d'un outillage, etc.). Également, tenant compte de diverses contraintes liées au processus d'installation et remplacement des « ports cells » (accessibilité, posture, ventilation, analyse de la dose de radiation, etc...), il est important de réaliser une simulation poussée en réalité virtuelle pour valider les séquences pertinentes parmi diverses alternatives. Cela fait intervenir un ingénieur en Réalité Virtuelle qui construit les scénarios en intégrant les modèles 2D réalisés par l'architecte système, et le modèle 3D enrichi de méta-données (ex. indices visuels, instructions opératoires, etc.) produit par un ingénieur logiciel accompagné d'un expert en maintenance nucléaire. Avec ce genre de

⁵ Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives.

⁶ ITER est un projet international de recherche sur la fusion nucléaire, considéré comme le plus ambitieux au monde dans ce domaine. Il est implanté à Cadarache, dans le sud de la France. Pour plus d'informations : [ITER en bref](#).

représentations visuelles, cela permet au chef projet mais aussi à d'autres experts-métiers (e.g. ingénieur facteurs humains, opérateur de maintenance) de contribuer à la validation des séquences pertinentes à garder.

Pour pallier aux limites de visualisations diagrammatiques symboliques de type SysML, des travaux (Pinquié et al., 2023; Wang, 2024) ont exploré l'usage de représentations plus figuratives en proposant des représentations 3D iconiques (Figure 2). Toutefois, il existe une infinité de représentations graphiques 3D pour encoder des concepts d'ingénierie système (Pinquié et al., 2023). La définition de critères pour guider et justifier des choix de conception de contenu et du contenant d'un dialogue interactif fournissant un cadre pour la conception et l'évaluation des interactions humain-modèle nécessite une meilleure compréhension de l'impact des représentations sur les activités cognitives et collaboratives en conception conceptuelle.

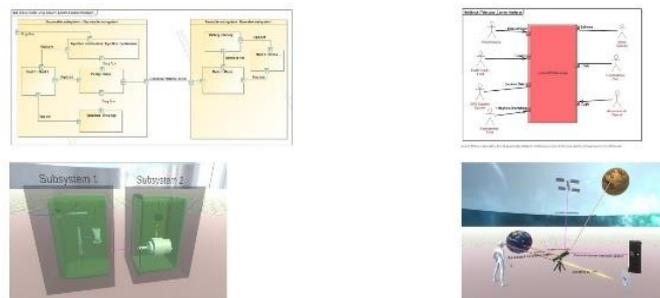


Figure 2. Exemples de représentations 2D et 3D

ETAT DE L'ART

Ce travail a commencé en Novembre 2024 par un état de l'art afin de comprendre la démarche de CD, ainsi que les activités cognitives et collaboratives en jeu. En effet, la particularité de l'activité menée durant la phase de CD, requiert différents types de représentations externes, et peut solliciter de façon différente les processus cognitifs. Également, il sera question de saisir l'influence des représentations externes (métaphoriques ou non) générées par des modèles sur les activités cognitives et collaboratives. Également un travail portant sur les taxonomies de notations visuelles est en cours, visant à saisir l'utilisabilité et l'acceptabilité des représentations, mais également des outils de visualisation (comme la réalité virtuelle) susceptibles d'être manipulés.

6.2 L'activité collaborative de conception conceptuelle et les processus cognitifs impliqués

INCOSE⁷ (2023) (p.219) propose la définition du MBSE comme étant *"l'application formalisée de la modélisation pour soutenir les exigences, la conception, l'analyse, la vérification et la validation du système durant (la phase conceptuelle) et tout au long du développement et des phases ultérieures du cycle de vie (phases)."* L'un des domaines qui est encore en maturation est la phase initiale qu'est la CD (ISO, 2023; Shoshany-Tavory et al., 2023). Durant la phase de CD, l'accent est mis sur des activités telles que la formalisation du problème, l'exploration des alternatives de solution, l'arbitrage entre les alternatives basé sur l'estimation des coûts et l'évaluation de la performance sur l'ensemble du cycle de vie (INCOSE, 2023).

Ces différentes activités mobilisent des processus cognitifs diversifiés de haut niveau comme la perception, l'attention, le raisonnement, la résolution de problèmes, la mémoire à court et à long terme. Hay et al. (2017b) ont proposé 6 classes de processus cognitifs et leurs différents constituants étudiés dans la littérature : la mémoire à long terme, le traitement sémantique, la perception visuelle,

⁷ L'International Council on Systems Engineering (INCOSE) est une organisation à but non lucratif qui œuvre à l'élaboration et à la diffusion de principes et de pratiques transdisciplinaires permettant de concevoir des systèmes performants : <https://www.incose.org/about-incose>.

le traitement des images mentales, la production de contenus créatifs, et les fonctions exécutives. Leur apport, bien qu'indispensable, se limite à des travaux de recherche déployant les analyses de protocoles et ne considère que la conception conceptuelle (domaine : architecturale, ingénierie, conception de produit) individuelle (Hay et al., 2017b). Par ailleurs, des études en psychologie ergonomique permettent de saisir les activités cognitives en conception collaborative, sans pour autant porter sur la phase conceptuelle (Darses, 2006).

Dans leur étude, D'Astous et al. (2004) notent que dans les réunions d'évaluation, les activités collaboratives portaient sur l'élaboration de solutions ou de solutions alternatives, l'évaluation des solutions, la synchronisation cognitive, la gestion des conflits et la négociation. Dans les situations de co-conception, la synchronisation cognitive (Falzon & Darses, 1996) revient à construire un référentiel opératif commun (composé à la fois des représentations internes et des représentations externes), intégrer les points de vue et prendre une décision collective (Darses, 2009). Durant la conception, les parties prenantes opèrent une synchronisation cognitive par un processus argumentatif mobilisant des ressources communicationnelles, impliquant un recours délibéré aux représentations externalisées pour articuler la dialectique entre représentations internes et externes en conception (Darses, 2009).

Pour Safin (2025) les processus collaboratifs implique trois classes d'activités. Premièrement, les activités centrées sur la tâche consistent à générer et évaluer des solutions et à structurer le problème. Deuxièmement, les activités centrées sur les processus porteraient sur la gestion du groupe et les modes d'organisation du projet en s'assurant d'une double synchronisation des acteurs impliqués (synchronisation temporo-opératoire et synchronisation cognitive). Troisièmement, les activités de gestion de l'interaction porteraient sur les processus communicationnels en œuvre dans les activités collaboratives : gestion des tours de parole, le partage des ressources, l'attention conjointe.

Avec un changement de paradigme vers une démarche centrée sur les modèles, un postulat émis serait que les activités de CD intègrent des modèles pour être la seule source d'autorité, sauf que le soutien des modèles comme SysML pour améliorer ces activités est point de controverse (Shoshany-Tavory et al., 2023). Si des lacunes subsistent en matière de méthodologie et de maturité des outils, un principal défi est de rendre compréhensible les modèles pour mieux impliquer les non-experts en notations dans les activités de conception collaborative (Madni & Sievers, 2018). Ceci est primordial car une des spécificités du processus de conception réside dans l'utilisation intensive de différents types de représentations externes (Visser et al., 2004).

6.3 Les représentations externes en conception collaborative

Les représentations externes constituent une marque du processus de conception, jouant divers rôles tout au long des étapes de développement d'un système (Visser et al., 2004). Ainsi, dans le domaine de l'ingénierie système, avec le passage aux modèles et l'émergence de techniques de visualisation avancées, les représentations externes couvrent une large diversité de formes comme des notes, des diagrammes 2D, des rendus 3D réalistes, etc. (Visser, 2006).

Maud (2021) note certains rôles des représentations dans la conception comme : développer une vision partagée, faciliter la génération d'idées et la résolution de problèmes, etc. Les objets intermédiaires (Vinck & Jeantet, 1995) peuvent être considérés comme des représentations externes de communication, jouant un rôle de médiateur ou commissionnaire. Ainsi, le défi pour les ingénieurs est de produire des représentations qui facilitent au mieux la collaboration, permettant une meilleure interprétation par les non-experts, et ne reflétant pas une unique culture métier.

Par ailleurs, un modèle est une métaphore conceptuelle, et le défi consisterait à concevoir des représentations externes qui, malgré leur abstraction, garantissent la satisfaction des parties prenantes (Waguespack, 2010). A ce point, certaines tentatives inventives comme l'usage des métaphores visuelles, telles que les villes et les îles en architecture logicielle sont utilisées, mais leur impact sur l'activité et la cognition (Romero et al., 2021) n'est pas encore étudié.

Diverses représentations externes mobilisées durant la conception conceptuelle peuvent favoriser ou freiner la participation et la collaboration des personnes non familières à la culture métier des architectes systèmes, notamment la mobilisation des diagrammes 2D. Pourtant, comme le

souligne Moody (2009), la conception des représentations visuelles externes repose encore trop souvent sur des fondements empiriques insuffisants.

C'est à travers la question de l'utilisabilité des représentations diagrammatiques que des travaux pionniers (Green & Blackwell, 1998; Blackwell et al., 2001) ont proposé des approches théoriques pertinentes pour analyser et améliorer ces supports. Des recherches ultérieures (Bresciani et al., 2008; Bresciani & Eppler, 2015) prolongent cette réflexion en étudiant l'usage des représentations visuelles dans le travail collaboratif. Ces études proposent un cadre théorique pour en guider la conception, en insistant sur leur double fonction d'artefacts cognitifs et d'objets frontières, capables de soutenir la création et le partage de connaissances entre acteurs issus de disciplines ou d'expertises différentes.

Dans cette continuité, Pinquié et al. (2023) soulignent le manque d'acceptation des notations visuelles utilisées dans la conception conceptuelle. Même si certains concepteurs ont conscience des effets cognitifs variés de leurs représentations graphiques et les conséquences sur la collaboration multi-métiers, l'attention portée aux dimensions d'utilisabilité reste rare (Blackwell et al., 2001).

Safin (2025) souligne que les représentations externes devraient à la fois réduire la charge mentale et étendre les capacités cognitives des parties prenantes. Selon lui, si la conception est un processus de construction de représentations, alors des supports utilisables permettent aux non-experts de renforcer leur pouvoir d'agir en conception.

Par ailleurs, si le SE du futur est considéré principalement comme basé sur les modèles (car s'appuyant sur des environnements de modélisation, de simulation et de visualisation de nouvelle génération, rendus possibles par la transformation numérique mondiale), et que le potentiel de la réalité virtuelle immersive (INCOSE, 2022) dans les activités de MBCD est anticipé notamment en ce qui est de la visualisation des informations et la collaboration, des questions subsistent quant à son utilité et son acceptabilité (Sagnier et al., 2019) pour l'ingénierie de systèmes par les utilisateurs. Notre travail vise ainsi, sur la base des concepts ergonomiques existants, à contribuer à l'enrichissement des guidelines, des modèles et des méthodes d'évaluation de l'utilité, de l'utilisabilité et de l'acceptabilité des représentations externes et des outils de conception innovants.

6.4 Problématique et axe de recherches envisagées

Les travaux de Hay et al. (2017a, 2017b) comblent le manque de cadre théorique et méthodologique permettant de saisir les activités de conception durant la phase de CD. Toutefois, les auteurs ont considéré les recherches portant sur l'analyse de protocole et incluant un seul individu durant le processus de CD. Il serait pertinent d'investiguer les processus cognitifs en jeu lors de CD collaborative et d'envisager d'autres paradigmes (Gero & Milovanovic, 2020) pour mesurer et décrire les processus de conception d'une part, et de considérer le déploiement d'autres méthodes comme les entretiens ou encore l'analyse du travail d'autre part.

Également, malgré l'existence des travaux développant l'adoption de la réalité virtuelle (Romero, 2022) pour les activités de conception basées sur les modèles, ainsi que de nouvelles représentations 3D immersives pour remplacer partiellement les notations 2D diagrammatiques (Pinquié et al., 2023) se limitant seulement à des preuves de concept, il demeure un manque sur la compréhension de l'impact de ces représentations sur les activités MBCD, et ce, que ce soit pour leur spécification, leur conception, leur choix, ou leur évaluation.

Sur la base de cela, nous proposons trois axes de recherches qui orienteront la méthodologie à mettre en œuvre : 1) Investiguer l'influence des caractéristiques du système (en cours de conception) et des outils de visualisations sur les processus cognitifs et collaboratifs mobilisés lors des activités de MBCD ; 2) Evaluer l'effet des représentations externes (métaphores visuelles) sur les activités cognitives et collaboratives intrinsèques au MBCD ; 3) Valider empiriquement les recommandations en lien avec les métaphores visuelles et les dispositifs de visualisation mobilisés durant MBCD.

METHODOLOGIE ENVISAGEE

Pour ce qui est de la méthodologie envisagée, elle sera déroulée en trois temps. Premièrement, nous envisageons de mettre en œuvre une démarche visant à mieux comprendre les processus

cognitifs dans un cadre collaboratif de MBCD. En ce moment nous avons débuté une étude visant à mieux saisir la dynamique collaborative, ainsi que le rôle et la perception des représentations mobilisées durant les activités de conception. Des entretiens semi-directifs (incluant notamment une technique d'élicitation graphique) sont en cours avec des profils clés de personnes (membres d'un consortium international⁸, éditeurs logiciels, experts & non-experts dans les notations de modèles) indirectement ou directement liés au déploiement et/ou à l'usage des représentations 2D ou 3D souvent utilisées. Pour la suite, nous envisageons de mobiliser une méthode de simulation (Bobillier Chaumon et al., 2018) pour mener une analyse de l'activité MBCD (avec diverses modalités de représentations et d'outils de visualisations), associée à des entretiens d'auto-confrontation. A cet effet, nous nous appuyons entre autres sur les théories de l'activité (Leont'ev, 1974) et l'approche instrumentale (Rabardel, 1995).

Deuxièmement, nous envisageons de mener une expérimentation contrôlée pour comparer l'impact des différentes représentations (2D vs 3D, symboliques vs iconiques) sur les activités cognitives et collaboratives. Diverses mesures seront faites en utilisant des mesures subjectives (par ex., échelles de mesure de la charge mentale) mais également des mesures physiologiques (par ex., eye-tracking). En outre, nous évaluerons la qualité de la collaboration en mobilisant des analyses de protocoles. A cet effet, nous réfléchissons à mobiliser un cas amélioré des travaux d'une thèse précédente portant sur la construction d'un télescope (Wang, 2024), ou un autre cas s'inspirant des travaux sur la revue de conception mobilisée dans la thèse de (Romero et al., 2021).

Troisièmement, une étude en milieu écologique en partenariat avec une organisation/entreprise permettra de valider empiriquement la pertinence des représentations visuelles investiguant une certaine validité externe de nos recherches.

BIBLIOGRAPHIE

- Bayer, T. (2018). Is MBSE helping? Measuring value on Europa Clipper. *2018 IEEE Aerospace Conference*, 1–13. <https://doi.org/10.1109/AERO.2018.8396379>
- Blackwell, A., Britton, C., Cox, A., Green, T., Gurr, C. A., Kadoda, G., Kutar, M., Loomes, M., Nehaniv, C., Petre, M., Roast, C. R., Roe, C., Wong, A., & Young, R. (2001). Cognitive Dimensions of Notations: Design Tools for Cognitive Technology. In *Cognitive Technology 2001* (pp. 325–341). https://doi.org/10.1007/3-540-44617-6_31
- 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(1), Article 1. <https://doi.org/10.4000/activites.3136>
- Bresciani, S., Blackwell, A. F., & Eppler, M. (2008). A Collaborative Dimensions Framework: Understanding the Mediating Role of Conceptual Visualizations in Collaborative Knowledge Work. *Proceedings of the Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 364. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2008.7>
- Bresciani, S., & Eppler, M. J. (2015). The Pitfalls of Visual Representations: A Review and Classification of Common Errors Made While Designing and Interpreting Visualizations. *SAGE Open*, 5(4), 2158244015611451. <https://doi.org/10.1177/2158244015611451>
- Darses, F. (2006). Analyse du processus d'argumentation dans une situation de reconception collective d'outillages. *Le travail humain*, 69(4), 317–347. <https://doi.org/10.3917/th.694.0317>
- Darses, F. (2009). Résolution collective des problèmes de conception. *Le travail humain*, 72(1), 43–59. <https://doi.org/10.3917/th.721.0043>
- D'Astous, P., Détienné, F., Visser, W., & Robillard, P. N. (2004). Changing our view on design evaluation meetings methodology: A study of software technical review meetings. *Design Studies*, 25(6), 625–655. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2003.12.002>
- Falzon, P., & Darses, F. (1996). La conception collective: Une approche de l'ergonomie cognitive. In *In G. de Terssac & E. Friedberg (Eds). Coopération et Conception* (Toulouse : Octarès, pp. 123–135).

⁸ L'Object Management Group (OMG) SysML v2 Request for Proposal (RFP) est un consortium international qui définit les exigences pour la spécification SysML v2, laquelle est ensuite mise en œuvre par les éditeurs logiciels.

- Gero, J. S., & Milovanovic, J. (2020). A framework for studying design thinking through measuring designers' minds, bodies and brains. *Design Science*, 6, e19. <https://doi.org/10.1017/dsj.2020.15>
- Green, T., & Blackwell, A. (1998). Cognitive dimensions of information artefacts: A tutorial. *Bcs Hci Conference*, 98, 1–75.
- Hay, L., Duffy, A. H. B., McTeague, C., Pidgeon, L. M., Vuletic, T., & Greal, M. (2017a). A systematic review of protocol studies on conceptual design cognition: Design as search and exploration. *Design Science*, 3, e10. <https://doi.org/10.1017/dsj.2017.11>
- Hay, L., Duffy, A. H. B., McTeague, C., Pidgeon, L. M., Vuletic, T., & Greal, M. (2017b). Towards a shared ontology: A generic classification of cognitive processes in conceptual design. *Design Science*, 3, e7. <https://doi.org/10.1017/dsj.2017.6>
- INCOSE. (2022). *Systems Engineering Vision 2035: Engineering Solutions for a Better World*. <https://www.incose.org/2021-redesign/load-test/systems-engineering-vision-2035>
- INCOSE. (2023). *INCOSE Systems Engineering Handbook: A guide for system life cycle processes and activities*. John Wiley & Sons.
- ISO. (2023). ISO/IEC/IEEE International Standard—Systems and software engineering—System life cycle processes. *ISO/IEC/IEEE 15288:2023(E)*, 1–128. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2023.10123367>
- Leont'ev, A. N. (1974). The Problem of Activity in Psychology. *Soviet Psychology*, 13(2), 4–33. <https://doi.org/10.2753/RPO1061-040513024>
- Madni, A. M., Augustine, N., & Sievers, M. (2023). *Handbook of model-based systems engineering*. Springer Nature.
- Madni, A. M., & Sievers, M. (2018). Model-based systems engineering: Motivation, current status, and research opportunities. *Systems Engineering*, 21(3), 172–190. <https://doi.org/10.1002/sys.21438>
- Moody, D. (2009). The “Physics” of Notations: Toward a Scientific Basis for Constructing Visual Notations in Software Engineering. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 35(6), 756–779. <https://doi.org/10.1109/TSE.2009.67>
- Morris, B. A., Harvey, D., Robinson, K. P., & Cook, S. C. (2016). Issues in Conceptual Design and MBSE Successes: Insights from the Model-Based Conceptual Design Surveys. *INCOSE International Symposium*, 26(1), 269–282. <https://doi.org/10.1002/j.2334-5837.2016.00159.x>
- Pinquié, R., Wang, H., & Noel, F. (2023). Human-Centric Co-Design of Model-Based System Architecture. *Procedia CIRP*, 119, 146–151. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.02.131>
- Poulin, M. (2021). *Gestes et cognition: Caractérisation de l'activité de co-conception multimodale dans un environnement de Réalité Augmentée Spatialisée* [These de doctorat, Université Grenoble Alpes]. <https://theses.fr/2021GRALI068>
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains* (Armand Colin). <https://hal.science/hal-01017462v1>
- Romero, V. (2022). *Un environnement virtuel immersif, interactif et collaboratif pour les revues de conception basées sur les modèles* [Phdthesis, Université Grenoble Alpes [2020-....]]. <https://theses.hal.science/tel-04048678>
- Romero, V., Pinquié, R., & Noël, F. (2021). An immersive virtual environment for reviewing model-centric designs. *Proceedings of the Design Society*, 1, 447–456. <https://doi.org/10.1017/pds.2021.45>
- Safin, S. (2025). Les représentations graphiques en conception et participation. In *Les activités cognitives de conception en architecture* (pp. 81–120). Great Britain: ISTE Editions.
- Sagnier, C., Loup-Escande, É., & Valléry, G. (2019). Acceptabilité de la réalité virtuelle: Une revue de la littérature. *Le travail humain*, 82(3), 183–212. <https://doi.org/10.3917/th.823.0183>
- Shoshany-Tavory, S., Peleg, E., Zonnenshain, A., & Yudilevitch, G. (2023). Model-based-systems-engineering for conceptual design: An integrative approach. *Systems Engineering*, 26(6), 783–799. <https://doi.org/10.1002/sys.21688>
- Vinck, D., & Jeantet, A. (1995). Mediating and Commissioning Objects in the Sociotechnical Process of Product Design: A conceptual approach. In D. Maclean D., P. Saviotti & D. Vinck (eds). *Designs, Networks and Strategies (vol. 2, pp. 111-129, COST A3 Social Sciences)*. Bruxelles: EC Directorate General Science R&D.

- Visser, W. (2006). *The Cognitive Artifacts of Designing*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482269529>
- Visser, W., Darses, F., & Détienne, F. (2004). Chapitre 5. Approches théoriques pour une ergonomie cognitive de la conception. In *Psychologie ergonomique: Tendances actuelles* (pp. 97–118). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.hocj.2004.01.0097>
- Waguespack, L. J. (2010). Metaphor-Driven Modeling. In L. J. Waguespack (Ed.), *Thriving Systems Theory and Metaphor-Driven Modeling* (pp. 91–98). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-84996-302-2_8
- Wang, H. (2024). *Exploring the Potential of Virtual Reality for Model-Based Systems Architecting* [Phdthesis, Université Grenoble Alpes]. <https://theses.hal.science/tel-04718368>

La gestion des compétences : entre pratiques quotidiennes et usages des dispositifs

Marine Tessier (ASNR & CREN – thèse débutée en octobre 2024)

31 avenue de la Division Leclerc, 92262 Fontenay-aux-Roses

marine.tessier@asnr.fr

Christine Vidal-Gomel (CREN)

Chemin de la Censive du Tertre, 44300, Nantes

christine.vidal-gomel@univ-nantes.fr

Alexandre Largier (ASNR)

31 avenue de la Division Leclerc, 92262 Fontenay-aux-Roses

alexandre.largier@asnr.fr

Audrey Marquet (ASNR)

31 avenue de la Division Leclerc, 92262 Fontenay-aux-Roses

audrey.marquet@asnr.fr

RÉSUMÉ

La relance du secteur du nucléaire voulue par les politiques actuelles pose des questions sur la gestion, le développement et la transmission des compétences. Dans ce contexte et à partir de travaux en ergonomie, sociologie et sciences de gestion, cette thèse – inscrite en sciences de l'éducation et de la formation – s'intéresse à la gestion des compétences et leur développement dans un laboratoire de cimentation au sein d'une société du cycle du combustible nucléaire. Cette recherche utilise des méthodologies classiques en ergonomie : observations, entretiens et recueil de documents. Une première analyse nous permet de montrer que la gestion des compétences dans ce laboratoire repose sur la répartition des tâches lors de « réunion planning » à partir de différents critères, notamment la connaissance des compétences des autres. Des observations de l'activité permettent de mettre en avant des caractéristiques des compétences que les acteurs mobilisent en situation. Ces observations seront complétées par la suite par des entretiens d'auto-confrontation.

MOTS-CLÉS

Compétences, connaissances, activité, collectif, nucléaire.

1. INTRODUCTION

La thèse s'inscrit dans un contexte de relance du nucléaire souhaitée par le gouvernement après une dizaine d'année de ralentissement des recrutements dans la filière liée aux volontés politiques précédentes de réduire les investissements du secteur. De ce fait, nous pouvons nous demander ce qu'implique cette relance par rapport au développement et à la transmission des compétences alors que les différentes politiques contradictoires font ressentir un sentiment de perte de compétence chez l'ensemble des acteurs de la filière du nucléaire.

Ainsi, cette thèse a pour objectif d'analyser le rôle des dispositifs de gestion des compétences et les pratiques quotidiennes dans le développement, l'acquisition et la transmission des compétences.

2. CADRE THEORIQUE

Le concept de « compétences » est complexe à définir par son aspect à la fois polysémique et multidimensionnel (Thébault, J., Boccara, V., Beaujouan, J., & Vidal-Gomel, C., 2021). Son utilisation est omniprésente dans le monde professionnel, et en particulier celui des ressources humaines, malgré le fait que ses dimensions restent floues (ASN, 2024). Il est aussi largement travaillé et discuté dans le monde scientifique sans qu'un consensus prédominant en ressorte.

Pour commencer à travailler ce concept, nous nous appuyerons sur une définition des compétences proposé par De Montmollin (1984). Puis nous nous intéresserons à la question de la gestion des compétences⁹.

Du point de vue de l'ergonomie, les compétences sont un « *ensembles stabilisés de savoirs et de savoir-faire, de conduites types, de procédures standard, de types de raisonnement que l'on peut mettre en œuvre sans apprentissage nouveau et qui sédimentent et structurent les acquis de l'histoire professionnelle : elles permettent l'anticipation des phénomènes, l'implicite dans les instructions, la variabilité dans la tâche.* » (De Montmollin, 1984, p. 122). Plus précisément, en ce qui concerne les compétences critiques, celles-ci ne se caractérisent pas seulement par le « *caractère difficilement remplaçable de l'individu qui la possède, mais aussi à la difficulté qu'il y a à l'acquérir.* » (Vergnaud, 1996, p. 280). Ainsi, parmi les éléments que met en avant de Montmollin, nous nous intéressons notamment au « *conduites types* », aux « *procédures standard* » et aux « *types de raisonnement* » qui correspondent à ce que d'autres auteurs nomment des invariants (Vergnaud, 1990 ; Coulet, 2011 ; Rogalski, 2011). Ces invariants font donc partie des compétences et s'expriment en situation, tout en permettant de faire face à la diversité des situations rencontrées. Plusieurs modèles ont été développés pour rendre compte de ces invariants : Vergnaud (1990), le modèle de Coulet (2011), le modèle KEOPS (Rogalski, 2011) ou le modèle COMPETY (Rabardel et Samurçay, 1995). Ces modèles rendent compte différemment de ce qui structurent l'activité et notamment ce qui organise les compétences. Pour autant, des points communs peuvent émerger tels que les classes de situations et différents invariants, dont les invariants opératoires comme les concepts pragmatiques.

Ces différents modèles étant axés sur les compétences individuelles, des questions se posent sur l'activité collectives. Celle-ci est présente à « *chaque fois que l'exécution d'une tâche entraîne l'intervention coordonnée de plusieurs opérateurs. "Entraîne" : il s'agit d'une activité effective ; "coordonnée" : les opérateurs sont en interaction, c'est-à-dire que leurs activités dépendent les unes des autres. Une activité collective n'est pas une collection d'activités individuelles sur des tâches indépendantes mais une activité où des opérateurs réalisent conjointement la même tâche, dans un même lieu, ou éventuellement dans des lieux différents.* » (Leplat, 1993, dans Barthe et Queinnec, 1999, p. 666). Les chercheurs s'accordent aussi sur l'existence de « *compétences collectives* » « *lorsqu'au sein d'une équipe les informations s'échangent, les représentations s'uniformisent, les savoir-faire s'articulent, les raisonnements et les stratégies s'élaborent en commun.* » (De Montmollin, 1984, p. 134). Ces compétences collectives se développent également par la construction du « *référentiel opératif commun* » (Leplat, 1991 ; 1997 ; Terssac & Chabaud, 1990) qui permet de coordonner les activités individuelles nécessaires au déroulé de l'activité (Leplat, 2008). Ce référentiel permet de rendre compte des représentations partagées par les acteurs sur la situation et donc des potentielles « *synchronisations cognitives* » (Falzon et Darses, 1996) qui ont « *pour objectif d'établir un contexte de connaissances mutuelles* » (*op. cit.*, p. 124). De plus, des « *synchronisations opératoires* » (*op. cit.*) assurent « *le déclenchement, l'arrêt, la simultanéité, le séquençement, le rythme des actions à réaliser.* » (*op. cit.*, p. 125) et permettent le bon fonctionnement de l'activité.

En parallèle, les sciences de gestion proposent une vision plus utilitariste des compétences, en s'intéressant notamment aux outils de gestion de compétences. Ces outils auraient plusieurs fonctions : normaliser des manières de travailler, guider l'évolution des professionnels et impliquer les acteurs dans leur travail (Dietrich, 2018). Parmi ces outils de gestion, l'un des plus courant est le référentiel de compétences qui « *est le support privilégié de toute gestion des compétences, l'instrument de sa mise en visibilité et de sa mise en acte.* » (Dietrich, 2018, p. 87). Ces référentiels peuvent servir à la fois de support à l'évaluation du travail des acteurs, notamment par les managers de proximité, et de support pour la gestion des carrières des professionnels (*op cit.*). Autrement dit, les outils de gestion des compétences ont pour but d'« *opérationnaliser* » les compétences (Ughetto, 2014), et cette opérationnalisation de « *l'idée de compétences a été un problème pratique, un problème au sein de l'activité des gestionnaires de ressources humaines qui ont dû concevoir comment*

⁹ Une dissociation est faite entre la gestion des compétences et les outils de cette gestion.

l'idée de compétence et de gestion des compétences pouvait prendre forme, se matérialiser à travers des artefacts l'aidant à « performer » le réel. » (Ughetto, 2014, p. 36). L'un des problèmes de cette opérationnalisation est qu'elle fige les compétences en dehors de l'activité, ne prenant donc pas en compte leur dimension dynamique (Largier, 2023). Ce décalage entre les référentiels et les compétences réelles des acteurs peut aussi s'expliquer par le fait que les référentiels de compétences sont des instruments « avant tout pour ceux qui ne sont pas directement engagés dans le travail. » (Ughetto, 2014, p. 47).

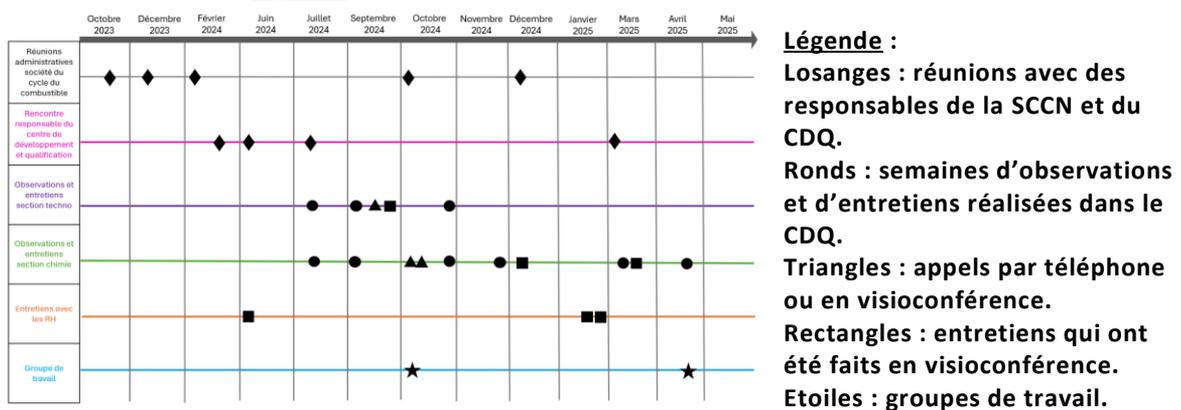
Dans ce cadre, la question de recherche est la suivante : comment la compréhension de la gestion des compétences sur le terrain (usages des dispositifs de gestion nationaux et locaux) peut-elle contribuer à l'appréhension des compétences critiques et à leur transmission au sein du collectif ?

3. METHODOLOGIE

3.1 Démarche de recherche

La co-construction du projet de thèse avec une société du cycle du combustible nucléaire (SCCN) a permis d'avoir accès à un terrain d'étude. La Figure 1 rend compte du processus de co-construction avec les acteurs à différents niveaux : à la fois avec SCCN, des responsables du centre de développement et qualification (CDQ) et des acteurs de ce centre.

Figure 3 : Démarche de co-construction avec le terrain



La recherche se déroule dans le pôle « projet » de la SCCN qui traite d'ingénierie (support à l'exploitant, développement de procédés, démantèlement, étude et réalisation) et de management de projets. A l'intérieur de ce pôle un CDQ doit, entre autres, trouver des solutions lorsque des pannes surviennent dans l'usine de recyclage et concevoir ou développer de nouveaux outils selon les besoins de l'usine. Ce rôle de support amène les acteurs de ce centre à travailler sous forme de projet.

Cette activité nécessite une gestion des compétences différente du reste de la société du cycle du combustible nucléaire. Le fonctionnement par projet met les acteurs dans des situations de résolution de problème qui impliquent le développement de compétences spécifiques, ainsi que leur transformation au fur et à mesure des situations rencontrées.

3.2 Terrain

Pour cette étude, nous avons choisi de nous centrer sur le laboratoire de cimentation du CQD. Il est composé de huit personnes (4 techniciens et 4 ingénieurs) dont une responsable de laboratoire. Il contribue à plusieurs projets qui se déroulent sur un temps long (parfois plusieurs dizaines d'années). Notre présentation porte sur un projet relatif à la cimentation de certains déchets nucléaires de faible granularité pour trouver une nouvelle formulation cimentaire. Cela se déroule en plusieurs étapes :

création d'un simulant de déchets, essais de criblage pour déterminer la matrice cimentaire, essais en laboratoire et essais grande échelle.

3.3 Population

Le tableau 1 reprend les caractéristiques des acteurs du laboratoire de cimentation qui sont intégrés à la première étude. Ces acteurs sont des ingénieurs (I.) ou des techniciens (T.). Nous cherchons à avoir une vue d'ensemble sur la formation et l'expérience de chaque acteur, ainsi que du domaine de travail à l'intérieur du CDQ. Nous pouvons notamment voir que chaque acteur a eu une expérience dans le domaine du nucléaire avant d'être embauché au CQD.

Tableau 2: Caractéristiques de la population de la première étude.

C D Q	Acteurs	Formation	Age	Ancienneté
C h i m i e	TH - T.	DUT chimie	54	Chantier d'un EPR, secteur qualité 4 ans au CQD (chimie, cimentation)
	IG - I.	Ingénieur - matériaux, aéronautiques, traitement de surfaces	24	1 an au CQD (stage puis intérimaire)
	IB- I.	Master sur le traitement des eaux et de l'environnement Master en génie des procédés, traitement des effluents	34	4 ans au CQD (3 en intérim, titulaire depuis 1 an)
	TF - T.	BTS maintenance industrielle	60	20 ans une usine de retraitement des déchets ; 20 ans au CQD
	IP - I.	Ingénieur – Physique et chimie industrielle Master spécialisé en optimisation de systèmes énergétiques	41	2 ans dans une usine de retraitement des déchets ; 10 ans dans une SCCN ; 1 ans CQD
	IM - I.	IUT génie chimique et génie des procédés Ingénieure en chimie –pétrochimie et raffinage	37	10 ans dans une SCCN ; 4 ans au CQD

3.4 Recueil de données

3.4.1 Entretiens

Quatorze entretiens exploratoires ont été réalisés avec les acteurs du CQD, et nous nous intéressons ici à six d'entre eux qui concernent le laboratoire de cimentation (tableau 1). Une grille d'entretien a été construite en amont avec des catégories relativement larges (informations biographiques, relatives à l'activité, aux compétences mises en œuvre et à leur gestion). Le but de ces catégories est de pouvoir avoir une meilleure compréhension du travail de chaque acteur ainsi que du fonctionnement global de l'usine support. Les questions sur la notion de « compétences » et des outils de gestion de compétences permettent également d'avoir une première vision des connaissances qu'ont les acteurs sur ces sujets et d'avoir un aperçu d'éventuels outils « informels » de gestion des compétences. L'ensemble des entretiens ont été entièrement retranscrits et anonymisés à partir de leur enregistrement audio. Ces entretiens ont permis d'orienter les observations ouvertes de la première étude.

3.4.2 Observations

Des observations ouvertes « papier/crayon » ont été réalisées dans le laboratoire de cimentation car les enregistrements audio et vidéo n'étaient pas possibles. Chaque observation se focalisait sur un acteur et sur un essai réalisé dans le cadre du projet. La prise de note portait sur les actions de la personne observée et ses interactions avec les autres. Plus précisément, l'observation d'une simulation de la taille des procédés en usine (« échelle 1 ») a été réalisée. Elle prend en compte les interactions et les déplacements d'une partie du collectif¹⁰ : les personnes qui ajoutaient du

¹⁰ Certains acteurs n'étant pas visibles et audibles

fluidifiant¹¹ dans le mortier, en fonction d'informations données par une technicienne expérimentée ou en fonction d'une courbe¹² numérique suivie par les ingénieurs. L'une des actrices ayant pris des films de l'évolution du mortier, nous les avons utilisés pour une auto-confrontation avec elle.

Une observation d'une réunion « planning » du même laboratoire a également été effectuée où six personnes étaient présentes. C'est un moment de réunion des techniciens et ingénieurs de l'ensemble du laboratoire (8 personnes). Notre objectif était de comprendre sur quels critères les acteurs se répartissent les tâches pour la semaine suivante. Et d'identifier si ces réunions sont des moments de transmission de connaissances entre les différents acteurs. Notre prise de note a permis de retranscrire une grande partie des dialogues.

3.4.3 *Recueil de documents*

Finalement, un tableau de recensement des compétences du CQD nous a été transmis. C'est un tableau regroupant l'ensemble de ce que les acteurs/la direction/les RH a recensé comme « compétences » présentes dans le centre. Chaque acteur y est référencé avec les compétences qu'il est censé détenir et ce tableau est mis à jour tous les ans. Il donne à la direction une vision globale des besoins que peut avoir le centre. Il permet notamment l'orientation des recrutements en fonction des projets en cours et futurs. Il nous donne aussi un premier aperçu de ce que les RH considèrent comme étant des compétences.

3.5 **Traitement des données**

Pour comprendre comment la gestion des compétences est organisée lors de la « réunion planning », une première analyse thématique a été réalisée. Elle permet d'identifier les critères sur lesquels s'appuient les acteurs du laboratoire de cimentation pour répartir les tâches.

En parallèle, une chronique d'activité a été effectuée pour l'observation de l'essai « échelle 1 » à partir des interactions et des déplacements de deux ingénieurs et une technicienne expérimentée. L'objectif était de comprendre ce qui amenaient à l'ajout de fluidifiant dans le mortier.

3.6 **Début d'analyse/résultats**

En ce qui concerne la gestion des compétences, nous pouvons observer que la « réunion planning » hebdomadaire permet de répartir les tâches à réaliser pour la semaine suivante au sein du collectif, à partir l'actualisation de différents plannings. Les critères de cette répartition ne sont pas les mêmes en fonction des acteurs. L'ingénieure qui gère le déroulement de la réunion s'appuie notamment sur la disponibilité des acteurs et les projets auxquels ils sont rattachés, ainsi que le niveau d'urgence du projet. La technicienne expérimentée quant à elle, s'appuie sur l'expérience que les acteurs ont ou non de la tâche que l'ingénieure leur demande de réaliser. Si la technicienne explique qu'une personne n'a jamais réalisé le type de tâche demandée, l'ingénieure met en place, quand c'est possible, une forme de tutorat en demandant à une personne expérimentée de réaliser cette tâche en binôme avec la personne novice. Quand cette forme de tutorat ne peut pas être mise en place, la tâche est donnée à un autre acteur. En parallèle, le critère de disponibilité du matériel est utilisé par ces deux actrices en fonction des connaissances qu'elles ont de l'avancée de chaque projet. Finalement, chaque attribution de tâche est validée par l'acteur concerné, et l'ensemble des acteurs apportent des informations tout le long de la réunion sur leur disponibilité et l'avancée de leurs projets.

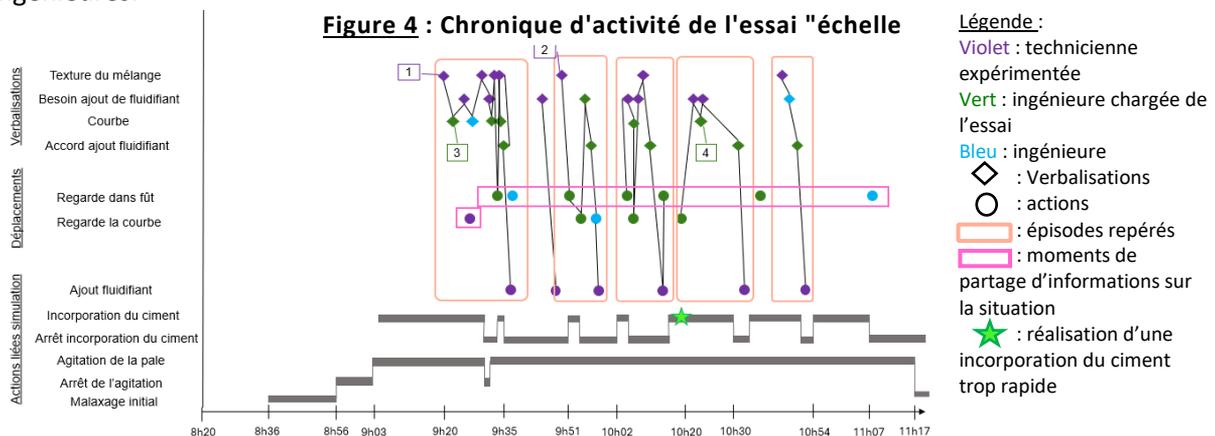
En ce qui concerne l'essai « échelle 1 », la chronique d'activité ci-dessous (figure 2) relate une partie de l'activité d'une technicienne expérimentée et de deux ingénieurs lors de la réalisation du

¹¹ Le fluidifiant a pour but de rendre plus liquide le mortier qui est réalisé. Le but des acteurs est de trouver l'équilibre entre un mortier suffisamment fluide pour que les déchets se mélangent au ciment et un mortier suffisamment épais pour que les déchets ne tombent pas au fond du fût.

¹² Dans l'usine de recyclage, l'ensemble du processus (ajout du ciment et du fluidifiant pour faire le mortier) est automatisé à cause des risques d'irradiation. Les ingénieurs conçoivent donc une courbe que suivra les automates pour indiquer les « bons » moments pour ajouter du fluidifiant. Cet essai servait à valider ou non cette courbe.

mortier qui amène l'ajout du fluidifiant. La technicienne regarde dans le fût tout au long de l'essai l'évolution du mortier et donne des indications aux ingénieures. Ces dernières sont au niveau de table de contrôle et suivent la courbe sur un ordinateur relié au simulateur de l'essai.

Cinq épisodes (rectangles oranges) peuvent être repérés sur cette chronique et montrent une évolution des interactions qui amènent l'ajout du fluidifiant entre la technicienne et les ingénieures : celles-ci sont de plus en plus courtes. Plus précisément, c'est la technicienne qui indique quand il faudrait ajouter du fluidifiant en donnant notamment des informations sur la texture du mortier : « *c'est moche, je n'ai jamais vu ça* » (épisode 1, observation, TF). Elle anticipe également l'évolution du mortier : « *il [le mortier] va être épais, non ?* » (épisode 2, observation, TF). Nous pouvons faire l'hypothèse que derrière le diagnostic qu'elle pose sur l'évolution du mortier, se trouve un invariant opératoire et une compétence critique sur la question de l'homogénéité du mortier. De ce fait, son but durant l'essai serait de produire un mortier de qualité et communiquerait des informations aux ingénieures.



En parallèle, les ingénieures sont centrées sur le suivi de la courbe : « *on suit la courbe* » (épisode 3, observation, IB) ; « *je ne sais pas où en est la courbe* » (épisode 4, observation, IB). Les buts des ingénieures qui veulent valider ou non la courbe et ceux de la technicienne qui souhaite produire un mortier de qualité divergent. Le premier ajout de fluidifiant s'est fait trop tard, cela va amener l'apparition d'une couronne de ciment à l'intérieur du fût qui ne s'incorporera pas avec le reste du mortier. Il semble qu'il y ait eu une désynchronisation de la compréhension de la situation. Pour autant, nous pouvons observer des moments de partage d'informations sur la situation. La technicienne vient prendre connaissance de la courbe à suivre au début de l'essai, et les ingénieures viennent voir l'intérieur du fût tout au long de l'essai. Ces derniers sont des moments où la technicienne peut plus facilement expliquer la situation, notamment en montrant la couronne de ciment qui est apparue. De plus, deux autres ingénieurs sont sur une plateforme au-dessus du fût pour verser le ciment. Ces deux acteurs ne sont pas visibles par les autres membres du collectif et le bruit ambiant les empêchent de s'entendre. Ces contraintes environnementales peuvent contribuer à la désynchronisation que nous avons identifiée. A un niveau plus fin, nous notons aussi une désynchronisation temporelle car les ingénieurs versent le ciment plus rapidement que prévu. Nous pouvons donc faire l'hypothèse que la représentation de la situation n'est pas ou peu partagée au sein du collectif.

Pour finir, nous avons pu observer dans cette situation, des compétences critiques de la technicienne expérimentée dans la production d'un mortier de qualité, en faisant l'hypothèse qu'un invariant opératoire de l'homogénéité constitue une dimension de ses compétences. Mais aussi des désynchronisations dans le collectif qui peuvent être liées à sa répartition spatiale mais peut être également aux différents métiers qui se rencontrent (technicienne et ingénieurs) et qui ne poursuivent pas les mêmes buts.

4. PERSPECTIVES

Pour continuer l'étude sur le projet du laboratoire de cimentation, des entretiens d'auto-confrontation sont prévus pour compléter le recueil de données, ainsi que des observations systématiques de certaines étapes du processus. Pour les questions de compétences individuelles et collective, le choix a été fait, suite à un groupe de travail avec les acteurs du terrain, de se focaliser sur l'observation des essais « échelle 1 » et de la réalisation de gâchée en laboratoire lors de session de tutorat. Pour cette deuxième sorte d'observation, nous avons eu l'autorisation de les filmer.

En ce qui concerne la gestion des compétences, nous allons continuer à observer les réunions « planning » en les enregistrant. Un travail est aussi engagé auprès des responsables de la gestion des compétences dans le service des ressources humaines du pôle « projets » de la SCCN. Ce travail consiste à mieux comprendre la manière dont les RH conçoivent les « compétences » et quels dispositifs de gestion des compétences sont mis en place.

5. BIBLIOGRAPHIE

- ASN (2024). *Compétences, gestion de crise et dispositifs de formation*. Rapport du COFSOH. <file:///C:/Users/tessier-mar/Downloads/GT%20C%20-%20Comp%C3%A9tences,%20gestion%20de%20crise%20et%20dispositifs%20de%20formation-2.pdf>
- Barthe, B., & Queinnec, Y. (1999). Terminologie et perspectives d'analyse du travail collectif en ergonomie. *L'Année psychologique*, 99(4), 663-686. <https://doi.org/10.3406/psy.1999.28501>
- Coulet, J. (2011). La notion de compétence : un modèle pour décrire, évaluer et développer les compétences. *Le travail humain*, Vol. 74(1), 1-30. <https://doi.org/10.3917/th.741.0001>
- De Montmollin, M. (1984). *L'intelligence de la tâche : éléments d'ergonomie cognitive*. Lang.
- Dietrich, A. (2018). *Management des compétences*. Vuibert.
- Falzon, P., & Darses, F. (1996). La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive. *Coopération et conception*, Octarès, 123-135
- Giboin, A. (2004). La construction de référentiels communs dans le travail coopératif. Dans Jean-Michel Hoc et al. (dir.), *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*. Presses Universitaires de France. 119-139
- Largier, A. (2023). *Les compétences de l'expertise : le cas de la fabrication d'évaluations de sûreté nucléaire à l'IRSN*. [Mémoire pour l'habilitation à diriger des recherches, Université Paris Est Sup].
- Leplat, J. (1991). Les compétences collectives. In J. Leplat & M. de Montmollin (Eds.). *Les compétences en ergonomie* (pp.161-170). Toulouse : Octarès.
- Leplat, J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail*. Paris, PUF.
- Leplat, J. (2008). Les compétences dans l'activité et leur analyse. *Psihologia Resurselor Umane*, 6 (2), 16-30.
- Rabardel, P. & Samurçay, R. (2004). Modèles pour l'analyse de l'activité et des compétences, propositions. Dans R. Samurçay & P. Pastré (coord.), *Recherches en didactique professionnelle*. Toulouse : Octarès, 163-180.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies ; approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Rogalski, J. (2011). Expériences et construction d'invariants : connaissances opérationnelles, schèmes d'action et « qualités ». *Travail et Apprentissages*, 7, 45-61. <https://doi.org/10.3917/ta.007.0045>
- Terssac, G (de). & Chabaud, C. (1990). Référentiel commun et fiabilité. In J. Leplat & G. de Terssac (Eds.). *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*. Toulouse : Octarès, 111-140.
- Thébault, J., Boccara, V., Beaujouan, J., & Vidal-Gomel, C. (2021). Compétences. Dans E. Brangier & G. Vallery (Éd.), *Ergonomie : 150 notions clés*, 162–165. Dunod
- Ughetto, P. (2014). Référentiels de compétences : ce que l'instrument fait à la logique compétence. Dans Prot, *Les référentiels contre l'activité*. Octarès, 35-49. <https://enpc.hal.science/hal-01059281v2>
- Vergnaud G., (1990). La théorie des champs conceptuels, *Recherches en didactique des mathématiques*, 10, 2-3, 133-170.

Vergnaud G., (1996). Au fond de l'action, la conceptualisation. In Barbier, J-M., Savoirs théoriques et savoirs d'action. PUF, 275-292.