
Doctoriales

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



Avec le concours du RJCE



Avec le soutien du Collège des Enseignants Chercheurs en Ergonomie



Paris, CNAM rue Gay-Lussac, le 04/07/2023

Comité d'organisation des doctoriales

Comité de Lecture

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

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

Christine Chauvin (Université de Bretagne Sud)

Béatrice Cahour (CNRS i3 Télécom ParisTech)

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

Avec le Réseau des Jeunes Chercheurs en Ergonomie (RJCE)

Claire Violleau (IMS-UMR CNRS 5218, Université de Bordeaux)

Alexandra Wartel (IRSN & CNRS IMS Talence)

Discutants

Eugénie Avril (LAMIH-SHV, Université Polytechnique Hauts de France)

Jean-Marie Burkhardt (IFSTTAR LPC)

Christine Chauvin (Université de Bretagne Sud)

Irène Gaillard (CERTOP-Université de Toulouse, CNAM)

Louis Galey (LPS-Université Paris Nanterre)

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

Clément Guérin (Université de Bretagne Sud)

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

Gaël Morel (Université de Bretagne Sud)

Sylvia Pelayo (Université de Lille & CIC-IT INSERM)

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

Programme Doctoriales ARPEGE - RJCE

9h00	PONCATO Charlyne	Documenter les effets de moyen et long terme des conditions de travail des sapeurs-pompiers sur leur santé	p.43
9h30	RENAUDIN Richard	Les apports de l'ergonomie constructive pour la compréhension de l'activité des soignants en service de gérontologie. Prendre en compte l'expérience vécue pour le développement professionnel et une santé co-construite au travail	p.56
10h00	PONCET Sandra	Liens entre collectif et marge(s) de manœuvre des aides-soignants en EHPAD, un enjeu de prévention des TMS	p.50
10h30			
11h00	STITI Sabrina	Vers un robot humanoïde à domicile comme outil d'entraînement orthophonique à distance pour les enfants sourds implantés cochléaires	p.62
11h30	LEULIER-BLANCHARD Maëva	Les apprentissages organisationnels initiés par la crise sanitaire de la Covid-19 dans les services hospitaliers	p.37
12h			
13h30	BAGOUSSE Cynthia	Créativité, pensée future & pensée critique : de l'utilisation du Design-Fiction aux enjeux pour l'innovation et l'éducation	p.4
14h00	COULOMB Benjamin	Enjeux cognitifs de la supervision de systèmes automatisés et multi-effecteur	p.17
14h30	BREARD Hugo	Situations anxiogènes et inconfortables en conduite : activité vécue en situation et aides à concevoir	p.10
15h00			
15h30	KAMOISE Naomi	Jumeau numérique collaboratif pour la planification des Ordres de Travail préventifs	p.31
16h00	FERRIES Emilie	Analyse du comportement de l'humain-passager dans une navette autonome et connectée de niveau 5	p.25

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

Créativité, pensée future & pensée critique : de l'utilisation du Design-Fiction aux enjeux pour l'innovation et l'éducation

Cynthia BAGOUSSE

Aix-Marseille Université, 29 avenue Robert Schuman, 13621 Aix-en-Provence cdx 01
c.bagousse@gmail.com

Grégory Lo Monaco

Aix-Marseille Université, 29 avenue Robert Schuman, 13621 Aix-en-Provence cdx 01
gregory.lo-monaco@univ-amu.fr

Nathalie Bonnardel

Aix-Marseille Université, 29 avenue Robert Schuman, 13621 Aix-en-Provence cdx 01
nathalie.bonnardel@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

L'Ergonomie Prospective engage les ergonomes vers un exercice d'anticipation, alliant prospective et imagination, dans lequel la cognition prospective se déploie selon trois modes de pensée : la pensée future, la pensée créative, et la pensée critique. Dès lors, deux grandes difficultés sont identifiées : la tendance à envisager des futurs conventionnels qui consiste à s'appuyer sur les expériences passées et sur les connaissances acquises, et l'effet de fixation, ou notre propension à fonder nos raisonnements sur des connaissances facilement accessibles en mémoire. Dans une réflexion en psychologie ergonomique, nous avançons que le design-fiction, méthode prospective utilisant les imaginaires de la science-fiction et un artefact diégétique, conduit l'exercice de simulation à solliciter, voire développer, des compétences valorisées par l'OCDE (2019) comme étant les compétences nécessaires au 21^{ème} siècle, les fameux "4C", i.e., la créativité, la pensée critique, la collaboration et la communication.

MOTS-CLÉS : Design-fiction, ergonomie prospective, simulation activité future, cognition prospective.

1. INTRODUCTION – ANCRAGE DES TRAVAUX DE THÈSE

A l'instar de l'article de Colin et al. (2021), nos travaux interrogent les pratiques de conception ergonomique prospectives destinées à anticiper de futurs procédés, produits et services qui pourraient être utilisés dans des situations de la vie professionnelle, sociale ou domestique (Brangier & Robert, 2014). Lorsque nous tentons d'anticiper de futures situations de travail, nous sommes confrontés, en tant qu'ergonomes, à la difficulté d'appliquer une approche de conception centrée utilisateur et d'analyse de l'activité d'une situation qui n'existe pas encore, et dont le contexte sociotechnique est inconnu et/ou incertain. L'exercice est d'autant plus complexe lors nous tentons d'envisager des situations de travail sur une perspective temporelle très lointaine.

Cet exercice prospectif et imaginatif, engage notre cognition prospective selon trois modes de pensée, à savoir : la pensée future, notre capacité à imaginer et pré-expérimenter des possibilités futures (Atance & O'Neill, 2001) ; la créativité, notre capacité à produire une idée novatrice et adaptée à la situation (Bonnardel, 2002), et notre pensée critique, une pensée réflexive destinée à décider ce que l'on doit croire ou faire (Ennis, 1993) et caractérisée comme une alternative à la façon habituelle de penser (Valenzuela et al., 2017, p. 826).



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

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

2. CADRE THÉORIQUE

2.1 Anticipation et pensée future

Lorsqu'ils anticipent, les ergonomes se représentent une situation future à l'aide de simulations mentales dans lesquelles ils "pré-expérimentent" des conséquences tant sur un plan temporel que spatial. Les simulations mentales de l'avenir s'élaborent sur les expériences passées et les connaissances acquises que nous activons consciemment ou inconsciemment (Tulving, 2002), et que nous utilisons comme une ligne directrice dans la construction d'idées sur l'avenir (D'Argembeau & Van der Linden, 2004). En d'autres termes, les simulations dépendent de ce qui est autorisé ou considéré comme raisonnable, elles traduisent notre compréhension de la façon dont le monde fonctionne (Voros, 2003). Cela conduit à une tendance à envisager des futurs dits « *conventionnels* » (Voros, 2006), à savoir : les futurs probables (ce qui sera probablement), les futurs préférables (ce qui devrait être) et les futurs plausibles (ce qui pourrait être). Cette tendance peut se voir accentuée par l'effet de fixation, qui nous incite à rester fixés sur des solutions facilement accessibles en mémoire et peu originales (Chrysikou & Weisberg, 2005).

2.2 Imagination et pensée créative

Les futurs probables, reflétant la continuité d'une tendance actuelle, les futurs préférables, exprimant nos désirs en termes d'avenir, et les futurs plausibles, restant fixés sur notre compréhension et nos connaissances actuelles, limitent l'exploration des futurs potentiels. Les futurs potentiels sont les futurs qui jouent avec les limites du possible et du raisonnable, tout en s'éloignant des futurs conventionnels. Ils sont envisageables grâce à un effort cognitif supplémentaire consistant à étendre notre imagination pour repousser les limites du possible et conduire vers des réflexions alternatives et créatives. L'imagination, qui est la génération mentale délibérée de nouvelles entités ayant une intentionnalité (Vygotski et al., 2011; Ward, 1994), joue un rôle cognitivo-comportemental, en orientant nos simulations mentales vers les choix de comportements à éviter ou à adopter, et en planifiant des actions spécifiques (Hallford & D'Argembeau, 2021).

Elle est étroitement liée à la créativité, qu'elle implique pour venir préciser les simulations mentales de l'avenir, notamment par la génération et l'introduction de nouvelles contraintes (Bonnardel & Lellouche-Gounon, (in press); Darses & Falzon, 1996; Tromp, 2022). De plus, l'imagination et la créativité sont sensibles à la nature des connaissances activées préalablement, ce qui est, dans le cas de créativité, déterminant pour la résolution de problèmes créatifs (Camarda & Cassotti, 2020). En effet, la présentation d'exemples peut influencer et, dans certains cas, favoriser le processus d'évocation d'idées, tel que des exemples de nature inter-domaine (Bonnardel & Marmèche 2005).

2.3 Exercice de simulation de l'activité future et pensée critique

Dans le cadre d'approches ergonomiques, les ergonomes ont recours à la simulation de l'activité future pour envisager et évaluer de nouvelles formes d'activités futures impliquant des transformations possibles au sein de nouveaux scénarios de prescription (Daniellou, 2004; Van Belleghem, 2018). Elle est également utilisée à des fins d'apprentissage ou de formation tant techniques que sociales (Béguin & Pastré, 2002).

La simulation d'activité future, sous un format collectif, mobilise des ressources communicationnelles pour externaliser les représentations mentales, et pour maintenir un processus de synchronisation cognitive, observable notamment par le discours argumentatif. L'approche ergonomique de l'argumentation (Darses 2006, 2009), s'intéresse d'ailleurs aux interactions verbales lors de la simulation d'activité future, au travers les activités cognitives coopératives, telles que l'intégration des points de vue, dans le but de travailler collectivement sur l'élaboration ou la modification d'une simulation d'une solution, et l'intégration de critères en vue de la résolution de problème collective (Darses, 2023). Enfin, l'argumentation, encourage, comme le souligne Nussbaum (2008) à générer des relations entre les concepts et les connaissances antérieures (Wittrock, 1992) et

à envisager et/ou adopter des conceptions alternatives (Reiser et al., 2001), ce qui dynamise et favorise l'exercice prospectif et imaginaire.

2.4 Démarche du design-fiction et externalisation des représentations

Dans une réflexion psycho-ergonomique, nous nous sommes interrogés sur les pratiques prospectives pouvant guider l'exercice de simulation de l'activité future vers l'exploration de futurs potentiels, tout en favorisant la réflexion créative et argumentative. Notre choix se porte sur la méthode du design-fiction, dotée de propositions intéressantes pour participer à ce guidage.

Le design-fiction permet d'explorer des futurs alternatifs en maniant les imaginaires de la science-fiction et des objets manipulables du monde de la fiction (i.e., artefact diégétique), servant à renforcer l'immersion (Bleecker, 2009). La première proposition du design-fiction est l'utilisation d'imaginaires de science-fiction, permettant de profiter de la valeur cognitive de ce genre pour explorer d'autres alternatives. La valeur cognitive est composée par l'*estrangement*, ou processus par lequel une chose familière devient étrange, ainsi que du *novum*, élément ou propriété du monde fictionnel qui s'écarte des règles de fonctionnement habituelles (Suvin, 1979). De ce fait, le design-fiction encourage les tests imaginatifs et les tests d'hypothèses, notamment sous la forme "et si..." (Rumpala, 2018). Il positionne également l'espace fictionnel de conception dans un avenir lointain, temporellement, spatialement et/ou conceptuellement (Dindler, 2010). La seconde proposition du design-fiction est l'utilisation de représentations artéfactuelles externes (i.e., les narratifs et les artefacts science-fictionnels) dotées de propriétés informationnelles, ontologiques et/ou sémantiques qui agissent tels des agents cognitifs pour guider les inférences et faciliter l'activité de résolution de problème (Rabardel, 1999).

3. PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DE LA THÈSE

L'objectif général de nos travaux est de savoir dans quelle mesure la présentation d'un narratif de science-fiction et/ou d'artefacts diégétiques permet d'agir sur notre *mindset* en favorisant les réflexions créatives et critiques tournées vers l'avenir. Nous défendons l'idée que l'utilisation du design-fiction introduit de nouvelles contraintes, favorisant la synchronisation cognitive et l'externalisation des solutions, ce qui permet d'obtenir un terrain favorable à la communication et à la collaboration.

4. MÉTHODOLOGIE & ORGANISATION DES TRAVAUX DE THÈSE

Deux axes d'études sont proposés. L'un portant sur le narratif de la science-fiction, dont nous présenterons les premiers résultats, et l'autre s'intéressant à l'artefact fictionnel et diégétique, qui sera sommairement présenté ici, dans l'objectif d'offrir une vue d'ensemble des travaux de thèse.

4.1 Études sur le narratif de science-fiction

Ce premier axe de recherche se compose de trois études, une exploratoire et deux empiriques, visant à considérer l'utilisation d'un narratif de science-fiction lors d'exercices de simulation d'activité future.

L'étude exploratoire menée sur 18 en psychologie et ergonomie, a permis d'éclairer les relations entre des variables intra-individuelles (i.e., les traits de personnalité et la perspective temporelle) au regard de l'utilisation d'un narratif de science-fiction utilisé pour définir le contexte de l'activité future envisagée. Les résultats ont suggéré **(1)** un rapport au temps futur lié à la personnalité, en particulier au névrosisme, au caractère consciencieux et à l'ouverture d'esprit ; **(2)** des effets bénéfiques de la perspective temporelle très lointaine sur les performances créatives dans un contexte futuriste ; **(3)** et une sorte d'effet « plancher », mis en exergue par la manipulation d'un narratif science-fiction qui ne semble pas améliorer les performances créatives chez les groupes déjà créatifs. Cela nous a conduit à deux interprétations hypothétiques de cet effet plancher : selon l'une, cet effet pourrait résulter de l'exposition répétée à une tâche de créativité qui conduirait à un désengagement cognitif. Selon l'autre, cet effet résulterait d'un effet de fixation produit par la nature des connaissances sollicitées lors la première tâche (i.e., des connaissances acquises et des expériences passées). Cela nous a

conduit à orienter nos questions de recherche de l'étude empirique vers les effets du narratif science-fiction sur l'engagement cognitif et sur l'activation de connaissances lors d'un exercice de simulation d'activité future (Bagousse et al., soumis).

Une première étude (étude 1.1) a réparti 18 étudiants en psychologie et ergonomie d'Aix-Marseille Université, en six groupes de trois participants selon trois conditions expérimentales : (1) futur-avec-science-fiction, (2) futur-sans-science-fiction, et (3) futur-sans-narratif (contrôle). Les trois conditions se différençaient par la nature des propositions d'évolutions des besoins, des usages, et des objets (i.e., des évolutions probables dans la condition « futur-sans-science-fiction », et des évolutions potentielles dans la condition « futur-avec-science-fiction »). Leur tâche consistait à simuler ce que pourraient être les échanges et la communication dans un avenir très éloigné (i.e., en 2050), en s'intéressant aux nouveaux acteurs, nouveaux moyens, nouveaux objets et nouveaux comportements de communication en 2050. L'objectif de cette étude était d'observer dans quelle mesure l'exposition d'un narratif de science-fiction comme contexte d'une activité future permettait d'envisager une activité future potentielle (i.e., activation de connaissances alternatives), et de favoriser l'engagement cognitif et la dynamique communicationnelle de la tâche de simulation. Pour cela, nous nous sommes intéressés à l'activité dialogique de l'exercice de simulation de l'activité que nous avons, dans un premier temps, modélisée en termes descriptifs, à savoir : (1) les échanges destinés à la résolution de problème et (2) les échanges destinés à l'argumentation et la prise de décision (Burkhardt et al., 2009). Ce type d'analyse et de modélisation nous a permis de mettre en lien d'une part, la dynamique de l'activité dialogique avec les performances créatives, et d'autre part, les performances créatives avec l'engagement cognitif, affectif et comportemental évalué sur le concept du Flow (Csikszentmihalyi & Patton, 1997). La prise en compte des performances créatives, nous a assuré que les idées élaborées par les participants satisfaisaient les contraintes du problème de conception (i.e., indices de perspicacité, d'unicité idéationnelle, d'élaboration des idées et d'éloignement).

Les résultats suggèrent que la condition « futur-avec-science-fiction » **(a)** favorise plus d'échanges pour l'argumentation et la prise de décision ; **(b)** bénéficie d'un meilleur indice d'élaboration des idées ; et **(c)** rend l'activité plus passionnante pour ceux qui apprécient déjà la science-fiction. Cette étude tend à montrer que le design-fiction permet d'activer les trois modes de pensée de la cognition prospective. Cela peut s'expliquer par le fait que le narratif de science-fiction agit comme une contrainte de conception nécessitant une synchronisation cognitive et l'intégration de nouvelles règles de fonctionnement issues du monde fictionnel. Ainsi, les mécanismes de l'*estrangement* et du *novum*, propres au genre de science-fiction, soutiennent l'activité collaborative en facilitant le co-conception d'une représentation fonctionnelle commune par l'intégration des points de vue et la prise de décision collective (Darses, 2009).

Au vue de ces résultats, un prolongement de l'étude 1.1 a été conduit (étude 1.2, en cours de traitement de données) dans l'idée de réaliser une analyse ergonomique de l'argumentation plus fine, en distinguant d'une part, l'intégration des points de vue dans le but de coconstruire une représentation fonctionnelle commune (i.e., l'analyse du problème), et d'autre part, l'intégration de contraintes dans le but de résoudre le problème (Darses, 2006, 2009, 2023).

4.2 Études sur l'artefact diégétique

Le second axe du travail de thèse qui n'est pas développé ici, porte sur l'exposition à un artefact fictionnel (i.e., support pictural, support textuel) ou diégétique (i.e., support manipulable) lors de la simulation d'une activité future, afin d'observer les éventuels effets des différentes formes d'artefacts.

5. APPORTS

Nos apports se situent tant au niveau de la pratique prospective des ergonomes, que dans le développement de leur cognition prospective.

Au niveau de la pratique prospective, nous proposons une combinaison de méthodes ayant pour but de faciliter l'exercice imaginaire et prospectif, notamment pour surmonter "le paradoxe de

l'ergonomie de conception", en palliant d'une part, à la tendance à envisager des futurs conventionnels par l'élargissement de "l'espace des formes possibles d'activité future" (Daniellou, 2004). D'autre part, à l'effet de fixation, en activant des natures alternatives de connaissances qui ne seraient pas intuitivement sollicitées. Au niveau du développement de la cognition prospective, le design-fiction offre un terrain favorable à la sollicitation, voire le développement des 4C. Ces compétences ont une double nécessité, l'une, est de doter les ergonomes de compétences qui leur permettraient d'envisager et de simuler un panel plus large de situations et d'évènements futurs, l'autre est de les munir des compétences qui leur permettraient de s'adapter aux innovations et d'assimiler certains des changements qui en découlent (Forges et al., 2020).

Au-delà de l'amélioration de la cognition prospective et d'une expansion du panel des futurs, les futurs potentiels envisagés par le design-fiction, peuvent être discutés, débattus et utilisés pour définir collectivement un futur vers lequel d'orienter. Ainsi, nous suivons l'idée de Dunne & Raby (2013) selon laquelle l'exploration de futurs potentiels nous permet de considérer aujourd'hui des facteurs qui pourraient conduire à des futurs plus souhaitables ou d'identifier des facteurs qui pourraient conduire à un futur indésirable. Le design-fiction pourrait donc avoir des bénéfices plus larges, aussi bien dans sa capacité à amorcer des discussions (Adam, 2020) que dans sa proposition de se mettre au défi, des politiques futures (Pólvora & Nascimento, 2021) ou des problèmes éthiques à venir (York & Conley, 2020).

6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adam, D. (2020). "Design fiction" skirts reality to provoke discussion and debate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(24), 13179-13181. <https://doi.org/10.1073/pnas.2008206117>
- Atance, C. M., & O'Neill, D. K. (2001). Episodic future thinking. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(12), 533-539. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01804-0](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01804-0)
- Béguin, P., & Pastré, P. (2002). *Working, learning, interacting through simulation* (S. Bagnara, S. Pozzi, A. Rizzo, & P. Wright, Éd.s.; p. 5-13).
- Bleecker, J. (2009). *Design Fiction : A Short Essay on Design, Science, Fact and Fiction*. Near Future Laboratory. <http://blog.nearfuturelaboratory.com/2009/03/17/design-fiction-a-short-essay-on-design-science-fact-and-fiction/>
- Bonnardel, N. (2002). Entrée : Créativité. In G. Tiberghien (Éd.), *Dictionnaire des sciences cognitives* (p. 95-97). Armand Colin.
- Bonnardel, N., & Lellouche-Gounon, A. ((in press)). Constraints in creativity : Their role and use to reach creative (design) solutions. In C. Tromp, R. Sternberg, & D. Ambrose (Éds.), *The paradox of constraints in creativity*. (Advances in Creativity and Giftedness series of Brill Publishers.).
- Bonnardel, N., & Marmèche, E. (2005). Towards supporting evocation processes in creative design : A cognitive approach. *International Journal of Human-Computer Studies*, 63(4-5), 422-435. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2005.04.006>
- Brangier, É., & Robert, J.-M. (2014). L'ergonomie prospective : Fondements et enjeux. *Le travail humain*, 77(1), 1. <https://doi.org/10.3917/th.771.0001>
- Camarda, A., & Cassotti, M. (2020). Chapitre 8. La créativité. In *Neurosciences cognitives développementales* (De Boeck supérieur, p. 252-280). <https://doi-org.lama.univ-amu.fr/10.3917/dbu.poire.2020.01.0252>
- Chryssikou, E. G., & Weisberg, R. W. (2005). Following the Wrong Footsteps : Fixation Effects of Pictorial Examples in a Design Problem-Solving Task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(5), 1134-1148. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.31.5.1134>
- Colin, C., Martin, A., Bonneviot, F., & Brangier, E. (2021). Unravelling future thinking : A valuable concept for prospective ergonomics. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 1-27. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2021.1943045>
- Csikszentmihalyi, M., & Patton, J. D. (1997). LE BONHEUR, L'EXPÉRIENCE OPTIMALE ET LES VALEURS SPIRITUELLES : UNE ÉTUDE EMPIRIQUE AUPRÈS D'ADOLESCENTS. *Revue québécoise de psychologie*, 18(2).
- Daniellou, F. (2004). 21. L'ergonomie dans la conduite de projets de conception de systèmes de travail. In *Ergonomie* (p. 359-373). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0359>
- D'Argembeau, A., & Van der Linden, M. (2004). Phenomenal characteristics associated with projecting oneself back into the past and forward into the future : Influence of valence and temporal distance. *Consciousness and Cognition*, 13(4), 844-858. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2004.07.007>

- 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>
- Darses, F. (2023, mai 11). *Approche psychoergonomique de l'argumentation*. Colloque ModACT 2023, Paris.
- Darses, F., & Falzon, P. (1996). *LA CONCEPTION COLLECTIVE : UNE APPROCHE DE L'ERGONOMIE COGNITIVE*.
- Dindler, C. (2010). The construction of fictional space in participatory design practice. *CoDesign*, 6(3), 167-182. <https://doi.org/10.1080/15710882.2010.493941>
- Dunne, A., & Raby, F. (2013). *Speculative everything : Design, fiction, and social dreaming*. The MIT Press.
- Ennis, R. H. (1993). Critical thinking assessment. *Theory Into Practice*, 32(3), 179-186. <https://doi.org/10.1080/00405849309543594>
- Forges, R., Daniel, M.-F., & Borges, C. (2020). Chapitre 2. Créativité et esprit critique : De la théorie à des référentiels de compétences à l'usage des enseignants. In *Développer la créativité et l'esprit critique des élèves Des actions concrètes pour l'école: Vol. Vol. 3* (OECD iLibrary). OECD publishing. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/86d70b01-fr/index.html?itemId=/content/component/86d70b01-fr>
- Hallford, D. J., & D'Argembeau, A. (2021). Why We Imagine Our Future : Introducing the Functions of Future Thinking Scale (FoFTS). *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, 44, 376-395. <https://doi.org/10.1007/s10862-021-09910-2>
- Nussbaum, E. M. (2008). Collaborative discourse, argumentation, and learning : Preface and literature review. *Contemporary Educational Psychology*, 33(3), 345-359. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2008.06.001>
- OCDE. (2019). *Stratégie 2019 de l'OCDE sur les compétences : Des compétences pour construire un avenir meilleur*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264313859-fr>
- Pólvora, A., & Nascimento, S. (2021). Foresight and design fictions meet at a policy lab : An experimentation approach in public sector innovation. *Futures*, 128, 102709. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2021.102709>
- Rabardel, P. (1999). La mémoire technique : Une anticipation du futur ? Un exemple en DAO-CAO. In *Mémoire de la technique et techniques de la mémoire* (p. 167-179). Éres. <https://doi.org/10.3917/eres.lenay.1999.01.0167>
- Reiser, J., Tabak, I., Sandoval, W. A., Smith, B. K., Steinmuller, F., & Leone, A. J. (2001). BGuILE: Strategic and Conceptual Scaffolds for Scientific Inquiry in Biology Classrooms. In S. M. Carver & D. Klahr (Éds.), *Cognition and instruction : Twenty-five years of progress* (A Psychology Press Book, p. 263-305). Lawrence Erlbaum Associates.
- Rumpala, Y. (2018). *Hors des décombres du monde : Écologie, science-fiction et éthique du futur*. Champ Vallon.
- Suvin, D. (1979). *Metamorphoses of science fiction : On the poetics and history of a literary genre*. Yale University Press.
- Tromp, C. (2022). Integrated Constraints in Creativity : Foundations for a Unifying Model. *Review of General Psychology*, 108926802110600. <https://doi.org/10.1177/10892680211060027>
- Tulving, E. (2002). Episodic Memory : From Mind to Brain. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 1-25. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135114>
- Valenzuela, J., Nieto, A. M., & Saiz, C. (2017). Critical Thinking Motivational Scale : A contribution to the study of relationship between critical thinking and motivation. *Electronic Journal of Research in Education Psychology*, 9(24). <https://doi.org/10.25115/ejrep.v9i24.1475>
- Van Belleghem, L. (2018). La simulation de l'activité en conception ergonomique : Acquis et perspectives. *Activités*, 15(1), Article 1. <https://doi.org/10.4000/activites.3129>
- Voros, J. (2003). A generic foresight process framework. *Foresight*, 5(3), 10-21. <https://doi.org/10.1108/14636680310698379>
- Voros, J. (2006). Introducing a classification framework for prospective methods. *Foresight*, 8(2), 43-56. <https://doi.org/10.1108/14636680610656174>
- Vygotskij, L. S., Brossard, M., & Anokhina, O. (2011). *Leçons de psychologie*. la Dispute.
- Ward, T. B. (1994). Structured imagination : The role of category structure in exemplar generation. *Cognitive Psychology*, 27(1), 1-40.
- Witrock, M. C. (1992). Generative Learning Processes of the Brain. *Educational Psychologist*, 27(4), 531-541. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2704_8
- York, E., & Conley, S. N. (2020). Creative Anticipatory Ethical Reasoning with Scenario Analysis and Design Fiction. *Science and Engineering Ethics*, 26(6), 2985-3016. <https://doi.org/10.1007/s11948-020-00253-x>

Situations anxigènes et inconfortables en conduite : activité vécue en situation et aides à concevoir

Hugo BREARD

Télécom Paris – Institut Polytechnique de Paris
13 UMR 9217 (CNRS), Département de Sciences
Economiques et Sociales
19 place Marguerite Perey, 91120 Palaiseau

Technocentre Renault¹
UET Facteurs Humains & Ergonomie
Cognitive de l'Expérience Utilisateur
1 Place Georges Besse, 78280 Guyancourt

hugo.breard@renault.com

Thèse sous la direction de :

Béatrice Cahour — Chercheure CNRS UMR i3, Télécom Paris IPP (Directrice de thèse)

Jean-Marie Burkhardt — Directeur de recherche, Université Gustave Eiffel (Co-directeur de thèse)

Arnaud Koustanai — Chef de projet innovation, Renault Group (Tuteur entreprise)

RÉSUMÉ

Porteuse d'enjeux sur le plan social et de la santé, cette recherche vise à décrire l'activité de conduite vécue par les conducteurs lors de situations qu'ils jugent anxigènes et à développer un système d'aide améliorant la gestion de ces situations, renforçant de fait la sécurité et le confort du conducteur. Sont développées ici les notions liées que sont l'anxiété, la peur et l'appréhension, ainsi que le questionnaire élaboré pour cerner les caractéristiques des conducteurs sujets à ce type d'émotions et les situations de conduite qui les génèrent. Ensuite, à l'aide de méthodes qualitatives, nous viserons la compréhension du processus, à la fois cognitif, corporel et émotionnel, mis en jeu avant, pendant et après la survenue de ces situations. Enfin, une démarche de conception participative sera engagée consistant à impliquer des conducteurs ressentant de l'anxiété, de la peur et/ou de l'appréhension dans le développement du système d'aide, lequel ne visera pas forcément à éliminer ces émotions qui peuvent engendrer vigilance et prudence, mais à limiter la gêne handicapante qu'elles peuvent constituer pour certains conducteurs.

MOTS-CLÉS

Conduite, anxiété, peur, conception participative, système d'aide

1. INTRODUCTION

Pour répondre aux besoins des personnes et améliorer le confort et la sécurisation de leur conduite, le secteur automobile développe de plus en plus de systèmes d'aide (e.g. monitoring du conducteur, système de centrage voie).

Cette thèse vise à développer des aides pour les personnes qui appréhendent de conduire dans certaines situations, ce qui peut compromettre leur autonomie si cela mène au renoncement à la conduite, voire générer une prise de risque s'ils continuent de conduire malgré tout (Matthews & Desmond, 1995). Dans cette optique, il paraît important de permettre aux conducteurs d'envisager de façon sereine et adaptée les situations de conduite générant ces ressentis et de favoriser leur capacité à les gérer. La conduite est à considérer comme une action située (Suchman, 1987) dans le sens où l'activité et l'expérience vécue par le sujet découlent des objectifs qu'il se donne et qui émergent en situation, de leur adaptation à l'environnement physique, social et technique tout au long de l'action, orientant ainsi la façon dont il interprète la situation et agit.

¹ Thèse CIFRE financée par Renault Group — Remerciements à J. Massoulié et G. Hernja (ECF) pour leur participation aux échanges



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

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

A notre connaissance, ce sujet a été peu traité et est porteur d'enjeux majeurs notamment sur le plan social (e.g. autonomie) et celui de la santé (e.g. effets délétères de l'anxiété).

Cette recherche vise à caractériser les conducteurs sujets à l'anxiété/peur/appréhension, à décrire l'activité de conduite vécue par les conducteurs lors de situations qu'ils jugent anxiogènes, et à développer un système d'aide améliorant la gestion de ces situations, renforçant de fait la sécurité et le confort du conducteur. Suite à la revue de littérature, cette thèse se découpe en quatre grandes étapes empiriques décrites ci-dessous (cf. tableau 1).

	(1) Enquête quantitative	(2) Enquête qualitative	(3) Idéation	(4) Pré-conception
Contenu	Questionnaire	Entretiens d'explicitation + quelques observations filmées	Ateliers de créativité avec des conducteurs anxieux	Conception participative + Évaluation du système d'aide
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> • Cibler les caractéristiques des conducteurs ressentant de l'anxiété/peur/appréhension • Identifier les situations de conduite liées à ces ressentis 	Comprendre de manière approfondie la dynamique cognitivo-émotionnelle des conducteurs ressentant de l'anxiété/peur/appréhension	Lister des idées de systèmes d'aide	<ul style="list-style-type: none"> • Concevoir un système d'aide • Évaluer le système
Planning	0—6 mois	6—24 mois	24—36 mois	

Tableau 1. Planification de la thèse

Nous allons développer ici les deux premières étapes qui sont en cours : une partie de la revue de littérature et l'enquête quantitative.

2. REVUE DE LITTÉRATURE

2.1. Le stress, l'anxiété, la peur et l'appréhension

2.1.1. Le stress, l'anxiété et la peur en contexte général

« L'expérience de l'inconfort commence lorsque les besoins physiques, physiologiques, psychologiques et sociaux [d'un individu] ne sont pas satisfaits » (Patel & D'Cruz, 2017). L'inconfort peut affecter le bien-être général d'une personne et induire certaines émotions (e.g. conduire dans un environnement difficile à contrôler correspond à une situation d'inconfort et pouvant induire du stress). Les situations inconfortables incluent donc, entre autres, les situations anxiogènes. Dans le langage courant, la frontière entre stress et anxiété est fine et ces termes semblent facilement se substituer l'un à l'autre (Poirel & Yvon, 2011). Les symptômes du stress et de l'anxiété sont particulièrement semblables (American Psychological Association, 2022 ; National Health Service, 2022) sur les plans physique (e.g. maux de tête, douleurs à la poitrine), mental (e.g. difficulté de concentration, difficulté à prendre des décisions) et comportemental (e.g. être irritable, boire ou fumer plus). Par conséquent, nous conservons par la suite le terme « anxiété » qui englobe la notion de stress.

L'anxiété est à la fois « communiquée par le corps et le cerveau de l'individu pour le mettre dans un état particulier approprié au danger, mais [...] également [propagée] au-delà de l'individu pour influencer les autres et les mettre dans un état similaire ou complémentaire » (Oatley & Johnson-Laird, 1987). À ce titre, la tension induite par l'anxiété n'est pas uniquement négativement polarisée, faisant écho au principe de constance (Cosnier, 1994). Celui-ci implique le maintien de la tension à un niveau optimal pour gérer la situation.

La peur est quant à elle liée « à des situations représentant une menace pour l'intégrité physique (comme les accidents de la circulation, les agressions physiques) ou psychologique (comme l'échec dans des situations d'accomplissement, la maladie, la prise de risque) ou encore à des périls indirects (comme la mort de personnes connues, le surnaturel, l'action de forces extérieures) » (Jodelet, 2011).

2.1.2. *L'anxiété et la peur en conduite*

Ehlers et al. (2007) proposent trois types de préoccupations qui sous-tendent l'anxiété des conducteurs, à savoir celles liées à la panique (e.g. peur de faire une crise de panique au volant), celles liées aux accidents (e.g. peur d'avoir un accident ou de se blesser) et enfin celles liées aux relations sociales (e.g. peur de recevoir des critiques de la part des autres). Les conducteurs les plus anxieux expriment davantage d'inquiétudes liées à autrui que les conducteurs les moins anxieux (e.g. Stephens et al., 2020). Dans le cas où la tension induite par l'anxiété est trop forte, le conducteur peut développer des stratégies pour faire face, aussi appelées des stratégies de coping.

Le coping correspond à « *l'ensemble des efforts cognitifs et comportementaux destinés à maîtriser, réduire et tolérer les exigences internes et externes qui menacent ou dépassent les ressources d'un individu* » (Lazarus & Folkman, 1984), menaces qui génèrent des émotions à valence négative. L'individu aura une tendance à l'approche s'il évalue l'événement comme agréable ou à l'évitement si ce n'est pas le cas (Scherer, 1986). Lazarus & Folkman (1984) distinguent deux types de coping : le coping centré sur les émotions et le coping centré sur le problème. Dans le coping centré sur les émotions en situation de conduite, l'individu essaye de réguler ses émotions tandis que dans le coping centré sur le problème, le conducteur réoriente son action pour améliorer la situation. Les stratégies d'évitement peuvent impliquer l'évitement de certaines situations ou de l'ensemble de la conduite (Fischer et al., 2020). Les conducteurs les plus anxieux évitent complètement la conduite (Stephens et al., 2020), pouvant plutôt privilégier le fait d'être passager, d'autres pouvant se restreindre à l'évitement des zones de trafic denses, des routes fréquentées, des mauvaises conditions météorologiques et des mauvaises conditions de luminosité qui sont plus marquées que pour ceux ayant de moindres niveaux d'anxiété (e.g. Stewart & Peter, 2004). De plus, les jugements d'autrui sur les capacités de conduite peuvent induire de l'anxiété chez les conducteurs (Johnson, 1998 ; Cahour, 2008).

2.1.3. *Vers un modèle intégratif de l'anxiété, de la peur et de l'appréhension en conduite*

L'anxiété en conduite peut s'établir sur un continuum allant d'un léger inconfort occasionnel jusqu'à une sévère anxiété associée à un évitement (Stephens et al., 2020 ; Taylor et al., 2022). Dans ce continuum, le ressenti d'une anxiété sévère associée à l'évitement de la situation anxiogène peut être perçu comme étant une caractéristique de la peur de conduire (Taylor et al., 2011). L'anxiété et la peur semblent donc reliées. Par ailleurs, le modèle Circumplex (Plutchik, 1980) suggère une proximité structurelle entre appréhension et peur sur la base de l'analyse des distances sémantiques entre les termes décrivant les émotions. À ce titre, considérant qu'elles font partie du même champ sémantique, trois émotions seront conservées et associées pour l'étude : l'anxiété, la peur et l'appréhension en conduite. Un modèle visant à relier ces émotions est en cours de développement.

2.2. Le profil des conducteurs concernés par l'anxiété/peur/appréhension

2.2.1. *Prévalence de l'anxiété et de la peur en conduite chez les femmes*

L'« anxiété » liée à la conduite semble plus présente chez les femmes que chez les hommes (Taylor & Paki, 2008 ; Taylor et al., 2011; Scott-Parker, 2013). Les femmes sont également plus sujettes à la « peur » de conduire que les hommes (Taylor et al., 2011).

2.2.2. *Prévalence de l'anxiété en conduite chez les jeunes conducteurs ?*

Les conducteurs âgés, interrogés par questionnaire, ne déclarent pas de forts niveaux d'anxiété (Taylor et al., 2011 ; 2022). Néanmoins, une étude qualitative semble ne pas aller dans ce sens (Cahour, Forzy & Martin, 2010). La question de l'anxiété des conducteurs âgés reste donc à approfondir.

Le constat semble plus tranché en ce qui concerne les jeunes puisque, dans une étude par questionnaire, près de la moitié d'entre eux (44 %) se déclarent stressés en conduite (Blégent et al., 2015).

2.2.3. *Prévalence de l'anxiété en conduite chez les conducteurs peu expérimentés*

Stephens et al. (2020) indiquent que la plupart des personnes n'ayant pas de permis de conduire déclarent que l'anxiété liée à la conduite est un obstacle à l'obtention du permis. Les personnes titulaires d'un permis d'apprenti conducteur et les conducteurs sans permis étaient surreprésentés dans le groupe d'anxiété extrême, représentant 87 % de l'ensemble des personnes de cette catégorie. Hernja (2005) répartit les jeunes conducteurs en deux catégories avec, d'un côté, les élèves doués d'une capacité d'anticipation des risques de haut niveau, leur permettant de faire face à des situations de conduite complexes et, de l'autre côté, les élèves qui, même en fin de formation, restent encore en grande difficulté dans la maîtrise de ces mêmes situations. Enfin, Blégent et al. (2015) mettent en évidence que 40 % des conducteurs s'auto-évaluant comme débutants ou moyens ressentent du stress.

2.2.4. *Prévalence de l'anxiété en conduite chez les CSP moins favorisées et les parents*

Les conducteurs stressés/anxieux sont plus souvent issus des catégories socioprofessionnelles moins favorisées et sont souvent parents (Blégent et al., 2015).

2.3. Le lien entre le risque et les ressentis d'anxiété/peur/appréhension en conduite

L'anxiété/peur/appréhension en conduite sont des émotions qui peuvent être bénéfiques ou délétères. Elles peuvent mettre en tension le conducteur et le maintien d'une tension optimale permet au conducteur de rester prudent et vigilant dans les situations de conduite auxquelles il est confronté et ainsi limiter sa prise de risque. Elles peuvent également réduire la prise de risque par l'évitement de certaines situations de conduite.

Néanmoins, ces ressentis peuvent également conduire à des prises de risque en détériorant le contrôle exécutif de l'exploration visuelle ainsi que l'habileté du conducteur à réguler en temps réel les variations de l'effort consacré à la tâche (Matthews & Desmond, 1995). L'étude de Cahour, Forzy & Martin (2010) indique aussi une anxiété liée à une surcharge informationnelle en conduite pour des seniors qui génère des focalisations attentionnelles risquées et des paralysies de l'action. Si la survenue d'anxiété en conduite n'est pas toujours liée à un accident (Clapp et al., 2011 ; Taylor, 2018), elle semble tout de même avoir des impacts connexes. Dula et al. (2010) mettent en avant la responsabilité des conducteurs anxieux dans les accidents. Par ailleurs, les conducteurs avec les niveaux d'anxiété les plus élevés ont un moindre sentiment de sécurité au volant (Taylor, 2018).

Ainsi, la conception de notre système d'aide ne devra pas « éliminer » ces ressentis, mais les maintenir à un niveau optimal pour garantir la sécurité et le confort des conducteurs.

On note que la revue de littérature de la thèse inclura également une partie sur les situations de conduite anxiogènes, sur les comportements associés, et sur les systèmes d'aide à la conduite.

3. MÉTHODOLOGIE DU QUESTIONNAIRE

Un questionnaire a été développé afin de caractériser les conducteurs ressentant de l'APA (Anxiété/Peur/Appréhension) en situation de conduite, mais également d'identifier les situations de conduite dans lesquelles ces ressentis se manifestent particulièrement. La définition de ces objectifs fait donc apparaître deux questions de recherche :

- **QR1 : Quelles sont les caractéristiques propres à la population sujette à de l'anxiété/peur/appréhension en situation de conduite ?**
- **QR2 : Quelles sont les situations de conduite dans lesquelles l'anxiété/peur/appréhension s'expriment principalement ?**

Le questionnaire est composé de 23 items et un inventaire de 28 situations de conduite réparties en 3 catégories « Types de route », « Interactions avec d'autres usagers » et « Autres contextes » où le répondant devait indiquer l'intensité de son sentiment habituel d'APA (sentiment vécu ou supposé)

sur une échelle allant de 1 (pas de ressenti) à 5 (très fort ressenti). La méthodologie détaillée est présentée dans Bréard et al. (2023).

4. RÉSULTATS DU QUESTIONNAIRE

Les principaux résultats du questionnaire nous permettent de confirmer certaines conclusions des auteurs précédemment cités. Les femmes déclarent plus fréquemment de l'APA que les hommes. Elles en ressentent plus pour toutes les situations de conduite et notamment sur les routes en lacet, lorsqu'elles conduisent des voitures inconnues ou en conduite de nuit.

Les jeunes conducteurs (18-35 ans) déclarent plus fréquemment de l'APA. Certains types de route semblent moins anxiogènes pour les conducteurs âgés de plus de 65 ans comme la conduite en zone urbaine dense, l'arrivée à des intersections complexes et la conduite sur voie étroite à double sens. Toutefois, d'autres situations qui mettent notamment en jeu la vision sont perçues comme plus anxiogènes par cette population comme le fait d'être ébloui par des phares, la conduite de nuit et le fait d'avoir un élément qui obstrue la visibilité. Le fait de conduire avec un passager agité ou bavard est également vécu comme étant anxiogène par les conducteurs âgés de plus de 65 ans. Les résultats détaillés sont présentés dans Bréard et al. (2023).

5. ETUDES SUIVANTES

5.1. Etude qualitative par entretiens

Des entretiens seront initiés auprès d'environ 30 personnes ressentant fortement de l'anxiété/peur/appréhension en conduite et se sentant handicapées/impactées/fortement gênées dans leur vie quotidienne ou professionnelle. Les techniques d'explicitation (Vermersch, 1994) seront utilisées pour creuser leur vécu cognitif, émotionnel et corporel en situation réelle de conduite. La fragmentation du vécu phénoménologique permettra d'appréhender le processus de survenue de ces émotions en conduite, de repérer les classes de situations perçues comme étant les plus anxiogènes, d'analyser les réactions comportementales et cognitives et de caractériser dans quelle mesure ces ressentis peuvent être gênants pour les conducteurs. La méthodologie de cette étude comprend 5 parties qui sont explicitement présentées dans le tableau 2.

	Historique de la conduite	Panorama des situations anxiogènes	Explicitation d'une situation anxiogène	Stratégies de coping	Idées de système d'aide
Objectifs	Etablir un historique de la conduite (e.g. accidents, apprentissage, parentalité, explication éventuelle sur l'évolution de sa fréquence de conduite, renoncement potentiel à conduire)	Identifier les situations de conduite les plus anxiogènes	Faire décrire une ou deux situations de conduite en suivant l'utilisation des techniques d'entretien d'explicitation (Vermersch, 1994)	Comprendre les modes d'autorégulation et les stratégies de coping mises en place pour faire face aux situations anxiogènes	Faire réfléchir sur des idées de systèmes d'aide et proposer un temps d'échange à ce sujet au cours de l'entretien ou par la suite (i.e. téléphone ou ateliers)
Intérêts	Avoir une vision globale de l'histoire du participant	Déterminer des caractéristiques communes entre les situations de conduite perçues comme anxiogènes	Analyser le vécu cognitivo-émotionnel en situation de conduite	Appréhender la manière dont le participant met en place (ou non) des stratégies pour faire face à sa problématique	Collecter les premières idées de concepts et recruter les participants pour l'étude 3

Tableau 2. Méthodologie de l'étude qualitative par entretiens

5.2. Idéation

Des conducteurs anxieux vont participer à l'idéation et la conception. Nous utiliserons donc une démarche de conception participative (Darses, 2004). La réalisation d'ateliers de créativité avec des conducteurs ressentant de l'anxiété/peur/appréhension en conduite visera à proposer des idées de

systèmes ou d'éléments qui pourraient être utiles selon eux en termes d'accompagnement avant, pendant et/ou après la conduite.

5.3. Pré-conception

Sur la base des résultats de la phase d'idéation, nous mettrons en place un groupe de travail composé de concepteurs et de conducteurs se sentant impactés par leur anxiété/peur/appréhension en conduite afin de poursuivre et développer un ou plusieurs systèmes d'aide. Enfin, une démarche d'évaluation des scénarios/maquettes/prototypes devrait permettre de connaître l'acceptation, voire l'appropriation, des utilisateurs (e.g. Bobillier-Chaumon, 2016).

6. BIBLIOGRAPHIE

- American Psychological Association. (2022). What's the difference between stress and anxiety? <https://www.apa.org/topics/stress/anxiety-difference>
- Blégent, M., Gassie, L., & Thurmaud, F. (2015). Le stress au volant. Opinion Way. <https://www.preventionroutiere.asso.fr/wp-content/uploads/2016/04/Le-stress-auvolant-aPR-TomTom.pdf>
- 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
- Bréard, H., Burkhardt, J-M., Cahour, B., & Koustanai, A. (2023). Les situations de conduite générant de l'anxiété, de la peur et/ou de l'appréhension selon le genre et l'âge. *EPIQUE 2023*, Juillet 2023, Paris, France
- Cahour, B. (2008). Discomfort, affects and coping strategies in driving activity. *ECCE 2008 (European Conference on Cognitive Ergonomics)*, Janvier 2008, Madère, Portugal
- Cahour, B, Forzy, J. F., & Martin, C. (2010). Feelings and strategies of senior drivers: ways of coping with fear?. *ECCE 2010 (European Conference on Cognitive Ergonomics)*, Août 2010, Delft, Pays-Bas, 23–31
- Clapp, J. D., Olsen, S. A., Danoff-Burg, S., Houston Hagedwood, J., Hickling, E. J., Hwang, V. S., & Gayle Beck, J. (2011). Factors contributing to anxious driving behaviour: the role of stress history and accident severity. *Journal of Anxiety Disorders*, 25, 592–598
- Cosnier, J. (1994). *Psychologie des émotions et des sentiments*. Retz
- Darses, F. (2004). Chapitre premier : La conception participative : vers une théorie de la conception centrée sur l'établissement d'une intelligibilité mutuelle. *Le consommateur au cœur de l'innovation*. CNRS Editions
- Dula, C. S., Adams, C. L., Meisner, M. T., & Leonard, R. L. (2010). Examining relationships between anxiety and dangerous driving. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 2050–2056
- Ehlers, A., Taylor, J. E., Ehring, T., Hofmann, S. G., Deane, F. P., Roth, W. T., & Podd, J. V. (2007). The Driving Cognitions Questionnaire: Development and preliminary psychometric properties. *Journal of Anxiety Disorders*, 21, 493–509
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1980). Verbal reports as data. *Psychological Review*, 87(3), 215–251
- Fischer, C., Heider, J., Schröder, J., & Taylor, J. E. (2020). 'Help! I'm afraid of driving!' Review of driving fear and its treatment. *Cognitive Therapy and Research*, 44, 420–444
- Hernja, G. (2005). Les modes de raisonnement en jeu dans les situations d'apprentissage de la conduite d'un véhicule automobile. Université de Nancy 2
- Jodelet, D. (2011). Dynamiques sociales et formes de la peur. *Nouvelle revue de psychosociologie*, 12(2), 239–256
- Johnson, J. E. (1998). Older Rural Adults and the Decision to Stop Driving: The Influence of Family and Friends. *Journal of Community Health Nursing*, 15(4), 205–216
- Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, Appraisal and Coping*. New York: Springer
- Leplat, J., & Hoc, J. M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 3(1), 49–63
- Matthews G., Desmond P. A. (1995). Stress as a factor in the design of in-car driving enhancement systems, *Le travail Humain*, 58(2), 109–129
- National Health Service. (2022). Overview – Phobias. <https://www.nhs.uk/mental-health/conditions/phobias/overview/>
- Oatley, K., & Johnson-Laird, P. N. (1987). Towards a cognitive theory of emotions. *Cognition and Emotion*, 1(1), 29–50
- Patel, H., & D'Cruz, M. (2017). Passenger-centric factors influencing the experience of aircraft comfort. *Transport Reviews*, 38(2), 1–18

- Plutchik, R. (1980). *Emotion, a psychoevolutionary synthesis*. Harper & Row, New York
- Poirel, E., & Yvon, F. (2011). Comprendre et intervenir sur le stress au travail : une étude de cas. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 13(1)
- Scherer, K. R. (1986). Vocal affect expression: A review and a model for future research. *Psychological Bulletin*, 99(2), 143–165
- Scott-Parker, B., Watson, B., King, M. J., & Hyde, M. K. (2013). A further exploration of sensation seeking propensity, reward sensitivity, depression, anxiety, and the risky behaviour of young novice drivers in a structural equation model. *Accident Analysis and Prevention*, 50, 465–471
- Stephens, A. N., Collette, B., Hidalgo-Munoz, A., Fort, A., Evennou, M., & Jallais, C. (2020). The impacts of anxiety over driving on self-reported driving avoidance, work performance and quality of life. *Journal of Transport & Health*
- Stewart, A. E., & St. Peter, C. C. (2004). Driving and riding avoidance following motor vehicle crashes in a non-clinical sample: psychometric properties of a new measure. *Behaviour Research and Therapy*, 42(8), 859–879
- Taylor, J. E. (2018). The extent and characteristics of driving anxiety, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 70–79
- Taylor, J. E., Alpass, F., Stephens, C., & Towers, A. (2011). Driving anxiety and fear in young older adults in New Zealand. *Age and Ageing*, 40(1), 62–66
- Taylor, J. E., McLean, R., Samaranayaj, A., & Connolly, M. J. (2022). How does driving anxiety relate to the health and quality of life of older drivers?. *Journal of Applied Gerontology*, 41(5), 1312–1320
- Taylor, J. E., & Paki, D. (2008). Wanna drive? Driving anxiety and fear in a New Zealand community sample. *New Zealand Journal of Psychology*, 37(2)
- Vermersch, P. (1994). L'entretien d'explicitation. Paris, ESF.

Enjeux cognitifs de la supervision de systèmes automatisés et multi-effecteurs

Benjamin COULOMB

IMS, Université de Bordeaux - Campus Talence, 33400 Talence

benjamin.coulomb@mbda-systems.com

Julien DONNOT

CEAM, 1046 Av. du Colonel Kw Rozanoff, 40000 Mont-de-Marsan

julien.donnot@intradef.gouv.fr

Aurélie KLEIN

MBDA, 1 av Réamur, 92350 Le Plessis-Robinson

aurelie.klein@mbda-systems.com

Françoise DARSESES

IRBA, Place Général Valérie André, 91220 Brétigny-sur-Orge

francoise.darses@def.gouv.fr

Jean-Marc ANDRE

IMS, Université de Bordeaux - Campus Talence, 33400 Talence

jean-marc.andre@ims-bordeaux.fr

RÉSUMÉ

Les récents progrès de l'Intelligence Artificielle (IA) ont permis l'évolution de systèmes automatisés vers des systèmes autonomes capables d'évoluer dans des situations dynamiques. Il en est de même pour les systèmes d'armes qui tendent vers l'automatisation de leurs effecteurs regroupés en meute ou essaim. Ces derniers seront capables de raisonner et d'agir de manière plus ou moins autonome, le tout dans un environnement dynamique et hostile. Ainsi, la meute d'effecteurs deviendrait un véritable coéquipier pour le pilote de chasse. Ce point impose de créer une coopération entre le pilote et la meute pour permettre à chacun d'atteindre ses buts tout en facilitant l'atteinte des buts de l'autre. De plus, cette coopération représente une activité nouvelle pour le pilote qu'il faut caractériser. Mal intégrée, cette nouvelle coopération et la place de l'autonomie des systèmes associés, est susceptible de perturber le pilote dans ses autres tâches. Ce projet de thèse vise donc à mieux cerner les caractéristiques de cette nouvelle coopération et comprendre son impact sur les activités parallèles du pilote, telles que la création et le maintien de la représentation occurrente de son environnement.

MOTS-CLÉS

Human-autonomy teaming ; essaim ; pilote de chasse ; représentation occurrente ; charge cognitive ; effort mental

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte industriel

Notre projet de thèse CIFRE-Défense a débuté en octobre 2022. Il s'inscrit dans une collaboration entre cinq entités : l'Agence Innovation Défense (AID), la société MBDA, l'Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA), le Centre d'Expertise Aérien Militaire (CEAM) rattaché à l'Armée de l'Air et de l'Espace (AAE) et le laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système (IMS) de l'Université de Bordeaux.



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

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

Les progrès en intelligence artificielle ont permis une évolution majeure des systèmes automatisés vers des systèmes autonomes intelligents. Ces systèmes sont capables de suppléer l'opérateur humain dans des activités à dominante cognitive grâce à leur capacité de raisonnement. L'autonomie se différencie de l'automatisation par la capacité à prendre des décisions indépendamment du contrôle humain (Vagia et al., 2016). On peut observer ces systèmes intelligents dans le domaine civil (santé, automobile, aéronautique, etc.) ou militaire, notamment dans la conception de systèmes d'armes. Dans ce domaine, la société MBDA développe de nouveaux effecteurs dotés d'un haut niveau d'automatisation et d'autonomie. Ils permettront aux pilotes de réaliser, entre autres, des missions jusque-là trop dangereuses, comme la mission de *Destruction of Enemy Air Defense* (DEAD). La mission DEAD a pour objectif la neutralisation de systèmes de défense anti-aérien (SAM). Ces effecteurs seront dotés de fonctionnalités hétérogènes et pourront fonctionner en un ensemble coordonné (homogène ou non), dit « meute ». La meute pourra, entre autres, être portée et délivrée par un avion de chasse à une distance lointaine de la cible, imposant de fait une longue période de vol autonome que l'on nomme la phase post largage. Cette phase commence après que la meute ait quitté les ailes de l'avion jusqu'au moment où le pilote commence la phase de retour à la base. Durant cette dernière, les effecteurs seront reconfigurables afin de s'adapter de manière plus ou moins automatisée aux imprévus d'une mission en territoire ennemi. Classiquement, les effecteurs actuels sont emportés par l'avion et configurés avant le décollage. Il est possible, pour le pilote, d'interagir avec ces effecteurs en vol avant le largage. Pour les effecteurs actuels, la phase post largage est très courte et ne permet que très peu d'interactions avec le pilote.

1.2. Enjeux psycho-ergonomiques

Aujourd'hui, aucun effecteur ne permet la reconfiguration en post-largage, telle que décrite ci-dessus. Cette phase de contrôle représente donc une nouvelle activité pour le pilote. Elle s'ajoute à d'autres tâches déjà très exigeantes sur le plan cognitif comme la navigation et le pilotage, le tout dans un environnement dynamique et hostile (Amalberti & Deblon, 1992). Rajouter une activité complexe de contrôle risque d'augmenter la demande en ressource attentionnelle. Si cette répartition des ressources est mal gérée, la performance et le temps de réalisation des tâches pourraient être impactés (Bruggen, 2015). Ces conséquences peuvent s'avérer désastreuses pour le pilote dans un environnement aussi risqué et évolutif.

Au-delà de l'objectif d'augmentation de la performance, l'autonomisation des systèmes d'armes répond à une problématique de santé des opérateurs militaires chargés de leur contrôle et de leur supervision, en réduisant la charge cognitive associée à la réalisation des tâches (Berthier, 2019; Wiener & Curry, 1980). De plus, pour des raisons éthiques et légales évidentes, le pilote restera toujours responsable des effecteurs délivrés et ce, quelle que soit la place de l'autonomie dans le système. Cette responsabilité impose au pilote une supervision de la meute pendant cette phase de vol avec, si nécessaire, des interventions de sa part.

Notons que la meute est un système « intelligent » dont les buts sont communs avec ceux du pilote (à savoir la saturation d'un système anti-aérien). Bien entendu, ce dernier poursuit des buts autres que ceux de la meute, notamment assurer sa survie. Ainsi, en plus de la dynamique de l'environnement, la meute doit tenir compte des buts additionnels du pilote dans ses interactions avec ce dernier. Les interférences créées par les interactions entre le pilote et la meute devront donc faciliter l'atteinte des buts de chacun. C'est pourquoi l'application du cadre de la coopération semble pertinente dans notre cas.

2. CADRE THÉORIQUE

2.1. La coopération humain-machine pour la prise en compte du facteur humain dans l'automatisation

Le concept de coopération humain-machine a été largement étudié depuis une vingtaine d'années (voir par exemple : Hoc, 2001 ; Navarro, 2019; Pacaux-Lemoine & Debernard, 2002) dans le

contexte des situations dynamiques. La coopération humain-machine permet de définir les rôles de chacun. Selon Hoc (op. cit.), cette coopération prend place à trois niveaux distincts des interactions humain-machine. Le premier niveau est celui de l'action, dans lequel les interférences sont gérées à court terme avec une anticipation minimale. Le deuxième niveau, la « planification », qualifie les interférences orientées vers la construction d'un cadre de référence commun entre l'opérateur et son partenaire (ici, le système automatisé). Le troisième niveau correspond à la méta-coopération qui a pour but de faciliter la coopération en utilisant un modèle de l'opérateur et du système afin d'utiliser les capacités de chacun de manière optimale. A chacun de ces niveaux peuvent s'appliquer quatre modes de coopération intégrant de manière croissante l'automatisation :

- Le mode de perception : il permet d'améliorer la perception de la situation et des informations pertinentes pour la réalisation d'une tâche. Ce mode vise à stimuler la boucle sensorimotrice du pilote afin de provoquer la réaction adaptée ;
- Le mode contrôle mutuel : le système réalise la même tâche que l'opérateur de façon parallèle et simultanée. Ainsi, il peut guider, limiter ou avertir l'opérateur pour éviter les erreurs (exemple : le système d'aide au maintien dans la voie en automobile) ;
- Le mode délégation de fonction : l'opérateur délègue tout ou partie de la tâche au système. Cependant, les paramètres nécessaires à la réalisation de la tâche sont donnés par l'opérateur qui autorise également les actions du système ;
- Le mode entièrement automatisé : dans ce cas, la tâche ainsi que les réglages des paramètres sont attribués au système. L'opérateur n'intervient plus dans la tâche.

Cette approche présente l'avantage d'envisager les interactions d'un point de vue des capacités humaines et non pas technologiques comme c'est le cas avec les niveaux d'autonomie (Kaber, 2018). Cependant, les progrès en intelligence artificielle ont permis de passer de machines automatisées à des systèmes autonomes capable d'agir et de raisonner dans des situations dynamiques. La hiérarchisation des rôles entre un opérateur et un système tend donc à s'horizontaliser. Ainsi le concept de coopération humain-humain machine a été élargi pour intégrer la notion d'équipe.

2.2. Créer une équipe humaine et système autonome efficace, l'objectif du human-autonomy teaming

Le *Human-Autonomy Teaming* (HAT) est défini comme « une interdépendance dans l'activité et dans les résultats entre un ou plusieurs humains et un ou plusieurs agents autonomes » (O'Neill et al., 2022, p911, traduit de l'anglais). Le concept de HAT tente d'identifier les caractéristiques transférables des interactions humain-humain à une équipe humain-systèmes dans des situations dynamiques (Lyons et al., 2021). Ainsi, plusieurs caractéristiques permettant une « humanisation » de l'agent autonome ont été identifiées, comme l'agentivité, la communication, les modèles mentaux partagés, les intentions et l'interdépendance. Améliorer ces caractéristiques permet de créer une véritable équipe entre humain et un agent autonome tout en minimisant les dangers de l'automatisation identifiés par Bainbridge, (1983). Récemment, O'Neil et al. (2021) ont, sur la base d'un état de l'art sur le HAT, développé un modèle IMO (*Inputs-Mediators-Outcomes*). Dans ce modèle, les caractéristiques relevées précédemment sont identifiées comme des médiateurs qui permettent de comprendre le lien entre les entrées (niveau d'autonomie, composition de l'équipe, entraînement...) et les sorties (performance individuelle et collective, satisfaction...). Par exemple, la composition de l'équipe influence les sorties comme la performance d'équipe ou la satisfaction. Les équipes humains-humains (entrée) semblent avoir une meilleure performance (sortie) due, entre autre, à une communication plus riche (médiateur) (Demir et al., 2016). Dans notre cas, il s'agit d'un élément important car le pilote devra interagir avec plusieurs systèmes que l'on peut assimiler à un essaim. Un essaim est un groupement de véhicules contrôlé à distance, partageant un but commun mais avec des fonctionnalités pouvant être hétérogènes.

Ces interactions entre un opérateur et un essaim ont été regroupées dans la littérature sous le terme HST (*Human Swarm Teaming*). Le HST est un sous-champ récent de la littérature du HAT (Hepworth et al., 2020; Hussein et al., 2018, 2022). Le domaine du HST reprend des objectifs

équivalents au HAT. A savoir, améliorer la coordination des tâches communes et liées, de renforcer la capacité à apporter un soutien mutuel et à faire face à des événements imprévus et de s'adapter rapidement au changement (National Academies of Sciences et al., 2021). Ces caractéristiques correspondent parfaitement à celles de l'environnement dans lequel évolue les pilotes de chasse.

2.3. Agir en équipe dans un environnement dynamique grâce à la pertinence de la représentation occurrente du pilote

Dans l'environnement dynamique à risque que représente l'aviation de chasse, la situation peut évoluer indépendamment des actions du pilote. L'anticipation y est donc primordiale pour identifier la survenue d'un danger ou d'une menace dans un avenir plus ou moins proche. Cette anticipation est en partie permise par l'efficacité et la pertinence de la représentation occurrente de la situation globale. Cela correspond à la capacité pour un opérateur de développer un modèle mental de la situation lui permettant une action efficace à court, moyen et long termes (Hoc & Amalberti, 1994). Pour agir sur la meute, le pilote doit impérativement inclure l'environnement de cette dernière, qui se trouve à une grande distance, dans la construction de la représentation occurrente de la situation. Or, le traitement de l'information effectué pour construire une telle représentation engendre une forte charge mentale de l'opérateur. A l'inverse, une surcharge mentale peut être responsable d'une dégradation de cette représentation (Berggren et al., 2011; Endsley, 1995).

2.4. L'autonomie, un facteur de diminution de la charge cognitive mais un danger pour l'efficacité de la représentation occurrente du pilote

On peut penser qu'autonomiser la meute d'effecteurs permettrait de diminuer la charge mentale perçue par le pilote. Néanmoins, une autonomie élevée est susceptible d'amener l'opérateur dans une situation de sous-charge cognitive. La sous-charge est aussi problématique que la surcharge car elle perturbe la répartition de l'attention (Young & Stanton, 2002a). En cas de sous-charge, l'opérateur place moins de ressource sur la tâche ce qui peut entraîner un phénomène de sortie de boucle (Young & Stanton, 2002b). Comme l'illustre le modèle de gestion dynamique de Hoc et Amalberti (1994), une représentation occurrente dégradée perturbe l'identification et la planification des tâches avec des conséquences sur le contrôle et la supervision en situations dynamiques. Cette représentation occurrente est également liée à la nature même de l'activité comme les buts poursuivis et la tâche réalisée.

2.5. Connaître et analyser l'activité, un prérequis du human-autonomy teaming

Dans notre cas, l'activité visée est future et elle concerne un opérateur utilisant un système en début de développement. Pour projeter une activité future, il convient de l'estimer en trois étapes (Brangier & Robert, 2014). Premièrement, identifier les événements futurs c'est-à-dire identifier les nouvelles tâches possibles à réaliser dans l'utilisation de ce nouveau système. Deuxièmement, produire les tâches futures en les simulant via des méthodes projectives comme la définition de scénarios. Troisièmement, sélectionner parmi les tâches identifiées celles qui seront prioritaires dans l'activité sur la base de critères centrés humains.

3. OBJECTIFS DU PROJET DE THÈSE

Les objectifs sont : 1) Identifier les interactions possibles entre le pilote et la meute ; 2) Étudier l'impact des modes de coopération sur la charge cognitive et la représentation occurrente du pilote ; 3) Comprendre la relation entre la charge cognitive et la qualité objective de la représentation occurrente chez les pilotes de chasse.

Sur le plan industriel, il est attendu un modèle de performance de l'activité cognitive des pilotes lors du contrôle post-largage de la meute et par conséquent des recommandations concernant un mode de coopération préférentiel pour chaque tâche étudiée dans le contexte d'une mission DEAD. Les résultats obtenus dans ce projet doivent être applicables à un contexte opérationnel futur et prendre en compte les aspirations et les contraintes exprimées par les pilotes.

4. PREMIÈRE ÉTUDE : IDENTIFICATION DES TÂCHES PRIORITAIRES

4.1. Étude préliminaire, préalable au projet de thèse

L'identification et la simulation des tâches à réaliser par le pilote lors d'une mission DEAD utilisant la meute a été réalisée dans une étude menée par la société MBDA en partenariat avec le CEAM. Cette étude a été conduite avant le début de nos travaux de thèse, auprès de pilotes de chasse opérationnels. Elle a permis de réaliser les deux premières étapes de l'estimation de l'activité future. Elle constitue le point d'entrée de notre projet de thèse. En s'appuyant sur la méthode de simulation tangible (Hauret et al., 2016), l'étude a permis d'identifier 12 tâches qui ont été structurées et regroupées dans 4 catégories :

- Gestion du plan de tir ;
- Gestion de la phase de vol ;
- Gestion de l'objectif ;
- Supervision.

Les tâches identifiées sont toutes susceptibles d'être réalisées dans le cadre d'une mission DEAD. Cependant, elles n'ont pas toutes la même importance. Soulignons, par exemple, que la gestion du plan de tir est directement liée à la réussite de la mission. Par ailleurs, les pilotes interrogés ont évoqué une hétérogénéité dans la complexité des efforts mentaux à réaliser dans ces tâches, selon la répartition des activités entre le système et le pilote. L'effort mental est une des dimensions de la charge cognitive (Hart & Staveland, 1988), elle est notamment corrélée à la difficulté de la tâche (Haji et al., 2015; Ho, 2010). Dans notre cas, l'intérêt de l'autonomie est de réduire la difficulté de la tâche et donc l'effort mental pour sa réalisation.

4.2. Description de l'étude 1 du programme de thèse

Notre première étude s'inscrit dans la continuité de l'étude préliminaire présentée précédemment. Cette étude permettra de réaliser la troisième étape de la projection du futur (Brangier & Robert, 2014) explicitée en partie 2.5. Cette étape correspond donc à l'identification des tâches prioritaires d'un point de vue de l'utilisateur. L'objectif est de déterminer l'impact de la catégorie de la tâche ainsi que du mode de coopération sur la priorisation des tâches dans une mission DEAD. Une tâche prioritaire est définie comme une tâche perçue comme critique pour la continuité de la mission et dont l'automatisation apporte un gain sur l'effort mental. Comme nous l'avons exposé précédemment, l'autonomie peut diminuer l'effort mental (Camp et al., 2001) mais ceci n'est pas systématiquement vrai pour l'activité de pilote de chasse (Kantowitz & Campbell, 2018). Dans un mode totalement autonome, la transformation de l'activité vers des activités de supervision peut augmenter l'effort mental (Wong & Seet, 2017). Ainsi, la projection dans un seul mode de coopération ne représente pas une donnée suffisante pour exprimer l'utilité de l'autonomie. Nous avons donc décidé de nous intéresser à l'effort mental générée dans trois modes de coopération : le mode de perception, le mode de contrôle mutuel et le mode autonome. Ainsi, il nous sera possible d'observer l'évolution de la charge cognitive estimée en fonction de l'implication de l'autonomie dans la réalisation de la tâche.

Il faut tenir compte du fait que la criticité et l'effort mental engendrés par une tâche sont fortement dépendants du contexte, des objectifs et de l'environnement. Dans le but de maîtriser ces variables, cette étude prendra place dans le contexte spécifique d'une mission DEAD qui est l'un des emplois privilégiés de la meute. Le scénario de cette mission sera construit avec l'aide des experts opérationnels de MBDA (anciens pilotes de chasse) et des pilotes d'essais du CEAM. L'appui des experts opérationnels nous permettra de construire une mission réaliste sur la base des retours d'expériences de réelles missions de guerres. Le réalisme représente une condition importante qui permet la prise en compte de la dynamique de l'activité et favorise l'immersion du pilote de chasse.

Au vu des éléments apportés, nous formulons trois hypothèses générales pour cette étude :

- Le plan de tir est une activité qui conditionne directement l'atteinte de la cible. Ainsi, nous supposons que la criticité des activités de gestion du plan de tir sera supérieure aux autres catégories ;
- La gestion du plan de tir nécessite de prendre en compte un grand nombre de paramètres (altitude, menaces, distances, météo, ...) et leur évolution dans le temps. Nous supposons donc que les activités de gestion du plan de tir induiront un effort mental estimé supérieur aux autres catégories ;
- Dans le mode perceptif, le pilote est plus actif que le système dans la réalisation de la tâche. De ce fait, nous émettons l'hypothèse que le mode perceptif induira un effort mental estimé supérieur au mode de contrôle mutuel.

4.3. Participants

L'étude inclura des équipages de chasse évoluant sur Rafale monoplace de la 30ème escadre de chasse basée à Mont-de-Marsan. Afin de contrôler des paramètres potentiellement influents, nous recueillerons les données liées à l'expérience telles que le nombre d'heures de vol des pilotes, le nombre de missions de guerre, les avions pilotés précédemment, etc.

4.4. Méthode

La mission sera créée via la méthode du scénario normatif (Julien et al., 1975) qui consiste à produire une image d'un futur possible et souhaitable. Le scénario se contrera sur la phase post-largage de la meute. Des événements détaillés y seront introduits afin de contextualiser les tâches identifiées lors de l'étude préalable. Ces événements correspondent à des situations réalistes et relativement fréquentes (déplacement de la cible, détection d'un système anti-aérien, ...). Lors de chacun des huit événements, la consigne explicite sera de réaliser la tâche associée. De plus, il sera demandé aux pilotes de juger la criticité de la tâche pour la continuité de la mission sur une Echelle Visuelle Analogique (EVA). A la suite de cette EVA, quatre modes de fonctionnement du système seront décrits pour cette tâche, correspondant aux quatre modes de coopération cités en 4.2. Pour chaque mode de fonctionnement, les pilotes devront répondre, via une seconde EVA, à la consigne « Évaluez l'effort mental que vous estimez pour réaliser la tâche »(Galy et al., 2012).

Notre étude porte sur une activité future qu'il est impossible de définir précisément aujourd'hui sans plus de connaissances sur le contexte opérationnel dans lequel elle s'inscrira. C'est pourquoi l'utilisation de mesures par EVA semble appropriée. D'autres outils, comme le SWAT ou le NASA-TLX (Hart & Staveland, 1988; Reid & Nygren, 1988), auraient considérablement alourdi la passation qui doit être la plus courte possible compte tenu de la disponibilité des participants (pilotes de chasse).

5. SUITE DU PROGRAMME DE RECHERCHE

La suite du programme est encore en réflexion et pourra faire l'objet d'évolutions. Pour l'étude 2, l'objectif sera d'identifier l'impact des modes de coopérations sur la charge cognitive et la représentation occurrente en fonction du contexte. Nous envisageons de réaliser une expérimentation sur simulateur Rafale avec des pilotes de chasse opérationnels. Nous jouerons le scénario de l'étude 1 en intégrant uniquement les événements permettant de réaliser les trois tâches identifiées comme prioritaires. Chaque tâche sera réalisée dans les trois modes de coopération (variable indépendante) et nous mesurerons la charge cognitive subjective et objective ainsi que la représentation occurrente subjective et objective pour chaque tâche (variables dépendantes).

FINANCEMENTS

Notre projet de thèse CIFRE-défense est cofinancé par l'AID, bourse n°2022806 ainsi que par la société MBDA.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Amalberti, R., & Deblon, F. (1992). Cognitive modelling of fighter aircraft process control : A step towards an intelligent on-board assistance system. *International journal of man-machine studies*, 36(5), 639-671.
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. In *Analysis, design and evaluation of man-machine systems* (p. 129-135). Elsevier.
- Berggren, P., Prytz, E., Johansson, B., & Nählinder, S. (2011). The relationship between workload, teamwork, situation awareness, and performance in teams : A microworld study. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 55(1), 851-855.
- Berthier, T. (2019). Systèmes armés semi-autonomes : Que peut apporter l'autonomie? *Revue Défense Nationale*, 5, 74-80.
- Brangier*, É., & Robert**, J.-M. (2014). L'ergonomie prospective : Fondements et enjeux. *Le travail humain*, 77(1), 1-20.
- Bruggen, A. (2015). An empirical investigation of the relationship between workload and performance. *Management Decision*.
- Camp, G., Paas, F., Rikers, R., & van Merriënboer, J. (2001). Dynamic problem selection in air traffic control training : A comparison between performance, mental effort and mental efficiency. *Computers in Human Behavior*, 17(5-6), 575-595.
- Demir, M., McNeese, N. J., & Cooke, N. J. (2016). Team communication behaviors of the human-automation teaming. 2016 IEEE international multi-disciplinary conference on cognitive methods in situation awareness and decision support (CogSIMA), 28-34.
- Endsley, M. R. (1995). Measurement of situation awareness in dynamic systems. *Human factors*, 37(1), 65-84.
- Galy, E., Cariou, M., & Mélan, C. (2012). What is the relationship between mental workload factors and cognitive load types? *International journal of psychophysiology*, 83(3), 269-275.
- Haji, F. A., Rojas, D., Childs, R., de Ribaupierre, S., & Dubrowski, A. (2015). Measuring cognitive load : Performance, mental effort and simulation task complexity. *Medical education*, 49(8), 815-827.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index) : Results of empirical and theoretical research. In *Advances in psychology* (Vol. 52, p. 139-183). Elsevier.
- Hauret, D., Donnot, J., & Van Belleghem, L. (2016). Intégration de la simulation de l'activité sur support tangible dans le processus de conception de l'interface homme-système du Rafale. Communication présentée à la 15^{ème} Conférence Ergo'IA.
- Hepworth, A. J., Baxter, D. P., Hussein, A., Yaxley, K. J., Debie, E., & Abbass, H. A. (2020). Human-swarm-teaming transparency and trust architecture. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 8(7), 1281-1295.
- Ho, H.-N. (2010). The relationship between levels of expertise, task difficulty, perceived self-efficacy, and mental effort investment in task performance. University of Southern California.
- Hoc, J. M. (2001). Towards a cognitive approach to human-machine cooperation in dynamic situations. *International journal of human-computer studies*, 54(4), 509-540.
- Hoc, J.-M., & Amalberti, R. (1994). Diagnostic et prise de décision dans les situations dynamiques. *Psychologie française*, 39(2), 177-192.
- Hussein, A., Ghignone, L., Nguyen, T., Salimi, N., Nguyen, H., Wang, M., & Abbass, H. A. (2018). Towards bi-directional communication in human-swarm teaming: A survey. arXiv preprint arXiv:1803.03093.
- Hussein, A., Ghignone, L., Nguyen, T., Salimi, N., Nguyen, H., Wang, M., & Abbass, H. A. (2022). Characterization of indicators for adaptive human-swarm teaming. *Frontiers in Robotics and AI*, 9, 16.
- Julien, P.-A., Lamonde, P., & Latouche, D. (1975). La méthode des scénarios en prospective. *L'Actualité économique*, 51(2), 253-281.
- Kaber, D. B. (2018). Issues in human-automation interaction modeling : Presumptive aspects of frameworks of types and levels of automation. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 12(1), 7-24.
- Kantowitz, B. H., & Campbell, J. L. (2018). Pilot workload and flightdeck automation. In *Automation and human performance : Theory and applications* (p. 117-136). CRC Press.
- Lyons, J. B., Sycara, K., Lewis, M., & Capiola, A. (2021). Human-autonomy teaming : Definitions, debates, and directions. *Frontiers in Psychology*, 12, 589585.

- National Academies of Sciences, Engineering, Medicine, & others. (2021). *Human-AI Teaming : State-of-the-Art and Research Needs*.
- Navarro, J. (2019). A state of science on highly automated driving. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 20(3), 366-396.
- O'Neill, T., McNeese, N., Barron, A., & Schelble, B. (2022). Human–autonomy teaming : A review and analysis of the empirical literature. *Human factors*, 64(5), 904-938.
- Pacaux-Lemoine, M. P., & Debernard, S. (2002). Common work space for human–machine cooperation in air traffic control. *Control Engineering Practice*, 10(5), 571-576.
- Reid, G. B., & Nygren, T. E. (1988). The subjective workload assessment technique : A scaling procedure for measuring mental workload. In *Advances in psychology* (Vol. 52, p. 185-218). Elsevier.
- Vagia, M., Transeth, A. A., & Fjerdingen, S. A. (2016). A literature review on the levels of automation during the years. What are the different taxonomies that have been proposed? *Applied ergonomics*, 53, 190-202.
- Wiener, E. L., & Curry, R. E. (1980). Flight-deck automation : Promises and problems. *Ergonomics*, 23(10), 995-1011.
- Wong, C. Y., & Seet, G. (2017). Workload, awareness and automation in multiple-robot supervision. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 14(3), 1729881417710463.
- Young, M. S., & Stanton, N. A. (2002a). Attention and automation : New perspectives on mental underload and performance. *Theoretical issues in ergonomics science*, 3(2), 178-194.
- Young, M. S., & Stanton, N. A. (2002b). Malleable attentional resources theory : A new explanation for the effects of mental underload on performance. *Human factors*, 44(3), 365-375.

Analyse du comportement de l'humain-passager dans une navette autonome et connectée de niveau 5

Emilie Ferriès (Laboratoire CLLE, UMR CNRS 5263, Université de Toulouse)

5 Allée Antonio Machado, 31058 Toulouse
emilie.ferries@univ-tlse2.fr

Directeurs de thèse : Céline Lemerrier (CLLE), Loïc Caroux (CLLE) et Amélie Rousseau (CERPPS)

5 Allée Antonio Machado, 31058 Toulouse
celine.lemerrier@univ-tlse2.fr ; loic.caroux@univ-tlse2.fr ; amelie.rousseau@univ-tlse2.fr

RÉSUMÉ

Les Navettes Autonomes et Connectées (NAC) offrent de nouvelles perspectives en matière de mobilité, en garantissant une meilleure sécurité et inclusivité. Pour être empruntées, il est primordial qu'elles soient acceptées par les futurs passagers. La sécurité perçue est un facteur psychologique qui joue un rôle prépondérant dans cette acceptabilité. Les situations dans lesquelles des risques sont perçus par les passagers pour leur sécurité (accident, dommages physiques, cyberattaques) pourraient générer de l'anxiété, qui nécessite d'être mieux comprise pour limiter ses effets délétères. Cette thèse se propose d'examiner les déclencheurs de cette anxiété, ses impacts comportementaux, physiologiques et sur l'acceptabilité. Il sera également investigué les types d'informations permettant de la réduire. Plusieurs études seront menées pour répondre aux questions suivantes : Quelles situations font émerger l'anxiété du passager de NAC ? Quelles sont les caractéristiques des individus qui y sont sujets ? Comment se traduit-elle et peut-elle être diminuée ?

MOTS-CLÉS

Navettes autonomes et connectées, acceptabilité, anxiété, physiologie

1. INTRODUCTION

La Société des Ingénieurs de l'Automobile (SAE) classe les véhicules selon leur niveau d'automatisation allant de 0 (aucune automatisation) à 5 (automatisation complète) (SAE, 2018). Les véhicules totalement autonomes seraient adoptés par les industries, d'après les prédictions de certaines recherches, d'ici l'année 2045 (Yuen, Cai, Qi & Wang, 2020). Ils pourraient résoudre plusieurs problèmes actuels liés à la mobilité (Golbabaei, Yigitcanlar, Paz & Bunker, 2022). Parmi leurs bénéfices, la diminution des accidents causés, à 90 % par les erreurs humaines, est probable (Hegner, Beldad & Brunswick, 2019). La réduction des émissions de CO₂ et l'amélioration des flux de circulation pourront être également observées (Pettigrew, Worrall, Talati, Fritschi & Norman, 2019). Enfin, la mobilité et l'inclusion sociale de certains publics, comme les personnes avec un handicap et les personnes âgées, pourront être favorisées (Stephenson, Eimontaite, Caleb-Solly, Morgan, Khatun, Davis & Alford, 2020). Les véhicules entièrement autonomes ne nécessiteront plus d'intervention humaine pour réaliser les tâches de conduite (Wang, Jiang, Noland & Mondschein, 2020). Ils seront déployés dans des environnements de trafic mixte à la fois sous forme de voitures, à usage individuel, et de transports en commun, partagés par plusieurs passagers. Les Navettes Autonomes et Connectées (NAC), étudiées dans cette thèse, sont à l'état d'expérimentation dans plusieurs villes. Comme le contrôle de ces transports partagés n'est plus assuré par un chauffeur humain, un nombre croissant d'études s'intéresse aux attitudes des passagers. Malgré la potentialité de leurs bénéfices recensés, des problèmes d'acceptabilité existent et la sécurité perçue des passagers en est une cause majeure (Luger-Bazinger, Zankl, Klieber, Hornung-Prähauser & Rehrl, 2021).

Lors d'un trajet, les risques perçus par les usagers peuvent être multiples. Premièrement, il s'agit



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

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

de craintes concernant le dysfonctionnement de l'équipement pouvant engendrer des accidents ou l'absence de détection des piétons et des cyclistes (Nordhoff, Stapel, van Arem & Happee, 2020). Deuxièmement, les préoccupations relèvent de la sécurité à l'intérieur des NAC lorsque les trajets sont effectués en présence d'un passager inconnu, pouvant avoir des comportements dangereux (Dolins, Strömberg, Wong & Karlsson, 2021). En dernier lieu, des inquiétudes sur la connectivité des NAC sont rapportées car elle s'accompagne de risques quant à la cybersécurité et la confidentialité des données (Gkartzonikas & Gkritza, 2019). Une mauvaise sécurité perçue dans un moyen de transport peut induire de l'anxiété, c'est-à-dire des craintes et des sensations d'inconfort, accompagnées par des manifestations physiologiques (Cheng, 2010). Pour limiter la survenue de l'anxiété, il est nécessaire de connaître ses causes, ses manifestations et les solutions pouvant être mises en place (Lemerrier, Rousseau, Séjourné, Delmas & Caroux, 2021).

L'objectif principal de cette thèse est d'identifier les facteurs générant de l'anxiété chez le passager lors de l'interaction avec une NAC (vitesse du véhicule, présence sociale, cyberattaque...) et d'en comprendre ses conséquences avec des indicateurs physiologiques et comportementaux. Ce travail de thèse est porté par deux objectifs. Le premier est d'enrichir les connaissances théoriques sur l'anxiété et l'acceptabilité des passagers de NAC. Le second est d'élaborer des recommandations pour réduire les impacts négatifs de l'anxiété : ses conséquences néfastes sur l'acceptabilité, sur la santé, sur le bien-être (Stephenson et al., 2020) et les comportements à risque associés (violence physique, envie de sortir du véhicule) (Lemerrier et al., 2021). Ces spécifications pourront porter sur des aménagements à réaliser à l'intérieur du véhicule ou sur le contenu des informations affichées aux passagers.

2. CADRE THEORIQUE

2.1. L'acceptabilité des véhicules autonomes et connectés

En psychologie, de nombreux modèles ont été développés pour appréhender l'acceptabilité, c'est-à-dire la volonté des utilisateurs d'employer une nouvelle technologie (Rybizki, Ihme, Nguyen, Onnasch & Bosch, 2022). L'un des plus utilisés est le modèle de Venkatesh, Morris, Davis et Davis (2003) (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, UTAUT). Ces cadres théoriques existants ne comportent pas suffisamment de facteurs psychologiques pour pouvoir expliquer l'acceptabilité des NAC (Goldbach, Sickmann, Pitz & Zimasa, 2022). Hewitt, Politis, Amanatidis et Sarkar (2019) se sont inspirés de l'UTAUT pour développer le Autonomous Vehicle Acceptance Model (AVAM) afin d'étudier spécifiquement l'intention d'utiliser ces nouveaux moyens de transport. Dans celui-ci, l'intention comportementale est régie par sept dimensions : les attentes de performance, les attentes quant à l'effort, les attitudes envers la technologie, l'influence sociale, l'auto-efficacité, l'anxiété et la sécurité perçue. Une enquête menée par Pettigrew et al. (2019), auprès de 1624 participants, a mis en lumière que 70 % des interrogés avaient une attitude plutôt positive envers les véhicules autonomes et connectés. La revue systématique de Pigeon, Alauzet et Paire-Ficout (2021) a montré, à partir de 39 articles, que les facteurs qui influencent l'acceptabilité et l'acceptation des transports publics partagés, dont les navettes autonomes, sont les caractéristiques du service (prix du trajet, durée, temps d'attente), les facteurs individuels (sexe, âge) et la sécurité perçue. Les problèmes de sécurité perçus par les passagers forment les barrières principales à l'acceptabilité des NAC (Golbabaei et al., 2022). Leurs craintes portent sur le dysfonctionnement des équipements, la performance du véhicule dans des situations d'interaction avec d'autres usagers de la route, la cybersécurité et la confidentialité des données (Golbabaei et al., 2022). Le fait d'effectuer un voyage dans le même véhicule qu'un inconnu, en l'absence d'un conducteur pouvant intervenir lors de situations critiques, est également problématique (Dolins et al., 2021). Cet ensemble de préoccupations serait à la source d'anxiété chez les passagers (Kim, Park, Oh, Lee & Chung, 2019).

2.2. L'anxiété des passagers

L'anxiété est un état se manifestant par une inquiétude importante, une vigilance accrue et des symptômes physiques causés par l'activation du système nerveux sympathique (Zsido, Teleki, Csokasi, Rozsa & Bandi, 2020). Certaines situations, provoquant un manque de sécurité, peuvent générer de

l'anxiété comme le fait d'être le passager d'un véhicule (Cheng, 2010). Lemerrier et al. (2021) ont investigué la prévalence de l'anxiété chez le passager en fonction du type d'individu qui conduit une voiture. Parmi les 577 participants, 44,9 % ressentent de la peur quand le conducteur est inconnu contre 27,8 % lorsque le conducteur est un proche et 15,7 % dès lors qu'il est un professionnel.

L'anxiété du passager de véhicules autonomes est peu étudiée mais semble s'accompagner de conséquences comportementales et physiologiques. Manchon, Bueno et Navarro (2022) se sont intéressés aux comportements visuels de 40 participants en simulateur de conduite (voiture). Ils ont vu qu'un faible niveau de confiance en l'automatisation était associé à un temps plus élevé à surveiller l'environnement extérieur, au dépend de la réalisation d'autres activités. Cet affect négatif pourrait entraîner des symptômes plus graves, comme pour l'anxiété du conducteur. Il s'agit des attaques de panique ou des comportements d'évitement de la situation anxiogène (Taylor, Deane & Podd, 2002). Le fait d'être passager d'un véhicule autonome et connecté impliquerait également des réponses physiologiques. Morris, Erno et Pilcher (2017) ont mis en évidence, avec 28 participants en simulateur, que le niveau de stress physiologique (conductance de la peau et tension du muscle trapèze) était plus élevé lorsque la voiture était conduite de manière autonome. Cet effet était accentué lorsque les passagers déclaraient avoir une faible confiance dans le véhicule. La psychopathologie et ses méthodes de gestion des affects présentent des perspectives intéressantes pour concevoir des interfaces limitant l'anxiété et améliorant l'acceptabilité des passagers (Lemerrier, 2022). Par exemple, les informations données aux passagers pourraient les distraire de la situation anxiogène (Nolen-Hoeksema, Morrow & Fredrickson, 1993) ou leur donner une illusion qu'ils contrôlent ce qu'il se produit (Bandura, 1988).

3. PROBLEMATIQUE

Cette thèse s'intéresse à l'anxiété des passagers de NAC et particulièrement ses déclencheurs, ses conséquences et les solutions pour la limiter. L'ensemble des travaux de recherche qui sont prévus permettront de répondre à notre hypothèse selon laquelle l'anxiété du passager diminuera l'acceptabilité, se traduira par des réactions comportementales et physiologiques et pourra être réduite en présentant des informations adéquates lors des trajets. Cette thèse sera organisée en six actions. La première repose sur une revue systématique de la littérature scientifique portant sur les passagers de NAC. La seconde est une étude expérimentale employant une méthode par scénarios pour examiner l'impact de facteurs anxiogènes sur l'acceptabilité. La troisième consiste en une étude exploratoire sur une réelle NAC pour repérer les facteurs anxiogènes et leurs conséquences comportementales. La quatrième réside dans une étude expérimentale en réalité virtuelle manipulant les facteurs anxiogènes identifiés pour en comprendre leurs impacts comportementaux et physiologiques. La cinquième étude expérimentale utilisera une méthode par scénarios pour appréhender les effets du type de cyberattaque sur la sécurité perçue des passagers. Elle s'ensuivra par la dernière action, une étude expérimentale en réalité virtuelle plaçant les participants en situation de cyberattaque. En faisant varier les facteurs repérés comme impactant la sécurité perçue, il sera possible d'appréhender leurs effets sur les comportements et l'état physiologique.

4. ORGANISATION DES TRAVAUX DE RECHERCHE

Action 1 (en cours) : Revue systématique sur les passagers de NAC. Une revue systématique est effectuée pour se saisir de l'état des connaissances actuelles, en psychologie et ergonomie, sur les passagers de NAC. Elle se focalise sur les facteurs anxiogènes, lors de l'interaction, et leurs répercussions sur l'acceptabilité, sur les comportements et sur l'état physiologique. Les articles seront sélectionnés à partir des bases de données Web of Science, PsycInfo et Medline.

Action 2 (terminée) : Etude de l'impact des conditions dans lesquelles un trajet est effectué sur l'acceptabilité. Le but de cette étude était d'évaluer l'effet de facteurs anxiogènes et de la présentation d'informations sur l'intention de remonter dans une NAC. Les facteurs sélectionnés étaient la vitesse du véhicule (7 km/h, 15 km/h), la présence sociale (seul, accompagné d'un ami, accompagné d'un inconnu), l'orientation du siège (face à la route, dos à la route) et les informations

présentées au passager sur une interface (recette de cuisine, positionnement des boutons d'urgence, indications sur le trajet en cours). Nous avons ainsi fait l'hypothèse que la vitesse du véhicule, la présence sociale, l'orientation du siège et les informations présentées au passager sur une interface ont un impact sur l'intention de remonter dans le véhicule. Nous avons utilisé une méthode par scénarios dans laquelle les facteurs ont été introduits et croisés pour que toutes les combinaisons soient présentées aux participants. Ces scénarios décrivaient un trajet qui est effectué par un personnage pour se rendre à la gare. Les 216 participants devaient évaluer leur intention de reprendre la navette dans ces conditions sur une échelle de 0 (pas du tout) à 100 (tout à fait). Les résultats ont montré que la vitesse du véhicule, la présence sociale, l'orientation du siège et les informations présentées ont un impact sur l'intention d'utiliser à nouveau le véhicule. Une analyse par cluster a permis de distinguer quatre profils de passagers : les passagers réfractaires (11 %), les passagers à la recherche de contrôle (25 %), les passagers à la recherche de performance (17 %) et les passagers enthousiastes (47 %).

Action 3 (en cours) : Etude exploratoire des comportements des passagers en interaction avec une NAC sur route expérimentale. L'objectif de cette étude est d'appréhender les facteurs anxigènes et leurs répercussions comportementales durant des trajets en situation réelle. Une NAC de niveau 4 d'automatisation est mobilisée, circulant sur un campus universitaire à une vitesse de 7 à 15 kilomètres par heure. Plusieurs techniques sont combinées pour recourir à une triangulation des données. Dans un premier temps, une observation systématique des comportements verbaux et non-verbaux de 50 passagers est réalisée (fréquence et durée). Il est répertorié le moment où les passagers sont sortis du véhicule, les postures, les types d'activités engagées, les sièges choisis, les comportements visuels, les verbalisations relatives aux émotions, les interactions avec l'opérateur et les autres passagers. Pour investiguer les déterminants de l'anxiété, les conditions liées au trajet (densité du trafic, nombre de passagers, conditions météorologiques) et les caractéristiques individuelles (âge, sexe) sont également recueillies. Les premières observations, qui ont conduit à la création de la grille d'observation, ont montré que les passagers surveillent majoritairement l'environnement extérieur lors des trajets et s'engagent dans des interactions avec l'opérateur sur le fonctionnement de la navette. L'observation systématique sera complétée par des entretiens semi-directifs et des questionnaires, auprès de 50 autres passagers, pour rendre compte de la cause et de la signification des comportements.

Action 4 (à venir) : Etude expérimentale des réactions comportementales et physiologiques des passagers en interaction avec une NAC en réalité virtuelle. A partir des facteurs anxigènes identifiés dans les deux premières recherches, cette étude expérimentale vérifiera leurs impacts respectifs sur les comportements et l'état physiologique. Le rôle du contenu des informations affichées sur les interfaces, à l'intérieur du véhicule, sur la réduction des affects négatifs sera également étudié. Les participants seront immergés dans des scénarios de réalité virtuelle dans lesquels ils seront le passager d'une NAC de niveau 5 d'automatisation. La survenue de l'anxiété sera vérifiée en observant les agissements des passagers et en surveillant la réponse électrodermale, la fréquence cardiaque et les mouvements visuels.

Action 5 (en cours) : Etude de l'impact du type de cyberattaque sur la sécurité perçue des passagers de NAC. Cette étude intéresse l'effet de différentes formes de cyberattaques et des conditions dans lesquelles le trajet est réalisé sur la sécurité perçue des passagers d'une NAC. Les facteurs étudiés sont la présence sociale (seul, inconnu), la densité du trafic (faible, forte), la cible de l'attaque (l'équipement du véhicule, le téléphone portable du passager, la communication entre les véhicules), la criticité de l'attaque (faible, forte) et la source du message (le système de la navette, le cyberattaquant). Nous postulons que la présence sociale, la densité du trafic, la cible de l'attaque, la criticité de l'attaque et la source du message auront un effet sur la sécurité perçue. A l'image de la deuxième action, nous employons une méthode par scénario dépeignant un trajet réalisé par un personnage durant lequel une cyberattaque se produit. Les participants doivent auto-évaluer leur niveau de sécurité sur une échelle de 0 (pas du tout) à 20 (tout à fait). Les résultats permettront de

distinguer les facteurs, dans un contexte de cyberattaque, qui affectent la sécurité perçue (effets principaux et d'interaction). Des profils de passagers pourront être distingués en fonction des patterns de résultats.

Action 6 (à venir) : Etude expérimentale des réactions comportementales et physiologiques des passagers lors de cyberattaques dans une NAC, en réalité virtuelle. A partir des facteurs repérés dans l'étude précédente comme influençant la sécurité perçue, cette dernière expérimentation se focalisera sur leurs effets comportementaux et physiologiques. En ayant recours à la réalité virtuelle, les participants expérimenteront une cyberattaque en tant que passager d'une NAC de niveau 5 d'automatisation. Les indicateurs physiologiques qui seront examinés seront les comportements visuels, la réponse électrodermale et la fréquence cardiaque.

5. CONCLUSION

Cette thèse permettra d'enrichir les connaissances théoriques manquantes autour de l'anxiété et de l'acceptabilité des NAC. Les résultats qui seront obtenus seront un support pour fournir des recommandations aux constructeurs automobiles pour limiter les affects négatifs lors des trajets et inscrire ces moyens de transport partagés dans les usages. Pour rassurer les passagers, l'aménagement à l'intérieur du véhicule et le contenu des informations, affichées sur les interfaces, semblent des pistes intéressantes à explorer.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Bandura, A. (1988). Self-efficacy conception of anxiety. *Anxiety Research*, 1(2), 77-98. <https://doi.org/10.1080/10615808808248222>
- Cheng, Y.-H. (2010). Exploring passenger anxiety associated with train travel. *Transportation*, 37(6), 875-896. <https://doi.org/10.1007/s11116-010-9267-z>
- Dolins, S., Strömberg, H., Wong, Y. Z., & Karlsson, M. (2021). Sharing Anxiety Is in the Driver's Seat : Analyzing User Acceptance of Dynamic Ridepooling and Its Implications for Shared Autonomous Mobility. *Sustainability*, 13(14), 7828. <https://doi.org/10.3390/su13147828>
- Gkartzonikas, C., & Gkritza, K. (2019). What have we learned? A review of stated preference and choice studies on autonomous vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 98, 323-337. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.12.003>
- Golbabaee, F., Yigitcanlar, T., Paz, A., & Bunker, J. (2022). Understanding Autonomous Shuttle Adoption Intention : Predictive Power of Pre-Trial Perceptions and Attitudes. *Sensors*, 22(23), 9193. <https://doi.org/10.3390/s22239193>
- Goldbach, C., Sickmann, J., Pitz, T., & Zimasa, T. (2022). Towards autonomous public transportation : Attitudes and intentions of the local population. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 13, 100504. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100504>
- Hegner, S. M., Beldad, A. D., & Brunswick, G. J. (2019). In Automatic We Trust : Investigating the Impact of Trust, Control, Personality Characteristics, and Extrinsic and Intrinsic Motivations on the Acceptance of Autonomous Vehicles. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(19), 1769-1780. <https://doi.org/10.1080/10447318.2019.1572353>
- Hewitt, C., Politis, I., Amanatidis, T., & Sarkar, A. (2019). Assessing public perception of self-driving cars : The autonomous vehicle acceptance model. *Proceedings of the 24th International Conference on Intelligent User Interfaces*, 518-527. <https://doi.org/10.1145/3301275.3302268>
- Kim, M.-K., Park, J.-H., Oh, J., Lee, W.-S., & Chung, D. (2019). Identifying and prioritizing the benefits and concerns of connected and autonomous vehicles : A comparison of individual and expert perceptions. *Research in Transportation Business & Management*, 32, 100438. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100438>
- Lemerrier, C. (2022). Mobilité 4.0 et ergonomie cognitive. Penser l'humain dans un environnement autonome et connecté. *JECIS*, 1. <https://hal.science/hal-03760371/>
- Lemerrier, C., Rousseau, A., Séjourné, N., Delmas, M., & Caroux, L. (2021). Study of anxiety in car transportation to understand its determinants and to infuse human factors solutions in order to reduce them. *Proceedings of the 12th international conference on applied human factors and ergonomics-AHFE 2021*.

- <https://hal.science/hal-03114225/>
- Luger-Bazinger, C., Zankl, C., Klieber, K., Hornung-Prähauser, V., & Rehrl, K. (2021). Factors Influencing and Contributing to Perceived Safety of Passengers during Driverless Shuttle Rides. *Future Transportation*, 1(3), 657-671. <https://doi.org/10.3390/futuretransp1030035>
- Manchon, J.-B., Bueno, M., & Navarro, J. (2022). How the initial level of trust in automated driving impacts drivers' behaviour and early trust construction. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 86, 281-295. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2022.02.006>
- Morris, D. M., Erno, J. M., & Pilcher, J. J. (2017). Electrodermal Response and Automation Trust during Simulated Self-Driving Car Use. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 61(1), 1759-1762. <https://doi.org/10.1177/1541931213601921>
- Nolen-Hoeksema, S., Morrow, J., & Fredrickson, B. L. (1993). Response styles and the duration of episodes of depressed mood. *Journal of Abnormal Psychology*, 102(1), 20-28. <https://doi.org/10.1037/0021-843X.102.1.20>
- Nordhoff, S., Stapel, J., van Arem, B., & Happee, R. (2020). Passenger opinions of the perceived safety and interaction with automated shuttles : A test ride study with 'hidden' safety steward. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 138, 508-524. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.05.009>
- Pettigrew, S., Worrall, C., Talati, Z., Fritschi, L., & Norman, R. (2019). Dimensions of attitudes to autonomous vehicles. *Urban, Planning and Transport Research*, 7(1), 19-33. <https://doi.org/10.1080/21650020.2019.1604155>
- Pigeon, C., Alauzet, A., & Paire-Ficout, L. (2021). Factors of acceptability, acceptance and usage for non-rail autonomous public transport vehicles : A systematic literature review. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 81, 251-270. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2021.06.008>
- Rybizki, A., Ihme, K., Nguyen, H. P., Onnasch, L., & Bosch, E. (2022). Acceptance of Automated Shuttles—Application and Extension of the UTAUT-2 Model to Wizard-of-Oz Automated Driving in Real-Life Traffic. *Future Transportation*, 2(4), 1010-1027. <https://doi.org/10.3390/futuretransp2040056>
- SAE International. (2018). Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles. *SAE Standard T*, 3016, 2018.
- Stephenson, A. C., Eimontaite, I., Caleb-Solly, P., Morgan, P. L., Khatun, T., Davis, J., & Alford, C. (2020). Effects of an Unexpected and Expected Event on Older Adults' Autonomic Arousal and Eye Fixations During Autonomous Driving. *Frontiers in Psychology*, 11, 571961. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.571961>
- Taylor, J., Deane, F., & Podd, J. (2002). Driving-related fear. *Clinical Psychology Review*, 22(5), 631-645. [https://doi.org/10.1016/S0272-7358\(01\)00114-3](https://doi.org/10.1016/S0272-7358(01)00114-3)
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology : Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Wang, S., Jiang, Z., Noland, R. B., & Mondschein, A. S. (2020). Attitudes towards privately-owned and shared autonomous vehicles. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 72, 297-306. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.05.014>
- Yuen, K. F., Cai, L., Qi, G., & Wang, X. (2021). Factors influencing autonomous vehicle adoption : An application of the technology acceptance model and innovation diffusion theory. *Technology Analysis & Strategic Management*, 33(5), 505-519. <https://doi.org/10.1080/09537325.2020.1826423>
- Zsido, A. N., Teleki, S. A., Csokasi, K., Rozsa, S., & Bandi, S. A. (2020). Development of the short version of the spielberger state—Trait anxiety inventory. *Psychiatry Research*, 291, 113223. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113223>

Jumeau numérique collaboratif pour la planification des Ordres de Travail préventifs

Naomi KAMOISE

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

naomi.kamoise@spie.com

Directrice de thèse : Nathalie JULIEN

Co-encadrant : Clément GUERIN

RÉSUMÉ

Le jumeau numérique est un des piliers de l'industrie 4.0 grâce aux champs des possibilités qu'il offre aux industriels. Appliqué à la maintenance prévisionnelle, le jumeau numérique permettrait d'optimiser les prises de décision quant à la planification d'interventions de maintenance. Toutefois, l'expertise de l'agent humain reste nécessaire face à cette aptitude du jumeau numérique. A travers une approche prospective, l'objectif de cette thèse est d'identifier les besoins des agents humains en termes de coopération et de transparence informationnelle, en les amenant à penser leurs futures interactions avec le jumeau numérique. Cette démarche pourrait permettre d'optimiser l'activité de planification des ordres de travail préventifs chez un acteur majeur du domaine ferroviaire.

MOTS-CLÉS

Jumeau Numérique - Maintenance Prévisionnelle – Planification – Human Autonomy Teaming - Transparence Informationnelle

1. INTRODUCTION

Pilier de l'industrie 4.0, les nombreuses définitions du jumeau numérique varient autour d'un lien entre un objet physique et une entité virtuelle qui la représente au travers d'un flux continu de données (Silva, Azevedo et Soares, 2021). Au sein du domaine industriel, une des applications les plus répandues et les plus abouties du jumeau numérique concerne la maintenance prévisionnelle. Grâce à une représentation de l'état de l'élément physique, le jumeau numérique appliqué à la maintenance prévisionnelle permettrait d'optimiser les prises de décision quant à l'organisation, la planification et la réalisation d'interventions de maintenance. Selon Wellsandt et al. (2021), ces nouveaux systèmes de maintenance prévisionnelle intègrent difficilement les agents humains au sein du processus de prise de décision. Afin de répondre à ces exigences, la coopération humain-système se positionne comme un concept clé (Gely et al., 2021). Cette thèse CIFRE s'inscrit dans un partenariat entre le laboratoire Lab-STICC UMR 6285 et l'entreprise SPIE Industrie, un intégrateur de solutions pour la conception, la réalisation et la maintenance d'installations au service des industriels. Des retours d'expérience chez SPIE Industrie auprès des opérateurs ont montré que le déploiement des technologies 4.0 et les transformations qu'elles engendrent se heurtent à des comportements de résistance. Dans une perspective de déploiement du jumeau numérique appliqué à la maintenance prévisionnelle, l'objectif est de soutenir le Human-Autonomy-Teaming (HAT) afin de permettre une coopération optimale entre l'agent humain et l'agent autonome (i.e., jumeau numérique). Nous nous focaliserons sur un contrat avec un client du domaine ferroviaire, au sein duquel le jumeau numérique reflète des opportunités de performance, notamment pour l'amélioration de la planification des ordres de travail (OT) préventifs.

Selon la typologie proposée par Julien et Martin (2021), le jumeau numérique peut faire l'objet de différents usages tels que l'analyse, la simulation, la comparaison, etc. Afin de déployer au mieux le



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

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

jumeau numérique collaboratif appliqué à la maintenance prévisionnelle, il convient d'identifier en amont des usages répondant aux besoins et aux spécificités de SPIE Industrie et du client. Néanmoins, l'identification de futurs usages requiert une capacité à se projeter (Colin et al., 2021). Elle fait en autres appel à une habileté d'élaboration prématurée des besoins pragmatiques (atteinte d'un but) (Colin, 2021). L'objectif de cette thèse est de proposer une méthodologie permettant aux acteurs SPIE de penser au mieux leurs futures interactions avec le jumeau numérique afin d'optimiser l'activité de planification des OT préventifs. Nous nous positionnons alors sur une stratégie Needs Seeker répondant aux problématiques d'identification d'usages auprès des utilisateurs (Jaruzelski et al., 2014). Cette stratégie favorise l'innovation radicale orientée usage et se positionne comme une approche centrée utilisateur. La modalité d'intervention proposée par l'ergonomie prospective pourrait alors permettre une meilleure projection dans le futur (Brangier & Robert, 2014).

2. PARTIE THEORIQUE

2.1. Ergonomie prospective

L'ergonomie prospective complète les modalités d'intervention de l'ergonomie corrective et de conception, en ayant pour but de détecter des besoins actuels et d'anticiper des usages futurs (Robert & Brangier, 2009). Colin et al. (2021) considèrent l'ergonomie prospective comme une capacité permettant la simulation mentale et la pré-expérience d'événements futurs. Le développement de cette approche constitue un enjeu majeur face aux défis de l'innovation, du progrès social et technologique (Buisine et al., 2017). Ce sont d'ailleurs ces nouveaux défis qui ont mené l'ergonomie à se questionner sur sa capacité à caractériser le futur. Les domaines d'application de l'ergonomie prospective sont variés : gestion de l'autonomie du véhicule électrique (Nguyer & Cahour, 2014), projet d'innovation d'appareils fitness (Buisine & al., 2018), besoins liés à l'hydrogène comme source d'énergie des foyers (Colin, 2021 ; Martin & al., 2021), nouvelles fonctionnalités des bouteilles de gaz dans le domaine de la santé (Bornet et al., 2013), etc. Selon notre état de l'art, les travaux en ergonomie prospective n'ont pas permis l'identification des besoins s'inscrivant dans une démarche coopérative avec un agent autonome. Or, dans le cadre du déploiement du jumeau numérique pour la planification des OT préventifs, les futurs usages devront soutenir le HAT.

2.2. Human-Autonomy-Teaming

Le HAT peut se définir comme un système sociotechnique dans lequel au moins un agent humain et un agent autonome interagissent de manière interdépendante dans le temps afin d'accomplir une tâche ou un objectif commun (Cooke et al., 2020). Par conséquent, le jumeau numérique doit être en mesure de travailler avec l'agent humain afin de soutenir le taskwork, c'est-à-dire les tâches à réaliser pour la planification des OT préventifs. La dimension « Know-how » du modèle de Pacaux-Lemoine (2002) rend compte du taskwork et renvoie aux connaissances propres à chaque agent coopérant pour résoudre un problème inhérent à l'activité menée. Les recherches sur la conception du jumeau numérique mettent davantage l'accent sur le taskwork. Néanmoins, le teamwork demeure nécessaire pour une bonne coopération du HAT et représente le processus par lequel les membres d'une équipe interagissent pour atteindre les objectifs communs. Cette interdépendance caractérisée par (Hoc, 2001) est présente au sein du modèle de Pacaux-Lemoine à travers le « Know-how-to-cooperate ». Le tableau 1 reprend les dimensions « Know-how » (taskwork), et « Know-how-to-cooperate ».

Tableau 1 : Modèle KH-KHC (Pacaux-Lemoine, 2002)

KNOW-HOW (KH) : <i>Connaissances propres à chaque agent coopérant</i>
Interne : compétences de chaque agent coopérant (i.e., expertise, expérience)
Externe : obtenir des informations de l'environnement et agir sur le processus
KNOW-HOW-TO-COOPERATE (KHC) : <i>Savoir coopérer avec son partenaire</i>
Interne : construire un modèle et déduire les intentions de son partenaire, analyser les tâches et identifier l'organisation coopérative, produire un plan commun
Externe : comprendre et fournir des informations à son partenaire

En examinant le HAT du point de vue du teamwork, la transparence informationnelle de l'agent autonome constitue une caractéristique clé dans l'efficacité du HAT (O'Neil et al., 2022).

2.3. Transparence informationnelle

La transparence informationnelle se définit comme la capacité des agents coopérants à comprendre les intentions, les performances, les plans futurs et les processus de raisonnement de l'autre (Schaefer, Hill et Jentsch, 2019), afin de faciliter la coopération (Lyons, 2013). Selon le modèle de transparence de Lyons (2013), deux aspects sont à considérer : l'aspect Robot-to-Human, où l'agent technique communique des caractéristiques de son propre système, c'est-à-dire pourquoi et dans quel but il a été créé, sa compréhension de la tâche à accomplir, son processus de décision et sa vue du monde. Sur l'aspect Robot-Of-Human, l'agent technique communique sa compréhension des rôles et des niveaux d'autonomie des membres de l'équipe, mais également sa conscience à propos de l'état de l'agent humain. Le tableau 2 décrit ces deux aspects.

Tableau 2 : Modèle de transparence de Lyons (2013)

ROBOT-TO-HUMAN
Intention : l'agent technique fournit des informations sur sa raison d'être.
Tâche : l'agent technique transmet des informations sur la réalisation de ses actions.
Analyse : l'agent technique fournit des informations sur ses principes analytiques.
Environnement : l'agent technique fournit des informations sur sa compréhension des éléments environnementaux (e.g., contraintes temporelles).
ROBOT-OF-HUMAN
Travail d'équipe : l'agent technique informe l'agent humain des activités dont ils sont chacun responsable.
Etat de l'humain : l'agent technique est en mesure de rendre compte de l'état de l'agent humain (e.g., charge cognitive).

En considérant le modèle KH-KHC de Pacaux-Lemoine (2002) et de transparence de Lyons (2013), nous remarquons des analogies qui soutiennent à la fois le taskwork et le teamwork du HAT. Au regard de nos travaux, nous jugeons pertinent d'établir des liens entre ces deux modèles afin de penser un dialogue humain-système efficace. Le KH interne relatif aux compétences de l'agent technique peut être mis en lien avec les dimensions intention, tâche et analytique du modèle de transparence de Lyons (2013). En effet, ces dernières font références aux capacités de l'agent technique à résoudre des problèmes vis-à-vis du processus (e.g., capacité à réaliser une activité, à analyser et à fournir une décision). De la même façon, le KH externe peut-être mis en relation avec les dimensions tâche et environnement au sens où ces principes définissent la capacité de l'agent technique à obtenir des informations et à agir sur l'environnement. En termes de capacité à coopérer, le KHC interne peut faire appel aux dimensions travail d'équipe et de l'état humain du fait de la déduction des intentions et de la définition d'un plan commun. Enfin, le KHC externe peut se rapporter aux dimensions de l'état humain et analytique puisqu'il s'agit de comprendre l'agent coopérant et de lui fournir des informations. En appliquant ces analogies à l'activité de planification des OT et dans une perspective d'élaboration d'un HAT efficace, nous nous posons la question suivante : quels seront les besoins des agents humains en termes de coopération et de transparence informationnelle du jumeau numérique?

3. METHODOLOGIE

Afin de répondre à notre objectif, nous proposons une méthodologie en trois étapes : une analyse actuelle de l'activité de planification des OT préventifs, une analyse prospective afin d'identifier les usages futurs du jumeau numérique, ainsi que les besoins en termes de coopération et de transparence informationnelle. La dernière étape consistera à la mise en œuvre d'un prototype afin d'évaluer les usages retenus.

3.1 Analyse de l'activité actuelle

Dans un premier temps, nous avons cherché à modéliser l'activité actuelle de planification des OT préventifs afin de comprendre les rôles de chaque acteur, les interactions existantes entre les agents humains, mais également avec des agents techniques (e.g., GMAO). Nous nous sommes entretenus avec un ingénieur méthode exerçant au sein de deux ateliers de maintenance ainsi que deux responsables de site. Nous avons également échangé avec trois techniciens de maintenance à travers des entretiens semi-directifs et des observations. Elaborés avec un expert-métier SPIE, les entretiens portaient sur les thématiques suivantes : interactions avec les agents techniques existants, interactions entre les agents humains, gestion des contraintes liées à l'activité de planification.

3.2 Analyse de l'activité future

3.2.1 Participants

Deux types de profil SPIE seront recrutés : 15 responsables de site des ateliers de maintenance situés en Ile-de-France, ainsi que deux ingénieurs méthodes chargés de piloter ces sites. Ces profils seront choisis en raison du rôle central qu'ils incarnent dans le processus de planification.

3.2.2 Procédure

L'objectif est d'identifier les besoins que pourrait engendrer le déploiement du jumeau numérique collaboratif en tant que soutien aux activités de planification des OT préventifs. Nous avons choisi l'entretien d'anticipation des besoins futurs, car cette méthode nous permettra de détecter des besoins et de les faire évoluer vers une représentation mentale du futur (Martin et al., 2021 ; Colin, 2021). Ce cheminement faciliterait l'expression de nouveaux besoins. Selon les recommandations issues de la littérature scientifique, l'entretien se structurera en quatre étapes (Colin et al., 2021) :

-Amorçage : les participants seront amenés à parler librement des activités liées à la planification. Par exemple, les agents SPIE pourront parler de leurs rôles respectifs au sein du processus.

-Expérience : grâce aux cartes d'activités, il sera demandé aux participants de parler de leurs expériences positives et négatives concernant la planification (Martin et al., 2021). L'objectif sera d'enrichir la représentation des activités existantes, comme voulu par la cognition orientée future (Colin & al., 2021). Ainsi, les cartes d'activités se baseront sur la modélisation issue de nos premières observations, et plus spécifiquement, sur les activités individuelles et collectives nécessaires à la planification des OT préventifs. Ces cartes d'activités sont coconstruites avec les experts-métiers SPIE.

-Projection : les participants seront amenés à exprimer d'une façon générale, leur vision à long terme en ce qui concerne l'activité de planification des OT préventifs. Ensuite, il sera demandé aux participants d'apporter des détails sur cette projection. A titre d'exemple, ces détails pourront être en lien avec l'environnement de travail, les futures activités menées, les différents agents présents ainsi que la nature de leurs échanges. Cette projection permettra de poser le contexte pour l'identification des usages dans l'étape suivante.

-Idéation : Dans un premier temps, les participants seront amenés à exprimer des usages liés au jumeau numérique comme support de l'activité de planification. Ensuite, nous demanderons aux participants d'exprimer leurs besoins en termes de coopération et de transparence à l'aide des analogies faites entre le modèle KH-KHC de Pacaux-Lemoine et le modèle de Lyons (2013).

3.3.3 Matériels

Les phases « Expérience » et « Idéation » s'appuieront sur des concepts liés à l'ergonomie prospective, au HAT et à la transparence informationnelle issus de la littérature scientifique.

-Expérience : les cartes d'activités correspondent à une représentation visuelle et textuelle simplifiée d'une activité (Colin, 2021). Elles contribuent à faciliter les verbalisations, notamment pendant la phase "Expérience" de l'entretien d'anticipation des besoins futurs (Martin et al., 2021 ; Colin, 2021). Dans notre étude, ces cartes d'activités représenteront les activités réalisées par les agents SPIE lors de la planification des OT préventifs. Ces cartes seront réalisées grâce à la modélisation issue de notre étude exploratoire. Ainsi, les agents SPIE pourront verbaliser leurs expériences passées en termes d'activités de planification.

- Idéation : nous incluons à cette phase une opérationnalisation des analogies faites entre le modèle KH et KHC de Pacaux-LeMoine (2002) et de transparence informationnelle à travers le modèle de Lyons (2013). Le matériel est en cours d'élaboration, en co-construction avec un expert-métier SPIE.

3.3.4. Prototype

Les données recueillies feront l'objet d'une retranscription puis d'une analyse afin d'identifier les usages exprimés. En accord avec les experts-métiers SPIE, les usages seront sélectionnés selon différents critères (e.g., pertinence, faisabilité). Grâce à un premier prototype du jumeau numérique, les usages seront évalués à travers des situations d'usages caractérisées. Cette phase permettra de fournir des recommandations pour la conception et le déploiement du jumeau numérique.

4. RESULTATS

A partir de nos premières observations sur le terrain, nous pouvons fournir une modélisation de l'activité de planification des OT préventifs. Nous distinguons premièrement des activités individuelles, telles que l'ingénieur méthode qui réalise une extraction des OT hebdomadaires à partir du planning théorique fourni par la GMAO. Ces activités individuelles représentent une phase préparatoire à la réunion de coordination. Nous pouvons considérer les échanges de ces réunions de coordination comme un deuxième type d'activité : la prise de décision collective. En effet, l'objectif de cette réunion est de vérifier si la planification théorique fournie par la GMAO est réalisable. En effet, la GMAO ne tient pas compte des contraintes réelles du terrain et du dynamisme de l'environnement. Par conséquent, les agents humains (i.e., responsable de site, ingénieur méthode, référent client) cherchent un accord commun respectant les contraintes de chacun. Pour cela, les informations partagées peuvent concerner la disponibilité d'un équipement, l'urgence de la réalisation d'un OT, etc. Lorsque les OT hebdomadaires ont été traités, le planning final est envoyé aux acteurs présents. Le responsable de site est chargé d'attribuer les OT planifiés aux techniciens de maintenance. Selon les circonstances, l'activité de planification peut être à nouveau mise en œuvre afin de répondre aux contraintes quotidiennes. Ces activités relèvent de la maintenance préventive systématique. Tout en soutenant le HAT, l'enjeu du jumeau numérique sera d'optimiser l'activité de planification actuelle afin de tendre vers une maintenance prévisionnelle.

5. BIBLIOGRAPHIE

- Alves Ribeiro Rosa, J.G., Armellini, F., Robert, JM. (2021). Capturing Future Trends in Customer Needs for the Design of Next-Generation Gas Station Services. *Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021)*.
- Bornet, C., Brangier, É., Deck, P., Barcenilla, J., & Bastien, C. (2013). Enrichir la créativité des ingénieurs avec l'analyse de l'activité et les personas : Le cas d'un projet d'ergonomie prospective.
- Brangier, É., & Robert, J.-M. (2014). L'ergonomie prospective : Fondements et enjeux: *Le travail humain*, Vol. 77(1), 1-20.
- Buisine, S., Boisadan, A., & Richir, S. (2018). L'innovation radicale par la méthode de l'utilisateur extraordinaire. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 24(4), 374-386.
- Cahour, B., Salembier, P., Brassac, C., Bouraoui, J. L., Pachoud, B., Vermersch, P., & Zouinar, M. (2005). Methodologies for evaluating the affective experience of a mediated interaction.
- Colin, C., Martin, A., Bonneviot, F., & Brangier, E. (2022). Unravelling future thinking : A valuable concept for prospective ergonomics. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 23(3), 347-373.
- Cooke, N., Demir, M., & Huang, L. (2020). A Framework for Human-Autonomy Team Research. *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics. Cognition and Design* (Vol. 12187, p. 134-146). Springer International Publishing.
- Gely, C., Trentesaux, D., Sénéchal, O., & Pacaux-Lemoine, M.P. (2020). Human-Machine Cooperation with Autonomous CPS in the context of Industry 4.0: a literature review. *SOHOMA 2020 : Service Oriented, Holonic and Multi-agent Manufacturing Systems for Industry of the Future*, Oct 2020, Paris, France, p.327-342.
- Hoc, J. M. (2001). Towards a cognitive approach to human-machine cooperation in dynamic situations. *International journal of human-computer studies*, 54(4), 509-540.
- Jaruzelski, B., Staack, V., & Goehle, B. (2014). Proven paths to innovation success. *Strategy Business*, 77, 2-16.
- Julien, N., & Martin, E. (2021). Typology of manufacturing digital twins: a first step towards a deployment methodology. [Conférence]. *European Conference on Safety and Reliability*.
- Lyons, J. B. (2013). Being Transparent about Transparency.
- Lyons, J. B., Sycara, K., Lewis, M., & Capiola, A. (2021). Human-Autonomy Teaming : Definitions Debates, and Directions. *Frontiers in Psychology*, 12, 589585.
- Martin, A., Agnoletti, M.-F., & Brangier, É. (2021). Ordinary users, precursory users and experts in the anticipation of future needs : Evaluation of their contribution in the elaboration of new design energy for housing. *Applied Ergonomics*, 94, 103394.
- Millot, P., & Pacaux-Lemoine, M.-P. (2013). A Common Work Space for a mutual enrichment of Human-machine Cooperation and Team-Situation Awareness. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(15), 387394.
- Nguyen, C., & Cahour, B. (2014). Véhicule électrique et gestion de son autonomie : Une approche prospective ancrée dans l'expérience vécue: *Le travail humain*, Vol. 77(1), 63-89.
- O'Neill, T., McNeese, N., Barron, A., & Schelble, B. (2022). Human-Autonomy Teaming : A Review and Analysis of the Empirical Literature. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 64(5), 904-938.
- Pacaux-Lemoine, M.-P. (2002). Human-Machine Cooperation: Adaptability of shared functions between Humans and Machines—Design and evaluation aspects.
- Schaefer, K. E., Hill, S. G., & Jentsch, F. G. (2019). Trust in Human-Autonomy Teaming : A Review of Trust Research from the US Army Research Laboratory Robotics Collaborative Technology Alliance. [Conférence]. *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*
- Silva, H. D., Azevedo, M., & Soares, A. L. (2021). A Vision for a Platform-based Digital-Twin Ecosystem. *IFAC-PapersOnLine*, 54(1), 761-766.
- Wellsandt, S., Klein, K., Hribernik, K., Lewandowski, M., Bousdekis, A., Mentzas, G., & Thoben, K.-D. (2021). Towards Using Digital Intelligent Assistants to Put Humans in the Loop of Predictive Maintenance Systems. *IFAC-PapersOnLine*, 54(1), 49-54

Les apprentissages organisationnels initiés par la crise sanitaire de la Covid-19 dans les services hospitaliers

Leulier-Blanchard Maëva

Université Grenoble Alpes

Laboratoire Pacte

INP UGA – 46 avenue Félix Viallet, 38000 Grenoble

maevaleulier@gmail.com

Sous la direction de Caroly Sandrine et Bonnetterre Vincent

RÉSUMÉ

Ce travail de recherche propose d'étudier les impacts de la crise sanitaire liée à la Covid-19 pour les professionnels de quatre services hospitaliers (unité gériatrique, service de virologie, chambre mortuaire et service de santé au travail). Il s'inscrit dans une approche constructive de l'activité en situation de crise. Pour cela, l'analyse porte sur les transformations initiées dans le contexte de crise sanitaire, en prenant en compte ses différentes temporalités et en étudiant en particulier les apprentissages organisationnels. La méthodologie du retour d'expérience permet de répondre à ces objectifs. Les résultats soulignent la possibilité d'apprentissages, dans un contexte pourtant très contraint. Au-delà des changements organisationnels que ces derniers ont pu favoriser pour soutenir la santé et la performance des individus et des collectifs, les premiers résultats montrent qu'ils ont également permis de remettre en question l'organisation, et parfois même, le métier.

MOTS-CLÉS

Covid-19, apprentissages organisationnels, situations de crise, services hospitaliers, approche développementale.

1. INTRODUCTION

Cette recherche s'inscrit dans un double contexte de crise. En effet, la crise sanitaire de la Covid-19 s'est enchevêtrée à la crise financière du système de santé (Michot et al., 2019 ; Coutarel et al., 2020). En France, le système de santé a dû faire face à l'afflux important des hospitalisations et des décès. L'évolution du virus (pics épidémiques) et des connaissances sur ce dernier (modes de transmission, dépistage, traitements, symptômes, etc.) a rythmé la gestion de crise. Par ailleurs, les prescriptions pour faire face à la pandémie ont questionné la relation de service (port du masque, distanciation sociale, limites du nombre de personnes, etc.). Enfin, l'apparition d'un nouveau risque dans l'activité a demandé une gestion tant sur le court terme que sur le long terme. Dans le cadre de cette thèse, quatre terrains sont étudiés : une unité de gériatrie, de virologie, une chambre mortuaire et un service de santé au travail d'un même CHU. Ils permettent d'aborder divers enjeux de crise en fonction du secteur d'activité, de la profession exercée et du type de collectif.

Depuis maintenant plus de deux ans, les organisations doivent faire face aux évolutions de la pandémie. En dépit des contraintes inhérentes à celle-ci, les organisations ont pu trouver, dans cette situation inédite, une opportunité de développement grâce aux régulations notamment. Par exemple, les entreprises de pompes funèbres ont déployé des outils pour permettre des funérailles à distance (MacNeil, Findlay et Ho, 2020). Ces transformations peuvent modifier le cadre de référence et contribuer au développement du répertoire d'action, et être intégrées à l'activité sur le long terme. Si elles sont diffusées au collectif, elles peuvent être pérennisées et constituer des apprentissages organisationnels (Sauvagnac et Falzon, 1999).



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

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

2. CADRE THÉORIQUE

2.1. Approcher la crise d'un point de vue développemental

L'utilisation du terme « crise » pour qualifier la pandémie mondiale liée au coronavirus est plus que répandue et fait désormais partie du langage courant. L'exercice de définition de la crise est difficile, tant ce terme est utilisé, et spécifique à la discipline qui s'y essaie (Rogalski, 2004 ; Morin, 2020). L'utilisation du terme de crise permet d'identifier un élément de contexte important, mais aussi un concept à étudier dans l'activité, là où les ressources préexistantes viennent à manquer (Rogalski, 2004), requérant alors une résilience des individus, des collectifs et des organisations, c'est-à-dire une capacité à faire face à la situation de crise (Hollnagel, Woods et Leveson, 2006). La revue de la littérature sur les définitions des crises, réalisée par Judek (2019), permet de résumer que tout d'abord, l'entrée dans une situation de crise se caractérise par la survenue d'un événement déclencheur (qui avait peu de probabilité de survenir), perturbant l'ensemble de l'organisation (atteinte des objectifs, valeurs, normes) et ses membres. Une situation de crise induit une pression temporelle qui s'exerce dans la gestion de crise, devenant une priorité, car les moyens initialement disponibles pour répondre à la situation sont dépassés. Une situation de crise peut également s'avérer être à l'initiative de transformations. Le point de départ d'une crise n'est pas nécessairement un événement majeur : des signes avant-coureurs peuvent exister, et c'est la gestion de ces derniers qui peut mener à la situation de crise (Duarte-Colardelle, 2006 ; Wybo, 2004). Nous n'approcherons donc pas la crise d'un point de vue uniquement événementiel – c'est-à-dire centré sur la gestion de l'événement et de ses symptômes, dans un objectif de retour au *statu quo* de l'organisation. Nous la verrons surtout dans une approche processuelle (Roux-Dufort, 2000), c'est-à-dire en étudiant les signes précurseurs et l'anticipation des problématiques (ici, liées aux crises sanitaires), l'événement déclencheur, le développement de la crise et de sa gestion, puis la capitalisation de l'expérience et les transformations au sein de l'organisation.

Ainsi, dans le cadre de cette recherche, nous proposons de considérer la situation de crise comme une situation imprévue, donc qui ne bénéficie pas d'un processus formalisé permettant à l'organisation de gérer le passage de la routine à la non-routine (Rogalski, 2004) et de faire face à une situation nouvelle. Bien que certains protocoles existent pour, par exemple, coordonner les acteurs et ouvrir des champs décisionnels lors de crises (e.g., Plan Blanc, Plan ORSEC), ces derniers sont considérés comme des appuis à la gestion de crise mais pas comme des procédures de gestion de crise prédéfinissant les actions nécessaires pour y faire face. La situation de crise est regardée ici dans un espace spatio-temporel restreint, en lien avec l'activité, et même si elle prend en compte les interactions dans une vision systémique de l'activité, elle s'éloigne tout de même du contexte général de crise pour se concentrer sur des événements précis.

Cette thèse s'inscrit dans une approche constructive et développementale (Falzon, 2013) de la crise dans l'activité. Nous nous concentrerons alors à observer tant les conséquences négatives de la crise (sur la santé notamment) que ses effets sur le développement des individus, des collectifs et de l'organisation. Par ailleurs, l'approche processuelle de la crise est cohérente, puisqu'elle identifie la crise comme un phénomène pouvant amener à des transformations, mais également à des apprentissages.

2.2. Apprendre des crises

La capitalisation de l'expérience fait partie intégrante du processus de crise (Pearson et Clair, 1998 ; Pearson et Mitroff, 1993, in Roux-Dufort, 2000). La crise constitue deux sources d'apprentissage possibles pour les individus et les organisations : par expérimentation (le fait d'avoir connu la situation) ou par expérience (où les savoirs se construisent dans l'action). Donner aux collectifs la possibilité de revenir sur les événements peut favoriser la compréhension de la situation grâce à l'activité réflexive collective (Sauvagnac et Falzon, 1999) grâce à la confrontation et l'articulation des compréhensions partielles, et développer le répertoire d'action des professionnels (Weick, 1988 ; 1999). Cette production de sens se caractérise par un apprentissage (Mezirow, 2001).

Dans l'action, l'apprentissage peut être de trois niveaux, selon Argyris et Schön (1996) : par simple boucle (essai-erreur, approche comportementale), par double boucle (changements, centrés sur les savoirs et les représentations des acteurs, transformant le cadre de référence, approche cognitive), ou par le développement d'une « capacité à apprendre », ou triple boucle. Pour autant, un contexte trop hostile peut inhiber les potentiels apprentissages (Ingham, 2015). Bien que la notion d'apprentissage organisationnel ne sous-entende pas d'approche individuelle, c'est pourtant la diffusion des savoirs individuels qui est à l'origine de ce processus (Argyris et Schön, 1996 ; Tarondeau, 1998 ; Sauvagnac et Falzon, 1999).

3. PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE

L'activité des professionnels hospitaliers, largement impactée par la crise sanitaire, suscite des questionnements notamment en termes d'apprentissages liés à cette expérience, dans un contexte déjà fortement contraint. Dans cette recherche, nous chercherons à étudier quelles ont été les situations de crise, et comment elles ont été gérées par les professionnels et les collectifs. Enfin, nous nous intéresserons aux transformations et aux apprentissages initiés par la crise. Les hypothèses sont de trois ordres : (1) les situations de crise évoluent en fonction des phases de la crise, de la profession exercée et du secteur professionnel ; (2) la gestion de crise, perçue comme un processus et réalisée tant par les professionnels de la direction que les professionnels sur le terrain, a contribué au développement d'apprentissages organisationnels ; (3) les situations de crise et les apprentissages organisationnels durables peuvent contribuer à la transformation de l'activité sur le long terme.

4. MÉTHODOLOGIE

Pour répondre aux différents objectifs, nous avons adopté une approche diachronique, dans le sens où la temporalité de la survenue des événements et le lien entre ces derniers sont pris en compte (Hélaridot et al., 2019). Cette recherche s'inscrit également dans une approche de l'ergonomie constructive et développementale. La méthodologie emploie celle du retour d'expérience (REX), qui tient cette vision diachronique « avant – pendant – après » et les apprentissages. Le REX présente l'intérêt, ici, de s'appuyer sur l'expérience de la crise et à ses différentes phases, aux transformations à court et long terme, aux apprentissages, s'ancrant dans la culture organisationnelle et modifiant le cadre de référence. Il permet de comprendre ce qui est à conserver ou non, pour les prochaines crises (Casse, 2015).

Cette recherche est menée au sein de 4 services hospitaliers. Le tableau 1 ci-après résume les principales caractéristiques de ces services et des professionnels rencontrés.

Service	Professionnels rencontrés
Chambre mortuaire	9 professionnels : agents de service mortuaire (ASM), cadres
Service de santé au travail	11 professionnels : médecins, chef de service, infirmières, secrétaires, ingénieur QVT, psychologue
Service de virologie	7 professionnels : chef de pôle, cadres, infectiologue, techniciens de laboratoire, secrétaire
Service de gériatrie	17 professionnels : cadres, chef de service, infirmières, aides-soignantes, agents de services hospitaliers, professions transversales médico-sociales

Tableau 1 : Services et professionnels rencontrés

Dans un premier temps, 44 entretiens semi-directifs individuels ont été menés avec les professionnels des différents services (de 2020 à 2022). Ils avaient plusieurs objectifs : comprendre l'activité des différents professionnels, identifier les temporalités, les impacts et les enjeux de la crise sanitaire, les transformations qu'elle a pu occasionner (du fait de prescriptions, de régulations), que ce soit au niveau des pratiques, de l'organisation du travail ou encore de la relation aux autres, ainsi que les moyens mis en œuvre pour gérer la crise. Ces entretiens ont fait l'objet d'une retranscription intégrale et sont en cours d'analyse thématique inductive par le biais du logiciel NVIVO.

Dans un second temps, environ 80 heures d'observations systématiques ont été réalisées, pour l'instant, uniquement au sein de la chambre mortuaire et du service de gériatrie (en 2022). Réalisées après les vagues les plus caractéristiques de la pandémie, elles avaient pour objectif de faire expliciter les impacts de l'évolution de la pandémie sur l'activité. L'analyse des données avait pour objectif de repérer les situations en lien avec la Covid-19 (dans les communications, dans l'analyse des variabilités des situations). Cela a permis d'identifier, lors de l'analyse, les apprentissages initiés par les périodes de crise. Les entretiens d'autoconfrontation qui ont suivi ont permis de caractériser les transformations et les apprentissages dans l'activité (gestes, protocoles, liens avec les différents acteurs, organisation du travail...) et d'identifier leur temporalité (ponctuels, par exemple, ou intégrés au long terme).

Au total, 6 restitutions collectives ont été organisées à différents moments, notamment après une première analyse des entretiens semi-directifs, puis après les observations. Elles ont permis de rendre compte du REX de la crise sanitaire au sein des services, de faire valider ces résultats, de faire discuter les équipes sur ce qui est à retenir des impacts et des apprentissages de la crise, et de participer au développement des compétences individuelles et collectives.

5. PREMIERS RESULTATS

Le parti pris pour cette communication a été de résumer la première partie des résultats, portant sur l'étude descriptive de la crise sanitaire au sein des services étudiés, et d'introduire la deuxième partie des résultats (apprentissage organisationnels) avec un focus sur l'activité des agents de service mortuaire.

5.1. Approche descriptive de la crise au sein des différents services

Dans un premier temps, et afin de répondre au premier objectif de la thèse, les résultats se concentrent sur la description de la crise sanitaire au sein des services. On retrouve alors, de façon spécifique en fonction des services : les différentes temporalités de la crise (vagues pandémiques, mise en place des prélèvements, de la vaccination, la réorganisation de l'activité quotidienne, etc.), ainsi que ce qui a pu conduire le service à faire l'expérience de situations de crise. Elles peuvent dépendre de la profession exercée ou du service. Des points communs sont retrouvés entre les différents services comme par exemple, la surcharge de travail ou la mise en place des protocoles sanitaires, et d'autres sont plus spécifiques. On peut citer par exemple, en fonction des services :

- La gestion de l'afflux de patients décédés au sein de la chambre mortuaire ;
- La gestion de l'isolement des résidents pour respecter les mesures barrières au sein du service de gériatrie ;
- La priorisation des prélèvements et des autres problématiques liées à la Covid-19 au dépend de la continuité de l'activité quotidienne au sein du service de santé au travail ;
- L'embauche de techniciens et la création d'une « équipe Covid-19 » et les problématiques liées à la précarité de ces emplois au sein du service de virologie.

Ces situations de crise ont transformé l'activité sur le long terme. Pour illustrer ce propos, nous montrerons les apprentissages relevés au sein de la chambre mortuaire dans la partie suivante.

5.2. De la transformation aux apprentissages organisationnels : le cas des agents de service mortuaire

Nous abordons ici les transformations à différents niveaux, afin de caractériser celles qui supposent des apprentissages organisationnels. Une première analyse des données a permis de caractériser les différents apprentissages, en fonction des différents niveaux des apprentissages organisationnels (Argyris et Schön, 1978 ; 1999 ; Ingham, 2015). Le niveau 1 décrit donc les apprentissages en simple boucle (type essai-erreur, ne transformant pas le cadre de référence). Le niveau 2 décrit les apprentissages en double boucle, dont les deux sous-niveaux repérés grâce à l'analyse sont : le niveau A, ceux qui ont transformé le cadre de référence, et qui sont réutilisés dans

le cadre de situations spécifiques (par exemple, surcharge de travail, vague pandémique) ; le niveau B, ceux qui sont intégrés à l'activité quotidienne (changements organisationnels par exemple).

Apprentissages organisationnels	Niveau		
	Niveau 1 Simple boucle	Niveau 2 Double boucle	
		Niveau A	Niveau B
Protocole de prise en charge des défunts Covid-19			X
Protocoles visites (photographie, distanciation, nombre de personnes limité, objets...)	X		
Camion frigorifique	X		
Astreintes de nuit, sur place durant 48 heures		X	
Réorganisation des horaires (ouverture aux visites des proches plus tard pour gérer la charge de travail et la pression temporelle)			X
Mesure barrière (port du masque, gel hydroalcoolique)			X
Prise d'information concernant la Covid-19 dans les services			X
Prise en charge d'un plus grand nombre de défunts par jour			X
Traçabilité avec des codes langagiers partagés entre eux et avec les pompes funèbres			X
Suivi du nombre de cellules réfrigérées disponibles et information journalière à la direction		X	
Collaborations plus étroites avec la direction et les soignants			X
Renforcement du collectif des agents de service mortuaire			X

Tableau 2 : Caractérisation des apprentissages organisationnels en fonction de leur niveau

La caractérisation des apprentissages organisationnels initiés par la crise sanitaire pour les agents de service mortuaire permet de distinguer les apprentissages en simple boucle, qui n'ont pas été pérennisés - car trop coûteux, en termes de santé et de performance - des autres apprentissages. Les apprentissages en double boucle, ont été réévalués, réadaptés, réélaborés afin d'être plus pertinents dans l'activité des agents. Ils sont durables et sont soit réutilisés dans des situations spécifiques, soit intégrés à l'activité quotidienne. Ces apprentissages ont transformé le cadre de référence organisationnel et ont permis de développer des réflexions quant à la profession d'agent de service mortuaire (statut, reconnaissance, formation, rôle dans le système de santé et dans le parcours de soin).

6. CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Cette thèse propose d'étudier la crise sanitaire à travers le concept d'apprentissage organisationnel, dans une approche ergonomique centrée sur l'activité. Dans les services hospitaliers, les contraintes préexistantes ont été multipliées par celles inhérentes à la crise. Là où certains apprentissages relèvent de l'individu, d'autres ont été partagés au sein du collectif, permettant de transformer l'organisation elle-même, et le métier. Les premiers résultats semblent répondre à nos hypothèses initiales. Le collectif de la chambre mortuaire est particulièrement stable et soutenant, mais les différences en fonction des services étudiés (en termes d'organisation du travail, de l'existence ou non d'une activité collective) permettront d'étudier plus précisément ce qui permet, ou non, le développement d'apprentissages en situation de crise.

7. BIBLIOGRAPHIE

- Argyris, C., & Schön, D. A. (1999, 1978). *Organizational learning II : Theory, method, and practice* (Nachdr.). Addison-Wesley.
- Bundy, J., Pfarrer, M. D., Short, C. E., & Coombs, W. T. (2017). Crises and Crisis Management : Integration, Interpretation, and Research Development. *Journal of Management*, 43(6), 1661-1692. <https://doi.org/10.1177/0149206316680030>
- Casse, C. (2015). *Concevoir un dispositif de retour d'expérience intégrant l'activité réflexive collective : Un enjeu de sécurité dans les tunnels routiers*. Psychologie. Université Grenoble Alpes, France.

- Caron, J. (2010). Du bon usage de la crise ? *Revue Projet*, 316(3), 69-75. <https://doi.org/10.3917/pro.316.0069>
- Coutarel, F., Pueyo, V., Lacomblez, M., Delgoulet, C., & Barthe, B. (2021). *La crise sanitaire comme crise du travail*. 7(2), 23.
- Duarte-Colardelle, C. (2006). Analyse de la dynamique organisationnelle en temps de crise. Thèse, Ecole Nationale Supérieure des Mines, Paris, France.
- Falzon, P. (2013). *Ergonomie constructive*. Presses universitaires de France.
- Gundel, S. (2005). Towards a New Typology of Crises. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 13(3), 106-115. <https://doi.org/10.1111/j.1468-5973.2005.00465.x>
- 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>
- Hollnagel, E., Woods, D.D., & Leveson, N. (Eds.). (2006). Resilience engineering. Concepts and precepts. Hampshire, England : Ashgate.
- Ingham, M. (2015). L'apprentissage organisationnel dans les coopérations. *Revue Française de Gestion*, 41(253), 55-81. <https://doi.org/10.3166/RFG.253.55-81>
- Judek, C. (2019). The contribution of virtual crisis simulations to the study of crisis management situations : the case of iCrisis simulation approach. Thèse, Université de Lorraine, France.
- Lagadec, P. (1991). *La gestion des crises : outils de réflexion à l'usage des décideurs*. Paris : Ediscience international. Print.
- MacNeil, A., Findlay, B., Bimman, R., Hocking, T., Barclay, T., & Ho, J. (2021). Exploring the Use of Virtual Funerals during the COVID-19 Pandemic: A Scoping Review. *OMEGA - Journal of Death and Dying*. <https://doi.org/10.1177/00302228211045288>
- Michot, F., Launois, B., Bertrand, D., Bringer, J., Degos, L., Olie, J.-P., & Thuillez, C. (2019). Rapport 19-02. L'hôpital public en crise : Origines et propositions. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 203(3-4), 109-121. <https://doi.org/10.1016/j.banm.2019.02.011>
- Morin, E. (2020). *Sur la crise*. Flammarion.
- Pauchant, T. C., Mitroff, I.I. (1995). *Gestion des crises et des paradoxes : Prévenir les effets destructeurs de votre organisation*. Editions Québec/Amérique.
- Perrow, C. (1984) *Normal Accidents*. New York : Basic Books.
- Plottu, E. (1998). Evaluation et prise de décision : Impacts socio-économiques et environnementaux dans les grands projets d'infrastructure de transport", *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n°2, mai 1998, pp.301-320.
- Rogalski, J. (2004). 32. La gestion des crises. In *Ergonomie* (p. 531-544). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0531>
- Roux-Dufort, C. (2000). *La gestion de crise : Un enjeu stratégique pour les organisations*. De Boeck université.
- Sauvagnac, C., & Falzon, P. (1999). Gestion des savoirs et politique qualité : Le rôle de l'ergonomie. 12.
- Weick, K. (1988). Enacted sensemaking in crisis situations. *Journal of Management Studies*, 25, pp. 305-317.
- Weick, K., Sutcliffe, K., Obstfeld, D. (1999). Organizing for High Reliability: Processes of Collective Mindfulness. *Research in Organizational Behavior*, 1, pp. 81-123.
- Wybo, J. (2004). Le rôle du retour d'expérience dans la maîtrise des risques et des crises. *Qualitique – Le magazine des managers et des organisations responsables*, 158, pp. 27-30.

Documenter les effets de moyen et long terme des conditions de travail des sapeurs-pompiers sur leur santé

Charlyne Poncato

CRTD, Le CNAM

charlyne.poncato@lecnam.net

Catherine Delgoulet*, Emilie Counil, Willy Buchmann*,**

*CRTD, le Cnam ; **Ined

catherine.delgoulet@lecnam.net ; emilie.counil@ined.fr ; willy.buchmann@lecnam.net

RÉSUMÉ

Cette thèse traite de la question des effets des conditions de travail de moyen et long terme des sapeurs-pompiers sur leur santé. A partir d'une approche pluridisciplinaire en ergonomie et épidémiologie, ce travail vise à articuler des méthodes qualitatives par l'analyse de l'activité, et quantitatives propres à l'épidémiologie permettant la prise en compte des échelles temporelles d'analyse : de la synchronie à la diachronie. Ce travail va consister d'une part ; à analyser l'activité des sapeurs-pompiers et d'une autre ; à éclairer et caractériser la notion de poly-expositions et les voies que celles-ci empruntent dans la pratique professionnelle. Cette communication revient sur le contexte, l'état de l'art mobilisé dans ce travail de thèse et la méthodologie de recherche envisagée.

MOTS-CLÉS

Ergonomie, analyse de l'activité, sapeurs-pompiers, poly-expositions, santé

1. INTRODUCTION

Notre recherche se déroule dans le cadre d'un contrat doctoral attribué par le jury du programme doctoral national en Santé-Travail porté par l'EHESP. Elle a débuté le 1er novembre 2022 et bénéficie d'un co-encadrement bi-disciplinaire en ergonomie (équipe du CRTD du Cnam Paris) et en épidémiologie (Ined). Ce projet de thèse vise à documenter les effets de moyen et long terme des conditions de travail des sapeurs-pompiers, dans leur diversité, sur leur santé. Nous chercherons à répondre à la question générale de recherche suivante : qu'est-ce qui dans l'activité des sapeurs-pompiers peut contribuer à la dégradation, la préservation et la construction de leur état de santé ? Dans cette perspective, ce travail de recherche s'inscrit dans les objectifs du Plan Santé Travail 4 ainsi que le Plan de la fonction publique qui sont d'une part : de faire de la prévention primaire et d'une autre, de « mieux comprendre et mesurer les interactions entre les conditions de travail et la santé des travailleurs ». Le travail de thèse étant dans ces tout premiers développements, ce document présente dans un premier temps les éléments de contexte de la thèse qui caractérisent les enjeux identifiés jusqu'ici. Dans un second temps, les grands axes du cadre théorique sont définis afin de donner à voir l'ancrage dans lequel s'inscrit cette recherche. La démarche méthodologique envisagée suit pour fixer les principaux temps et formats d'investigation et d'analyse.

2. CONTEXTE DE LA THÈSE EN TROIS AXES

Les conditions de travail et la santé des sapeurs-pompiers (SP) sont deux champs de recherche largement investigués depuis une vingtaine d'années. Ainsi, la littérature internationale en



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

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

épidémiologie et toxicologie les identifie comme une population particulièrement à risques parmi les populations touchées par diverses maladies, et ce malgré un entretien d'une condition physique nécessaire à l'exercice de leurs fonctions. Il s'agit notamment de maladies cardio-vasculaires et respiratoires (Smith et coll. 2013 ; Labadie et coll. 2016), des troubles de la fertilité (Petersen et coll. 2019) et surtout des cancers.

En France, des études (e.g. Rapports CNRACL, 2017 ; ANSES 2019) et les résultats issus du Plan Santé Travail 3, soulignent que tout au long de leur carrière, les expositions des sapeurs-pompiers peuvent relever simultanément de nuisances chimiques, biologiques ou physiques. Ces expositions, associées à d'autres facteurs de risques pour la santé (travail de nuit, sous pression temporelle, dans des environnements extrêmes [bruit, chaleur, inondations, conflits], au contact d'un public en difficulté, etc.), favorisent potentiellement la survenue de difficultés de santé qui gênent plus ou moins dans le travail, connus sous le nom de troubles infra pathologiques, voire de pathologies. Toutefois, les connaissances restent à consolider sur les modalités d'exposition et de contamination d'une part, et sur les méthodologies d'évaluation des poly-expositions d'autre part, alors que leurs conséquences sont une source d'inquiétude pour les sapeurs-pompiers et leur direction. Selon une revue réalisée par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) en 2010, l'exposition professionnelle des SP est possiblement cancérogène. Cependant, les rapports du CIRC (2010) et de l'IRSST (Brantom et coll., 2018) sur les cancers chez les SP soulignent les limites des études épidémiologiques existantes basées sur des données jugées « parcellaires » notamment en raison de la variabilité de la nature du risque et de la durée d'exposition en situation de travail. Par ailleurs, les données de la littérature sont essentiellement issues de travaux internationaux (forte représentation des populations nord-américaines) ne rendant les analyses et conclusions que partiellement transposables au cas français, dont l'organisation des services de secours diffère.

Ces enjeux de santé au travail à moyen et long terme prennent par ailleurs place dans le cadre d'évolutions sensibles et conjointes des contenus du travail et des parcours professionnels : a) des droits d'accès à la retraite des agents de la fonction publique territoriale pour les SP professionnels ou du régime général pour les SP volontaires (Soulat, 2017) et, b) du métier de SP (Rapport Anses, 2019). Par exemple en 20 ans, le nombre de SP a augmenté de 2% alors que le nombre d'interventions a bondi de 30%. D'intervention en marge des compétences des SP, le secours d'urgences aux personnes devient leur principale mission. En effet en France, plus de soixante-dix pourcents des interventions sont du secours à victimes contre sept pourcents relevant de la gestion d'incendies (ANSES, 2019). Ces évolutions du travail interrogent l'évolution des expositions, des conditions de travail et des moyens de prévention. La tendance à l'allongement de la vie professionnelle questionne quant à elle les durées d'expositions, et leurs conséquences sur la construction de la santé au travail, l'usure professionnelle, le maintien en emploi, etc. (Delgoulet & Volkoff, 2014).

Enfin, non ciblés sur l'activité des SP, une diversité de dispositifs quantitatifs d'analyse des relations santé-travail ont été élaborés et sont utilisés au niveau national ou local depuis une vingtaine d'années. Sans prétendre à l'exhaustivité, citons quelques exemples d'enquêtes parmi celles cartographiées par l'ANSES en 2017 : a) Maladies à Caractère Professionnel (MCP ; Valenty et coll. 2008) qui recense les pathologies en lien avec le travail et les expositions suspectées d'en être à l'origine ; b) Évolutions des Relations Santé Travail (EVREST ; Molinié & Leroyer, 2011) qui s'intéresse aux conditions de travail du point de vue des salariés et à leur santé diagnostiquée ; c) Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles (RNV3P ; Bonnetterre et coll., 2014) qui identifie des associations entre expositions et pathologies ; c) Surveillance Médicale des Expositions des salariés aux Risques professionnels (SUMER ; Leonard et coll., 2018) qui repose sur l'évaluation conjointe des expositions aux risques professionnels par les salariés et leur médecin du travail. Leur analyse comparative (Rollin et coll., 2021) montre la complémentarité potentielle de ces dispositifs pour la compréhension des relations santé-travail (e.g. entre point de vue des salariés et expertise médicale ; ou entre signes cliniques infra-pathologiques et pathologie diagnostiquée) et souligne également que bien qu'ayant des objectifs partagés (e.g. représentativité des salariés inclus dans l'enquête) chaque dispositif opère des choix dont il s'agit de tenir compte dans les interprétations des résultats et les politiques de prévention associées. Ces premiers éléments de littérature invitent alors

à penser la documentation des effets à moyen et long terme des conditions de travail des SP sans viser l'exhaustivité mais, au contraire, dans un dialogue avec les dispositifs quantitatifs déjà existants afin d'avoir une vision plus claire des conséquences sur la santé des SP.

Dans le champ de l'ergonomie, on identifie des recherches qui s'intéressent au métier de SP relatives à la gestion de crise (Rogalski, 2004), l'activité collective de conduite en situation d'urgence (Vidal-Gomel et al., 2014) ou la gestion du stress dans les professions de services publics (Loriol et al. 2006), et, des travaux en ergotoxicologie proposant des méthodologies d'évaluation des expositions dans diverses situations professionnelles (Galey et al., 2019). Si ces travaux ont pu se préoccuper des enjeux de sécurité associés à l'exercice du métier, aucun n'a fait de lien avec les questions de préservation ou de construction de la santé des SP au fil de leur carrière.

3. QUESTIONNEMENTS ET OBJECTIFS

Face à ces premiers constats, des questions de recherche émergent.

- Si les résultats nord-américains ne sont que partiellement extrapolables à la situation française, qu'enseignent-ils sur les démarches d'investigation et les méthodes à développer ?
- Comment rendre compte du moment, de la durée, de la nature, des raisons et de la manière dont les risques multiples d'expositions et de contamination se régulent dans et par l'activité des SP en situation réelle de travail ?
- Dans quelle mesure une étude des systèmes d'informations existants (e.g. bases de données), permettrait de mieux caractériser l'état de santé des SP en service et à la retraite ?
- Enfin, dans une perspective de soutenabilité du processus de recueil, d'analyse et d'interprétation des données, quel dispositif socio-organisationnel régional et/ou national serait à construire ou renforcer ?

Pour tenter d'y répondre, ce travail de thèse se décline en trois sous-objectifs. Il consistera, dans un premier temps, à analyser l'existant et identifier les points aveugles en recensant les connaissances et les questionnements sur les liens entre travail et santé des SP dans la littérature et en réalisant un état des lieux des systèmes de recueil et de gestion des données existants. Un second objectif visera à documenter les modalités effectives d'exposition ou de contamination et leurs conséquences. Un troisième objectif relève de la co-construction, avec les SP et leurs représentants, d'indicateurs pertinents de suivi de la santé et de définir la conduite du projet de conception et d'animation d'un observatoire des évolutions du travail et de la santé.

4. CADRAGE THEORIQUE

Le croisement de plusieurs disciplines permet de mieux comprendre les relations complexes qui lient santé et travail (Doppler, 2004). Ce projet de thèse en ergonomie vise à travailler à l'articulation de l'ergonomie et de l'épidémiologie pour lever les écueils d'une approche mono-disciplinaire et définir les contours d'un observatoire des conditions de travail et de la santé des SP, en évolution. Il permettrait ainsi de s'écarter d'une vision causale directe, entre exposition à certains facteurs de risque et émergence de problèmes de santé, pour appréhender des relations complexes, enchevêtrées, et inscrites dans des dynamiques temporelles à long terme (Molinié et Pueyo, 2012 ; Buchmann et coll., 2018). Tout d'abord, l'ergonomie permet par ses objectifs, outils, méthodes d'établir un lien fort entre santé et travail en s'intéressant aux causes du risque professionnel. Cependant, appréhender le monde du travail nécessite une coordination d'approches (Falzon, 2004). Ainsi, l'épidémiologie, par ses méthodes, mesures standardisées et analyses statistiques permettrait l'identification de facteurs de risque et pourrait venir confirmer des liens de causalité (Volkoff, 2005).

L'apport de l'ergonomie se situe ici sur deux versants principaux. Tout d'abord, ce travail se place dans la perspective d'une approche dynamique de la santé (Canguilhem, 1999) qui n'est ni absence de maladie, ni compensation de déficiences, mais trajectoire développementale à construire au fil des parcours de travail (Molinié et Volkoff, 2011). C'est dans ce cadre que nous faisons appel à l'analyse de l'activité singulière déployée par chacun, dans ses rapports au passé et au futur des personnes et des collectifs de travail, afin de comprendre les ressorts des relations santé-travail au fil des parcours.

L'analyse de l'activité des sapeurs-pompiers permettra d'avoir une meilleure compréhension des dimensions du travail réel et ces analyses viseraient à alimenter la construction d'indicateurs capables de saisir les liens santé-travail en évolution. La seconde contribution de l'ergonomie relève de sa démarche de recherche-intervention et des méthodologies de conduite de projet que la discipline a su élaborer (Guérin et coll., 2021) facilitant la construction sociale, participative et indispensable à la mise en œuvre d'une réelle pluridisciplinarité (Falzon, 2004).

L'apport de l'épidémiologie se situe sur deux versants également : a) la connaissance fine de la conception et de l'usage des dispositifs de quantification des conditions de travail et de la santé, selon des approches transversales et longitudinales ; b) l'usage de méthodologies d'enquête et d'analyse statistique robustes, fiables, et mobilisables dans un tel projet. La contribution attendue s'inscrira dans la mise au travail des outils et méthodes d'enquête quantitatives usuels pour une mise en visibilité des atteintes à la santé sur le temps long (Thébaud-Mony, 2008 ; Counil et al. 2021) et pour une mise en débat des conditions de leur prévention avec les principaux intéressés.

L'approche pluridisciplinaire défendue ouvre ainsi un dialogue entre ces différents apports disciplinaires, nécessaires à la conception et à l'usage d'un observatoire de la santé au travail, reposant sur la définition d'indicateurs chiffrés et sur des monographies décrivant finement les différentes dimensions de l'activité des SP en situation réelle de travail qui concourent à la construction de la santé au fil des parcours. Cette approche qui croise analyses synchronique et diachronique (dans leurs dimensions quantitative et qualitative) favorise la mise en visibilité de risques peu apparents, forge des dispositifs de suivi sur les liaisons à long terme, et développe des approches compréhensives qui orientent la prévention durable (Delgoulet, Buchmann & Gaudart, 2022).

5. MÉTHODOLOGIE ENVISAGÉE

A ce stade du projet, les grandes lignes méthodologiques croisent des méthodes quantitatives et qualitatives, synchronique et diachroniques de construction, recueil et analyse des données. Cette partie expose comment nous comptons poursuivre les objectifs énumérés dans la partie trois. Dans un premier temps, nous chercherons à cartographier les acteurs producteurs de données, les dispositifs et les données produites. Aussi, nous tenterons d'articuler des approches qualitatives et quantitatives pour identifier les atteintes à la santé spécifique (Counil, 2019). En parallèle, des structures participatives seront créées pour pérenniser le projet au-delà de la thèse.

5.1. Cartographier les acteurs producteurs de données, les dispositifs et les données produites

Nous construisons une cartographie en analysant la littérature scientifique et grise produite par les sapeurs-pompiers, ainsi qu'en menant des entretiens exploratoires avec divers acteurs de la santé dans les services des sapeurs-pompiers (Membres de la Direction de la sécurité civile, du réseau de santé sécurité des SDIS du Grand Centre, médecins chefs, etc.). Notre objectif est d'identifier et d'analyser les données existantes sur la santé et les conditions de travail des sapeurs-pompiers, ainsi que les risques émergents. Nous cherchons également à repérer les systèmes de gestion de données de santé utilisés dans les services départementaux d'incendie et de secours (SDIS) et leurs utilisations. Jusqu'à présent, nous avons réalisé dix entretiens exploratoires avec des acteurs des SDIS, de la Direction de la sécurité civile qui publie chaque année des statistiques sur « l'activité des sapeurs-pompiers » (e.g. rapport 2022) et de l'école nationale des officiers de sapeurs-pompiers (ENSOSP). Nous prévoyons également d'interroger la Fédération nationale des sapeurs-pompiers, la Caisse nationale des retraites des agents des collectivités locales (CNRACL) et les syndicats afin d'établir un inventaire des données disponibles et d'identifier les personnes qui les produisent. Parallèlement, nous prévoyons de diffuser un questionnaire auprès des médecins chefs de chaque SDIS pour mieux comprendre la collecte et la production des données de santé, y compris les contraintes, les ressources, les spécificités du terrain, les pratiques et les logiciels utilisés.

5.2. Articuler des approches qualitatives et quantitatives

Cette étape sera le cœur de l'articulation des disciplines. L'approche qualitative, à l'échelle d'un ou plusieurs SDIS visera à repérer les indicateurs harmonisés ou spécifiques, et agréger si possible les données pour identifier des profils (expositions, atteintes à la santé). Pour cela, nous conduirons :

- Des analyses ergonomiques de l'activité des SP (Guérin et coll., 2021) à partir d'observations directes ou instrumentées du travail réel et d'entretiens simples et d'auto-confrontation (Mollo et Falzon, 2004), pour : comprendre les situations réelles de travail dans leur diversité ; identifier les sources de variabilités et aléas rencontrés ; mettre à jour les stratégies opératoires individuelles, collectives ou organisationnelles ainsi que leurs effets perçus sur la santé.
- Des analyses rétrospectives (Buchmann et coll., 2018) seront aussi menées pour saisir des liens, des évolutions et ruptures, des synchroniques et dyschronies dans l'activité des SP, favorables (ou non) à la préservation de la santé.

L'approche quantitative consistera à explorer le potentiel des données auxquelles nous pourrions avoir accès comme : les consommations de soins, des systèmes de surveillance en santé publique, et d'enregistrements des causes de décès auxquelles pour identifier des atteintes à la santé spécifiques (Counil, 2019).

5.3. Mise en place et animation de structures participatives

Une méthodologie de conduite de projet propre à l'ergonomie sera aussi mise en place afin de faciliter la construction sociale, participative du projet et sa pérennisation au-delà de la durée de la thèse. Pour cela, trois structures seront créées :

- un comité de suivi opérationnel permettra d'accompagner le déroulement général du projet en facilitant la résolution d'éventuels problèmes qui pourraient surgir en cours de route. Ce comité sera principalement constitué de chercheurs reconnus en santé au travail et de professionnels expérimentés qui apporteront leur expertise et leur expérience pour accompagner les travaux de recherche et les investigations de terrain à l'échelle d'un SDIS, par exemple. Il sera également responsable de la coordination des différents acteurs impliqués dans le projet et de la gestion des interactions entre eux.
- un ou plusieurs groupe(s) de travail qui seront composés d'institutionnels, d'acteurs de terrain tels que des pompiers, des cadres intermédiaires et des acteurs de la santé sécurité au travail, des services d'information des ressources humaines (SIRH) au niveau national et régional, ainsi que des encadrants intermédiaires au sein des Services Départementaux d'Incendie et de Secours (SDIS). Ce ou ces groupes de travail auront pour mission de collaborer avec les chercheurs pour contribuer à la co-construction d'un observatoire des conditions de travail et de la santé avec les sapeurs-pompiers et d'assurer la qualité de l'analyse des données recueillies lors des enquêtes de terrain.

6. CONCLUSION

Les études qui se sont heurtées à la question de la santé des SP en service mais aussi après, relèvent les limites et la complexité du sujet à traiter (Brantom & coll., 2018). Cette thèse vise ainsi, en tentant d'articuler les méthodes propres à l'ergonomie et l'épidémiologie, à pallier les limites propres aux deux disciplines et donner un nouveau regard sur les liens entre les conditions de travail des sapeurs-pompiers et leur santé, pour une prévention durable des risques professionnels.

7. BIBLIOGRAPHIE

ANSES, (2019). *Risques sanitaires liés aux expositions professionnelles des sapeurs-pompiers* [Internet]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2018SA0066Ra.pdf>

- Bonneterre, V., Esquirol, Y., Nisse, C., Paris, C., Garnier, R., Le Barbier, M., Marny, C., Pontin, F., Faye, S., Lasfargue, G. (2014). Détection, expertise et prise en compte des suspicions de nouvelles pathologies professionnelles (« pathologies émergentes »). *Références en santé au travail*, n° 139, 57-66.
- Brantom, P.G., Brown, I., Baril, M., & Mc Namee, R. (2018). *Revue de la littérature épidémiologique sur le risque de cancer chez les pompiers*. Rapport scientifique R-1011. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Montréal. Canada
- Buchmann, W., Mardon, C., Volkoff, S., & Archambault, C. (2018), « Peut-on élaborer une approche ergonomique du « temps long » ? », *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé* [En ligne], 20-1 | 2018, mis en ligne le 01 janvier 2018, consulté le 20 mai 2022. URL : <http://journals.openedition.org/pistes/5565> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/pistes.5565>
- Canguilhem, G. (1999). *Le Normal et le Pathologique*. Paris : Puf (édition originale, 1966)
- CNRACL, (2017). Impacts et prévention des risques relatifs aux fumées d'incendie pour les sapeurs- pompiers. *Rapport de la Caisse nationale de retraites des agents des collectivités locales*.
- Counil, E. (2019). Données longitudinales et analyses diachroniques en épidémiologie-santé-travail : une relation équivoque. *Sciences sociales et santé*, 37, 99-107. <https://doi.org/10.1684/sss.2019.0158>
- Counil, E., Bertin, M., & Thébaud-Mony, A. (2021). De la reconstitution des parcours de travail à la reconnaissance en maladie professionnelle : enseignements du dispositif d'enquête du Giscop931 sur la question des multi-expositions cancérigènes. *Construire en permanence la prévention des cancers professionnels*, Les Ulis: EDP Sciences, 2021, pp. 222-250. <https://doi.org/10.1051/978-2-7598-1806-8.c020>
- Delgoulet, C., Buchmann, W., & Gaudart, C. (2022). Les parcours, une opportunité pour penser et agir sur le travail-Réflexions sur les échelles et les temps de l'intervention.
- Delgoulet, C., & Volkoff, S. (2014). Vieillesse, pénibilité et travail. In, *Encyclopédie Médico- Chirurgicale*, (Ed). *Pathologie professionnelle et de l'environnement* (pp.1-8), Paris : Elsevier-Masson. [16-780-A-80]. Doi : 10.1016/S1877-7856(13)63466-2, <http://www.em-consulte.com/article/872375/vieillesse-penibilite-et-travail>
- DGSCGC (2022). *Les statistiques des services d'incendie et de secours*. Consulté en Mai 2023 : <https://www.interieur.gouv.fr/Publications/Statistiques/Securite-civile/2021>
- Doppler, F. (2004). Travail et santé. *Ergonomie*, 69-82.
- Galey, L., Judon, N., Jolly, C., Goutille, F., Morelot, S., Albert, M., ... & Garrigou, A. (2019). Proposition méthodologique en ergotoxicologie pour révéler les expositions à des produits chimiques. *Activités*, (16-1).
- Guérin, F., Pueyo, V., Béguin, P., Garrigou, A., Hubault, F., Maline, J., & Morlet, T. (2021). *Concevoir le travail, le défi de l'ergonomie*. Toulouse : Octarès.
- Labadie M, Capaldo L, Courtois A, & Mégarbane B. (2016). Mécanismes de toxicité des fumées d'incendie (monoxyde de carbone et cyanures exclus). *Médecine Intensive Réanimation*. 25(5), 506-13.
- Leonard, M., Memmi, S., Rosankis, É., Coutrot, T., Morand, S., Tassy, V., & Sandret, N. (2018). Évaluer l'exposition professionnelle sans la mesure? Apports de l'enquête SUMER. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 79(3), 384.
- Loriol, M., Boussard, V., & Caroly, S. (2006). La résistance à la psychologisation des difficultés au travail: le cas des policiers de voie publique. *Actes de la recherche en sciences sociales*, 165(4), 106-113.
- Molinié, A.F., & Pueyo, V. (2012). Les dynamiques temporelles des relations santé travail, et le fil de l'âge. In A.F. Molinié, C. Gaudart, V. Pueyo (dir.). *La vie professionnelle, âge, expérience et santé à l'épreuve des conditions de travail* (p. 237-255), Toulouse, Octarès.
- Mollo, V., & Falzon, P. (2004). Auto- and allo-confrontation as tools for reflective activities. *Applied Ergonomics*, 35(6), 531-540. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2004.06.003>
- Petersen, KU, Hansen, J, Ebbeloej, NE, Bonde, JP. (2019). Infertility in a Cohort of Male Danish Firefighters: A Register-Based Study. *Am J Epidemiol*. 188(2), 339-46.
- Rogalski, J. (2004). La gestion des crises. *Ergonomie*, 531-544.
- Rollin L, Andujar P, Bloch J, Chatelot J, Coutrot T, Dewitte JD, Homere J, Leonard M, Leroyer A, Memmi S, Nisse C, Rosankis E, Toné F, Vongmany N. (2021). Quelle complémentarité pour les dispositifs en santé travail (Evrest, MCP, Sumer, RNV3P) : un exemple à partir des métiers de l'aide à domicile ? *Arch mal prof*. 2021, 82(3), 261-76.
- Smith, D.L., Barr, D.A., & Kales, S.N. (2013). Extreme sacrifice: sudden cardiac death in the US Fire Service. *Extreme Physiol Med*. 2(6).
- Soulat, L. (2017). Espérance de vie des fonctionnaires territoriaux et hospitaliers. *Retraite & Solidarité*, n°19.
- Thébaud-Mony, A. (2008). Construire la visibilité des cancers professionnels. *Revue française des affaires sociales*, 2, 237-254. <https://doi.org/10.3917/rfas.082.0237>

- Vidal-Gomel, C., Delgoulet, C., & Geoffroy, C. (2014). Compétences collectives et formation à la conduite d'engins de secours dans un contexte de spécialisation des sapeurs-pompiers en France. *Perspectives Interdisciplinaires sur le Travail et la Santé*, (16-4).
- Volkoff, S. (2005). L'ergonomie et les chiffres de la santé au travail: ressources, tensions et pièges. *Toulouse, Octarès*.

Liens entre collectif et marge(s) de manœuvre des aides-soignants en EHPAD, un enjeu de prévention des TMS

Poncet Sandra

Université Grenoble Alpes

Laboratoire Pacte

INP UGA – 46 avenue Félix Viallet, 38000 Grenoble

sandra.poncet@univ-grenoble-alpes.fr

Sandrine Caroly

sandrine.caroly@univ-grenoble-alpes.fr

Yves Roquelaure

yves.roquelaure@univ-angers.fr

RÉSUMÉ

Cette recherche vise à interroger les liens entre collectif de travail et marge(s) de manœuvre lors de l'activité de soin des aides-soignants en EHPAD dans un objectif de prévention des TMS. Nous commençons par présenter les deux types de marge(s) de manœuvre abordés dans la littérature et discutons de l'intérêt de les distinguer pour prévenir les TMS. A travers l'analyse ergonomique de l'activité de soin d'aides-soignants dans deux établissements, nous montrons que la disponibilité et l'utilisation des marges de manœuvre offertes par le collectif favorisent la construction de la marge de manœuvre situationnelle et limite ainsi l'exposition aux risques de TMS.

MOTS-CLÉS

Marge de manœuvre, TMS, aide-soignant, collectif, EHPAD.

1 INTRODUCTION

Malgré les efforts en prévention des risques depuis un certain nombre d'années, les troubles musculosquelettiques (TMS) restent la première maladie professionnelle reconnue en France, en Europe et au niveau international. Le secteur des Établissements d'Hébergement pour Personnes Âgées Dépendantes (EHPAD) est particulièrement touché. En 2019 en France, 94 % des maladies professionnelles reconnues en EHPAD sont liées à des TMS².

Les aides-soignants³ sont en première ligne dans l'accompagnement des résidents. Des prises en charge de plus en plus lourdes, la standardisation des organisations induites par les politiques publiques, des modes de gestion purement économiques (scandale Orpéa) ainsi que les tensions sur l'emploi impactent leurs conditions de travail et diminuent leur marge de manœuvre, avec des conséquences sur leur santé et la qualité du soin (Dessuet, Nirello & Puissant, 2017 ; Marquier et al., 2016). La crise COVID a accentué ces vulnérabilités. Ce contexte rend les métiers du soin de moins en moins attractifs alors que les besoins sont grandissants en raison du contexte sociétal de vieillissement de la population (Bonnet, Cambois et Fontaine, 2021). Redonner des marges de manœuvre aux

² <https://www.ameli.fr/entreprise/sante-travail/risques/troubles-musculosquelettiques-tms/secteurs-activite>

³ aides-soignants et personnel « faisant fonction » comme les auxiliaires de vie ou les aides médico-psychologique



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

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

soignants est un enjeu pour soutenir leur activité de soin et prévenir les TMS afin de faire face aux changements sociétaux en cours.

2 DEUX TYPES DE MARGES DE MANOEUVRE À INVESTIGUER POUR PRÉVENIR LES TMS

Les TMS sont la conséquence d'une organisation du travail qui ne permet pas au salarié de réguler face à la variabilité des situations et l'oblige à faire des compromis pour atteindre la performance requise au détriment de sa santé (Saint Vincent et al., 2011 ; Vezina, 2001). Les modèles étiologiques et d'intervention en prévention des TMS montrent la nécessité d'une approche participative et organisationnelle (Caroly et al., 2008 ; EU-OSHA, 2022 ; Roquelaure, 2018), pour favoriser le développement de l'activité et la construction de la santé (Coutarel & Petit, 2013). En effet, la participation favorise des espaces de débats. La réorganisation du travail qui en découle permet de concevoir de nouvelles marges de manœuvre, pouvant soutenir les régulations des salariés.

Dans cette perspective, des chercheurs s'appuient sur le concept de marge(s) de manœuvre depuis un certain nombre d'années pour comprendre la survenue des TMS et intervenir en prévention (Coutarel, Caroly, Vézina & Daniellou, 2015 ; Cuny-Guerrier, Caroly, Coutarel & Aublet-Cuvelier, 2018 ; Norval, Zare, Brunet, Coutarel & Roquelaure, 2019). Récemment, certains auteurs distinguent la marge de manœuvre situationnelle qui « relève de l'activité » et les marges de manœuvre qui sont des « conditions antécédentes à l'activité » (Coutarel et al., 2022 p 18). La marge de manœuvre situationnelle (MMS) désigne la possibilité que l'opérateur a de mettre en œuvre un mode opératoire efficient en situation et ainsi être en mesure de maintenir l'équilibre entre sa santé et sa performance (Coutarel et al., 2015 ; Caroly et al., 2008). Plus elle est importante, plus l'opérateur est en capacité de développer des stratégies assurant à la fois la construction de sa santé et l'atteinte des objectifs de production de soins. Si elle est faible, le salarié va devoir faire des compromis qui peuvent être coûteux pour sa santé (Coutarel et al., 2015). L'opérateur l'élabore en mobilisant ses ressources individuelles et les possibilités offertes par son environnement de travail (Coutarel et al., 2015 ; Cuny-Guerrier et al., 2018). Les marges de manœuvre (MM) au pluriel sont les possibilités mises à disposition du travailleur pour réaliser son activité (Coutarel, 2004 ; Roquelaure, 2018). Elles sont offertes par le milieu ou externes (Coutarel, 2004 ; Coutarel et Petit, 2013) et proviennent de différentes sources. Elles sont données par l'organisation (Morvan, Delecroix, & Quillerou, 2015) en lien avec les ressources temporelles disponibles (De la Garza, Maggi & Weill-Fassina, 2011), l'autonomie octroyée (De Terssac, 2012, Weill-Fassina, 2012) et les moyens matériels mis à disposition. Elles sont données par le collectif de travail qui offre des possibilités de réélaboration des règles de métiers, de coordination et de coopération (Caroly, 2010). Plus elles sont importantes, plus les possibilités de régulation sont grandes. Mais leur existence ne suffit pas à assurer des régulations efficientes, il faut que les salariés les connaissent et soient en capacité de les investir (Coutarel & Petit, 2013 ; Roquelaure, 2018 ; Weill-Fassina, 2012).

La distinction entre les marges de manœuvre au pluriel et la marge de manœuvre au singulier n'est pas claire dans la littérature (Coutarel et al., 2022) et comprendre les liens entre les registres de MM (Clot et Simonet, 2015) et l'élaboration de la MMS permettrait d'identifier les conditions qui favorisent les régulations et ainsi les leviers de transformation pour la prévention des TMS. Nous proposons dans ce texte de nous intéresser particulièrement aux marges de manœuvre offertes par le collectif de travail et leur lien avec le développement de la MMS. En effet, dans le milieu de soin, les possibilités offertes par le collectif de travail sont des ressources pour réguler face aux fortes contraintes (variabilités occasionnées par les patients pris en charge, contraintes de temps, manque de personnel). Le collectif de travail favorise ainsi un travail collectif efficient en termes de production de soins et de santé (Caroly, 2022). Les possibilités d'échanges sur le travail, notamment lors des transmissions, développent le soutien social et les stratégies pour faire face aux difficultés (Grosjean & Lacoste, 2015 ; Estry-Behar, 2008). Elles permettent de discuter les règles du travail collectif (Villatte, Gadbois, Bourne & Visier, 1993). Ces échanges contribuent alors au développement du collectif de travail qui lui-même favorise le travail collectif (Caroly, 2022). L'activité collective, qui résulte du couplage entre le collectif de travail et le travail collectif, offre des possibilités de réélaborer les règles de travail et peut contribuer à développer les MM offertes et la MMS (Caroly, 2022), facteur de santé et de

performance.

Cette recherche vise alors à s'intéresser à l'activité de soin des aides-soignants dans les EHPAD pour (i) identifier quelles sont les MM offertes par le collectif et les possibilités de régulation qu'elles offrent, (ii) comprendre les liens entre collectif de travail, MM collectives et MMS. Nous faisons l'hypothèse que le collectif de travail, par les MM qu'il offre, contribue à développer la MMS et ainsi réduire l'exposition aux facteurs de risques de TMS.

3 MÉTHODOLOGIE

Les deux établissements EHPAD dans lesquels se déroule l'intervention ont été sélectionnés pour leur contexte favorable à la construction de marge(s) de manœuvre : structure associative, sinistralité limitée, accès facile aux acteurs, climat participatif existant, direction engagée dans une démarche de prévention TMS Pro avec la CARSAT.

La méthodologie se base sur le principe de l'étude de cas multiples (Gagnon, 2012) pour analyser :

- les MM ou les possibilités offertes par le collectif de travail pour réguler en situation ;
- les régulations où s'élabore la MMS en fonction des MM offertes par le collectif ;
- les effets de l'activité sur la santé, la qualité du soin et le milieu de travail.

Notre unité d'analyse porte sur l'activité de soin de l'aide-soignant lors des toilettes avec des résidents « difficiles » réalisée seul ou en binôme, les situations de travail collectif pour la transmission d'informations et la répartition des tâches. Les résidents « difficiles » sont des résidents qui présentent une ou plusieurs caractéristiques suivantes : peu d'autonomie fonctionnelle (capacité physique à se mouvoir), surcharge pondérale, peu de coopération (résistance au soin, agression, peur, crispation).

Le recueil des données a été réalisé en plusieurs étapes comme présenté dans le tableau 1 :

Tableau 1 : étapes et objectifs du recueil de données

Etablissement A	Etablissement B	Objectifs
7 entretiens semi-dirigés avec l'équipe de direction et des représentants des salariés	6 entretiens semi-dirigés avec l'équipe de direction et des représentants des salariés	Analyse du contexte de l'établissement en termes de prévention des TMS et de MM
Observations de 8 vacations soit 54 h au total	Observations de 5 demi-journées et une nuit soit 39h au total	Analyse des liens entre MM, régulations et MMS
7 auto-confrontations	6 auto-confrontations	
2 allo-confrontations croisées	1 allo-confrontation croisée et 1 auto-confrontation croisée	Analyse de la construction de MM et de la MMS
2 restitutions	2 restitutions	Validation des résultats et poursuite de l'intervention

4 L'UTILISATION DES MARGES DE MANŒUVRE OFFERTES PAR LE COLLECTIF FAVORISE LA POSSIBILITE DE DÉVELOPPER LA MARGE DE MANŒUVRE SITUATIONNELLE

4.1. Liens entre marges de manœuvre offertes par le collectif de pairs et régulations

Les aides-soignants utilisent les MM offertes par le collectif de pairs pour mettre en œuvre des régulations individuelles et collectives dans le but de se répartir la charge de travail, limiter la pénibilité et favoriser le bien-être du résident.

Nous avons identifié quatre catégories de MM offertes par le collectif en lien avec les régulations :

- Possibilité de demander de l'aide à un collègue. Par exemple, dans l'établissement B, une aide-soignante demande à sa binôme de réaliser la douche d'une résidente à sa place car elle n'a pas suffisamment de ressources individuelles ce jour-là pour supporter les fortes exigences de la résidente. La collègue accepte car elle ne rencontre pas autant de difficultés que sa collègue.

- Possibilité de recevoir de l'aide d'un collègue. Par exemple, dans l'établissement A, un aide-soignant qui a fini son tour de toilette aide son collègue qui n'a pas terminé.

- Possibilité de travailler en binôme. Par exemple, dans l'établissement B, les toilettes et changes des résidents avec peu d'autonomie sont pris en charge en binôme. Le binôme se répartit les opérations en fonction des zones d'atteintes et de la mobilité du résident.

- Possibilité de transmettre ou recevoir des informations utiles à la prise en charge des résidents. Par exemple, dans l'établissement A, une aide-soignante expérimentée présente une technique spécifique pour réaliser la toilette d'une résidente à sa collègue novice. Cette dernière, face aux difficultés rencontrées avec la résidente, décide de mettre en œuvre la stratégie et limite ainsi la pénibilité lors de cette toilette.

4.2. Liens entre vitalité du collectif et MM collectives

Pour que les MM collectives existent et soient utilisées, il faut une certaine vitalité du collectif c'est-à-dire que les membres partagent des règles de métiers sur la qualité des toilettes et possèdent une expérience du travail collectif.

Dans l'établissement B, les équipes sont stables avec du personnel expérimenté. Ce collectif favorise les possibilités de coordination et de coopération pour aller plus vite, répartir les efforts, varier les tâches. Une aide-soignante témoigne : « C'est automatique, quand on travaille avec une de nos collègues, on est rodées, une qui prépare les affaires, une qui va prendre la bassine avec l'eau, enfin, tout est rôdé, c'est vrai que ça roule et ça va vite en fait ».

Dans l'établissement A, la vitalité du collectif dépend des unités et des membres qui le composent. Par exemple, le turn-over ou l'absentéisme dans certaines unités amène les permanents à faire équipe avec un aide-soignant remplaçant qui ne connaît pas les résidents et limite ainsi les possibilités de réguler collectivement la charge de travail. De plus, les contraintes de temps, notamment le matin, contraignent davantage la possibilité d'utiliser les MM collectives. Par exemple, une aide-soignante ne sollicite pas sa collègue pour une toilette difficile car elle sait qu'elle est occupée.

Dans les 2 établissements, la qualité des relations entre aides-soignants favorise ou limite les MM collectives offertes. « Si c'est avec une autre personne, moi personnellement, je demande moins donc je me force peut-être plus à faire des choses [...], avec [nom de la collègue], ça roule tout seul » (aide-soignante, établissement B).

4.3. L'usage des marges de manœuvre collectives créé de la marge de manœuvre situationnelle

Les aides-soignants élaborent leur MMS face à des situations de toilette avec des résidents difficiles grâce aux MM offertes par le collectif et à leurs ressources individuelles.

Dans l'établissement A, une résidente refuse le soin et est très agitée. L'aide-soignante décide de reporter le soin. En sortant de la chambre, elle voit le kinésithérapeute dans le couloir qui est toujours disposé pour rendre service. Elle lui demande de venir avec elle dans la chambre, de tenir la main de la résidente et de lui parler. Elle utilise les MM collectives. Elle sait par expérience que c'est une manière d'apaiser ce type de résident. La résidente se calme et elle parvient à réaliser le change. La disponibilité et disposition du kinésithérapeute à aider les aides-soignants élargit le champ d'action possible pour l'aide-soignante dans cette situation. Elle élabore une MMS en mobilisant l'aide extérieure du kinésithérapeute et sa propre expérience de ce type de résident. Le lendemain, elle s'organise en amont de la toilette avec une de ses collègues pour prendre en charge la résidente difficile en binôme. Sa stratégie est partagée au collectif de travail.

Dans l'établissement B, lorsque certains résidents avec des troubles mentaux sont en crise lors de leur prise en charge, les aides-soignantes n'hésitent pas à solliciter une collègue de l'équipe plus à l'aise avec ce type de pathologie. Elles évitent ainsi d'empirer la situation et préservent leurs ressources physiques et mentales. Cette règle partagée par le collectif de travail offre une possibilité pour faire face à ces situations. En s'appuyant sur leur expérience avec ce type de résident (elles savent que ça va mal se terminer), les aides-soignantes élaborent une MMS en mobilisant l'aide de leur collègue. En préservant leurs ressources physiques et mentales, elles assurent de plus un certain niveau de MMS pour la suite de leur vacation.

4.4. Les échanges avec le collectif de pairs favorisent la construction de la marge de manœuvre situationnelle

La transmission de savoirs entre membres du collectif de travail se fait lors de moments d'échanges formels comme informels. Dans l'établissement A, les plannings des aides-soignants ont été conçus par l'encadrement pour qu'ils commencent tous à la même heure avec des temps de relève entre chaque équipe. Les relèves se déroulent entre aides-soignants et sont un lieu d'échanges de pratiques et d'informations sur les résidents. Dans l'établissement B, il n'y a pas de temps de relève prévu par l'organisation et les prises de poste sont à un horaire décalé. Les aides-soignants de jour viennent alors plus tôt que leur prise de poste officielle pour voir l'équipe de nuit et avoir le temps de discuter entre collègues. Ils créent des moments collectifs d'échanges tout au long de la journée (pauses informelles, rencontres dans le couloir ou en salle à manger avant le début du repas).

Ces temps d'échanges favorisent le développement des compétences qui élargit les possibilités de régulations pendant le soin et garantit ainsi une MMS suffisante. Par exemple, une aide-soignante ne parvient pas à mobiliser un résident lors de la toilette. Il devient constamment agressif. Elle en parle en relève. Ses collègues lui expliquent qu'il faut faire plusieurs passages dans la chambre, puis essayer de faire autre chose dans sa chambre en attendant qu'il vienne demander de l'aide (faire le lit, préparer les vêtements...). L'aide-soignante utilise cette technique par la suite qui fonctionne. Cette transmission a élargi son champ d'action. Elle a ainsi développé sa MMS avec ce résident.

5 CONCLUSION

Les MM offertes par le collectif de travail sont une ressource pour l'activité de soin du soignant avec un résident difficile. Les possibilités de régulation, quand elles existent, favorisent une MMS suffisante pour limiter l'exposition aux risques de TMS. Cette construction de ressources est réalisée durant la situation de soin et aussi en dehors de la situation, notamment lors des moments d'échanges entre aides-soignants. Ces processus sont favorisés par une organisation du travail qui les soutient.

Analyser l'activité de soin des aides-soignants sous le prisme des marges de manœuvre offertes par le collectif semble être une piste de recherche intéressante pour identifier celles à construire dans l'activité collective afin d'accompagner le développement de la MMS. Elles pourraient être des leviers de transformation pour concevoir une organisation qui favorise les capacités des aides-soignants à agir sur leur situation de travail pour une prévention durable des TMS.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Bonnet, C., Cambois, E., & Fontaine, R. (2021). Dynamiques, enjeux démographiques et socioéconomiques du vieillissement dans les pays à longévité élevée : *Population*, Vol. 76(2), 225-325. <https://doi.org/10.3917/popu.2102.0225>
- Caroly, S. (2010). *Activité collective et réélaboration des règles : Des enjeux pour la santé au travail* [Habilitation à diriger des recherches]. Université de Bordeaux 2.
- Caroly, S. (2022). *Le corps et la gestion des risques dans l'activité collective*. Octares Editions.
- Clot, Y. & Simonet, P. (2015). Pouvoirs d'agir et marges de manœuvre. *Le travail humain*, 78, 31-52.
- Coutarel, F. (2004). *La prévention des troubles musculo-squelettiques en conception : Quelles marges de manœuvre pour le déploiement de l'activité ?* [Doctoral dissertation]. Université Victor Segalen - Bordeaux II.
- Coutarel, F., & Petit, J. (2013). Prévention des TMS et développement du pouvoir d'agir. In P. Falzon, *Ergonomie constructive* (p. 175-190). Presses Universitaires de France.
- Coutarel, F., Caroly, S., Vézina, N., & Daniellou, F. (2015). Marge de manœuvre situationnelle et pouvoir d'agir : Des concepts à l'intervention ergonomique. *Le travail humain*, 78(1), 9-29.
- Coutarel, F., Aublet-Cuvelier, A., Caroly, S., Vézina, N., Roquelaure, Y., Cuny-Guerrier, A., Norval, M., & Compan, N. (2022). Marge de manœuvre et prévention des troubles musculo-squelettiques : Quelles perspectives ? : *Le travail humain*, Vol. 85(1), 3-31.
- Cuny-Guerrier, A., Caroly, S., Coutarel, F., & Aublet-Cuvelier, A. (2018). Les composantes de la marge de manœuvre situationnelle d'encadrants de proximité en situation de sous-traitance : Un enjeu pour la prévention des troubles musculo-squelettiques (TMS) : *Le travail humain*, Vol. 81(2), 85-114.

- Caroly, S., Coutarel, F., Escriva, E., Roquelaure, Y., Schweitzer, J. M. & Daniellou, F. (2008). *La prévention durable des TMS : Quels freins ? Quels leviers d'action ?* [Rapport de recherche]. Direction Générale du Travail.
- De La Garza, Maggi, B., & Weil Fassina, A. (2011). Temps, autonomie et discrétion : Analyse d'activités dans la maintenance ferroviaire. *TAO Digital Library*.
- De Terssac, G. (2012). Autonomie et travail. In *Dictionnaire du travail* (PUF, p. 44-53).
- European Agency for Safety and Health at Work. (2022). *Worker participation in the prevention of musculoskeletal risks at work : Report*. Publications Office.
- Dussuet, A., Nirello, L., & Puissant, E. (2017). De la restriction des budgets des politiques sociales à la dégradation des conditions de travail dans le secteur médico-social. In : *La Revue de l'IRES*, (1), 185-211.
- Estryn Behar, M. (2008). *Santé et satisfaction des soignants au travail en France et en Europe*. Presses de l'École des hautes études en santé publique.
- Gagnon, Y.-C. (2012). *L'étude de cas comme méthode de recherche* (2de ed.). Presses de l'Université du Québec.
- Grosjean, M., & Lacoste, M. (2015). *Communication et intelligence collective : Le travail à l'hôpital*. Presses universitaires de France.
- Marquier, R., Vroylandt, T., Chenal, M., Jolidon, P., Laurent, T., Peyrot, C. & Toldre, C. (2016). Des conditions de travail en EHPAD vécues comme difficiles par des personnels très engagés. Dans *Les Dossiers de la DREES*.
- Morvan, E., Delecroix, B., & Quillerou, E. (2015). Dynamiques des marges de manœuvre et santé au travail : Le cas d'un projet d'organisation en « opérateurs tournants ». *Le travail humain*, 78(1), 53-65.
- Norval, M., Zare, M., Brunet, R., Coutarel, F., & Roquelaure, Y. (2019). Intérêt de la Marge de Manœuvre Situationnelle pour le ciblage des situations à risque de Troubles Musculo-Squelettiques : Étude de cas dans une industrie de la métallurgie. *Activités*, 16-2, Art. 16-2.
- Roquelaure, Y. (2018). *Troubles musculo-squelettiques et facteurs psychosociaux au travail*— (N° 142). European Trade Union Institute.
- Villatte, R., Gadbois, C., Bourne, J.-P., & Visier, L. (1993). *Pratiques de l'ergonomie à l'hôpital*. InterEdition.
- Weill-Fassina, A. (2012). Le développement des compétences professionnelles au fil du temps, à l'épreuve des situations de travail. *La vie professionnelle : âge, expérience et santé à l'épreuve des conditions de travail*, 117-144.

Prendre en compte l'expérience vécue des soignants pour une analyse de l'activité au service du développement professionnel et d'une santé co-construite au travail.

Richard RENAUDIN

5 rue d'Irlande

44 000 Nantes

Richard.renaudin@chu-nantes.fr

RÉSUMÉ :

Les soins auprès des personnes âgées présentant des troubles neurocognitifs donnent lieu à des situations complexes et dynamiques. Les soignants s'exposent régulièrement à des risques d'agressivité dont les raisons ne sont pas toujours accessibles. Il s'agit d'analyser l'activité en lien avec la mobilisation du raisonnement clinique afin d'en déduire ce qui détermine la compréhension des situations et l'élaboration des savoirs expérientiels. Tout comme il est question de considérer l'ensemble des acteurs en termes d'interactions et d'effets produits tant sur l'activité et l'organisation du travail que sur le collectif et les individus eux-mêmes. L'approche proposée intègre une vision systémique et diachronique en considérant l'individu pour venir analyser son activité au sein de son environnement de travail à savoir un collectif et son organisation. La confrontation d'un individu à son activité réelle et à celle d'autrui invite à la réflexivité pour expliciter ce qu'il réalise et élargir le champ des possibilités d'actions. Ainsi la co-construction d'espaces dialogiques vise à favoriser l'échange à propos de l'activité, à développer l'agentivité des professionnels et à concourir à la conformation d'environnements capacitant. Pour ce faire, la méthodologie retenue repose sur des observations de l'activité réelle, sur la conduite d'entretiens re situant englobant l'explicitation et l'auto-confrontation. Par la suite, l'analyse des conditions favorables permettra d'organiser les espaces dialogiques et d'en apprécier les effets sur l'activité, les différents acteurs, le collectif et l'organisation du travail.

MOTS-CLÉS :

Espaces dialogiques, analyse de l'activité, expérience vécue, développement professionnel, santé au travail.

1 INTRODUCTION

Les soignants sont régulièrement exposés à des manifestations d'agressivité de la personne âgée présentant des troubles neurocognitifs (TNC) en service de soins. Dans ces conditions, comment considérer le travail et les effets qu'il produit sur ces professionnels ? Ce projet de thèse en ergonomie porte sur le développement professionnel et la santé au travail en lien avec les activités de soins exposant les soignants à un risque d'agressivité. Nous cherchons à comprendre la manière dont les soignants se saisissent du raisonnement clinique (RCI), comprennent les situations et élaborent l'activité. Cette dernière « exprime en même temps la tâche prescrite et l'agent qui l'exécute » au vu de « ses compétences, ses motivations, son système de valeurs » (Leplat, 1997, p. 33).

Ainsi, le travail s'envisage comme le lieu d'expression du sens apporté au mouvement (Berthoz, 1997). Autrement dit, les actions entreprises intègrent nécessairement une part cognitive mais également physique et affective pour rendre compte de la subjectivité de l'individu dans son rapport au travail. L'attention porte sur la compréhension de l'agressivité par les soignants, sur ce qu'elle génère chez eux et sur ce qu'ils entreprennent pour y répondre ou l'anticiper (Leplat, 2006). L'analyse de l'expérience vécue de ces soignants porte alors sur les flux d'actions et de pensées ainsi que les émotions et les ressentis pour un éclairage de l'activité et de ses déterminants (Cahour, Salembier & Zouinar, 2016). A noter que l'activité ne se résume pas à la seule réflexion d'un individu et de sa



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

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

volonté (Hutchins, 1995). L'activité de l'opérateur est en relation avec le « contexte vivant » dans laquelle elle s'élabore et se réalise (Ughetto, 2018, p. 21). En effet, le collectif et l'organisation du travail traduisent des conditions impactant sur l'élaboration et la réalisation de l'activité d'un individu (Caroly & Clot, 2004). Tout comme l'activité des individus, participe aux transformations de l'organisation dès lors que le collectif de travail constitué reconnaît l'expérience et participe au renouvellement des règles. L'expérience de ces soignants renvoie ici à la construction de leur expertise où la complexité est autant dans le faire que dans le fait de pouvoir l'expliquer. Nous émettons l'hypothèse que l'analyse de l'activité permet la réflexivité de l'individu pour comprendre son activité et celle de l'autre afin de s'enrichir d'autres manières d'agir. La mise en débat des activités au sein d'espaces dialogiques vise à se saisir de nouvelles possibilités d'agir et ainsi de contribuer à la fois au développement de la santé des soignants et à l'amélioration de la qualité des soins auprès des personnes âgées. Dans un premier temps, nous définirons ce que nous entendons par situation « dynamique » et complexe afin de clarifier le contexte dans lequel les soignants réalisent leur activité. Nous porterons notre attention sur la mobilisation du raisonnement clinique par les soignants pour analyser et agir en situations de soins. Il s'agit ensuite d'engager une réflexion sur l'activité des individus au vu du collectif et de l'organisation du travail. Notre attention portera alors sur les apports et les enjeux des espaces dialogiques. Enfin, nous définirons la méthodologie employée pour analyser les relations entre l'activité et l'expérience vécue des soignants.

2 DÉMARCHE COMPRÉHENSIVE DES SITUATIONS ET DE L'ACTIVITÉ DE SOINS

Les situations de soins comportant des manifestations d'agressivité verbale et/ou physique de la personne âgée atteinte de TNC traduisent des réactions difficilement prévisibles par les soignants. L'agressivité renvoie à une forme socialisée de la violence dirigée de manière réactionnelle ou intentionnelle (Favaro, 2014) pouvant être comprise comme « le marqueur d'une grande souffrance » chez la personne âgée (Luttringer, 2017). Ces réactions peuvent être générées par les soins au même titre qu'elles peuvent être prédisposées par « l'état préexistant » du patient (Belzil & Vézina, 2015). Leurs compréhensions sont complexes en lien avec l'existence de causes multiples et variées donnant lieu à une forme d'opposition. Au même titre que le délitement des fonctions cognitives complexifie la compréhension et la communication tant pour la personne âgée que pour les soignants. Le caractère dynamique de ces situations repose sur l'absence de données dans le cours de l'action pour une pleine compréhension où ces dernières évoluent indépendamment des actions entreprises par les soignants (Hoc & Amalberti, 1994). Ils cherchent ainsi à agir sur le déroulement de ces situations dont une part du contrôle leur échappe et où les effets de leurs actions ne suivent pas les mêmes temporalités (Puyo & Millanvoye, 2004). L'agressivité vécue lors des soins interroge les effets produits sur les soignants et sur l'activité au même titre que sur le collectif et l'organisation. En effet, l'exposition à de telles manifestations produit « des effets traumatiques » délétères sur la santé des soignants, sur la qualité des relations au sein du collectif mais également sur l'organisation selon la gestion de ces événements par l'institution (Moreau & al., 2010). Ceci questionne autant sur ce que les soignants réalisent pour une conduite effective de l'activité que pour se prémunir des risques pour leur santé (Gaudart & Pondaven, 1998). Notons bien que l'activité vise ici un type particulier de situation de service où il s'agit de réaliser des soins de qualité en toute sécurité pour le patient et le soignant lui-même. Cette qualité repose sur l'implication du patient au vu d'obtenir sa coopération pour concourir à une sécurité des soins partagée (Pernet, Mollo & Falzon, 2018). La relation de confiance au même titre que l'encouragement constituent des ressources pour potentialiser les possibilités de choisir pour la personne dans la mesure des capacités du sujet âgé atteint de TNC. Mais également de permettre aux soignants de se préserver en donnant du sens à leurs activités en lien avec l'approche du « care » définissant le cœur du métier. Ceci interroge la nature des compétences et des connaissances que les individus développent pour agir mais également les conditions pour être en mesure de pouvoir le faire (Le Bossé, 2018). À ce sujet, les travaux de Pierre Falzon apportent un éclairage sur différents types de connaissances développées dans l'action. Nous pouvons identifier celles portant sur les effets des gestes de métiers et celles traduisant des méta connaissances que le soignant a développées sur lui-même. Il s'agit de la part « méta-opérationnelle » de l'activité où le soignant se transforme lui-même

en créant les conditions dont il a besoin pour mener à bien son activité ici et maintenant (Falzon, 1994, p. 3). A signaler également que l'activité ne se réduit pas aux situations mais suit une temporalité allant au-delà du temps de réalisation des soins. Elle peut se situer par exemple, en amont du soin d'hygiène lors du petit déjeuner. Ceci traduit alors une prise d'informations sur l'état préexistant de la personne âgée déterminant le niveau de vigilance des soignants et la manière d'envisager l'activité d'hygiène à venir. Il s'agit de connaissances développées sur l'activité par ces soignants expérimentés. Ceci nous conduit alors à interroger la compréhension des situations de soins en lien avec la collecte et l'analyse des données par ces soignants.

3 LE RAISONNEMENT CLINIQUE EN SITUATION

3.1 Le raisonnement clinique : une ressource opératoire

Dans les années 80, Jean Watson développe la théorie du « care » définissant une approche des soins infirmiers centrée sur la considération de la personne et de son histoire à un moment donné, dans un contexte spécifique et singulier. Cela afin d'identifier les enjeux ainsi que les ressources disponibles pour accompagner dans sa globalité la personne soignée. Le raisonnement clinique traduit ici le procédé dont se saisit le professionnel pour recueillir, articuler et analyser un ensemble de données afin de comprendre une situation de soins. Le modèle trifocal proposé par Marchal et Psiuk en 2002 traduit la définition d'objectifs de soins visant alors à répondre aux besoins et aux attentes d'une personne. Ceci en considération des effets et des complications en lien avec les pathologies et les traitements mais également au vu des réactions humaines qui en découlent. Le raisonnement clinique se décline comme une procédure opératoire instruite en formation initiale venant soutenir des perspectives soignantes. Au-delà de la recherche de compréhension des situations de soins, comment le soignant intègre-t-il le raisonnement clinique à son activité pour établir le diagnostic d'une situation et concevoir des actions ?

3.2 L'activité : une mobilisation du raisonnement clinique en situation

Les soignants font régulièrement preuve de créativité pour ajuster l'activité en lien avec la variabilité des personnes soignées et les caractéristiques des situations rencontrées. Se développe ainsi des stratégies de régulation considérant les ressources disponibles pour agir efficacement au vu des situations et de leurs évolutions (Leplat, 2006). Ceci traduit des savoirs expérimentiels incorporés rendus difficiles à expliciter avec le temps. Ils se développent en situation par un individu à l'aide d'une expérimentation et d'une appropriation progressive du raisonnement clinique. Il s'agit de développer des connaissances et des compétences mais également de bénéficier des conditions favorables à leur mise en œuvre. Le RCI est une ressource où l'activité des professionnels ne se résume pas à son application. L'intérêt porte ici sur la compréhension de ce qui apparaît comme important pour un soignant. Cette recherche vise à analyser l'activité des professionnels à partir de l'expérience vécue des situations de soins mettant en jeu des signes et des formes d'agressivité pour une considération des effets produits par et sur l'activité (Leplat, Cuny, 1977).

4 L'ACTIVITÉ : « LE SENS DE L'ORGANISATION EN ACTES »

La « globalité » du travail ne consiste pas à additionner les différents éléments qui le compose mais à traduire un ensemble dépassant le cadre du prescrit. Sont à considérer les dimensions psychologiques, cognitives, culturelles, sociales et organisationnelles impliquées dans toute activité humaine. Et enfin, toute activité produit des effets tant sur son auteur que sur les autres acteurs (Guérin & al., 2021). De ce fait, l'activité renvoie à quatre pôles interconnectés portant sur l'individu lui-même, le travail structuré en termes de moyens et de prescriptions, le collectif pluridisciplinaire puis l'utilisateur et son entourage avec leurs attentes et leurs ressources (Mollo, 2022). L'individu répondant à une tâche ne peut être considéré comme un simple exécutant mais bien comme le générateur d'une production qui n'existerait pas sans lui (Bandura, 2009). Ceci conduit à considérer la part « intentionnée » d'un individu (Mollo, 2022, p. 26) à son activité orientant pour une part, la manière de la concevoir. Le sens renvoie à la signification et à la direction que porte et projette un individu au travail où l'organisation est autant structurante pour l'activité que structurée par cette

dernière (Gaillard & Mollo, 2019). Ceci sous-tend différents registres d'activités portant sur des ajustements de positionnement individuel et collectif, sur la production des règles de fonctionnement et la mise en œuvre du dialogue social. La discussion des marges de manœuvre renvoie aux moyens rendus disponibles par une organisation mouvante. Elle répond à une dynamique de construction et de déconstruction dans le temps au vu d'un contexte changeant et impacté par l'évolution des pratiques et de ces acteurs (Cordelier et al., 2011). L'organisation est en soi une activité de réorganisations permanentes où l'activité des individus s'élabore en lien avec des règles construites dans le rapport entretenu avec le collectif à moment donné (De Terssac, 2017).

4.1 Les espaces dialogiques

Les interconnexions existantes entre l'individu, le collectif et l'organisation du travail invitent à se doter d'espaces constituant une ressource pour permettre l'expression de ce qui caractérise l'activité pour un ensemble d'acteurs (Detchessahar, 2001). L'apprentissage du raisonnement clinique répond à un processus de dialogue dirigé vers soi s'intégrant progressivement à une pensée pour ne plus être pleinement conscient. Les travaux de Bakhtine apportent une compréhension de ce que revêt l'approche dialogique visée par cette recherche. La démarche consiste à effectuer le chemin inverse en permettant à cette pensée un retour au langage. Il s'agit de conduire à une prise de conscience individuelle afin de rediscuter ce qui ne l'est plus en lien avec des savoirs expérientiels et des procédures inscrites dans l'organisation. Il n'est pas question d'un lissage des manières de faire, mais bien de rendre compte des variabilités entre individus notamment autour de l'usage du raisonnement clinique en situation. Ainsi, le soignant expérimenté sera plus à même d'explicitier, conforter et ainsi de partager son expérience du raisonnement en situation auprès de ses collègues. Il s'agit également de permettre une mise en débat des conditions inhérentes à la mise en œuvre de l'activité selon les acteurs au sein des organisations de travail. Il est essentiel de pouvoir discuter des ressources et des contraintes de chacun. En effet, le développement de l'agentivité des soignants constitue un enjeu majeur pour le maintien du sens qu'ils portent au travail. Le processus réflexif et participatif proposé conduit à débattre des « normes » admises et à redéfinir des règles le plus souvent implicites au sein d'un collectif de travail (Caroly, 2010). Elles traduisent également l'affirmation d'une forme d'autonomie des professionnels nécessaire à accompagner (De Terssac, 1992). Nous distinguons ainsi l'organisation productrice d'un cadre procédural, d'une organisation en transformation dans le rapport étroit entretenu avec l'activité des acteurs (Mollo, 2022, p. 38). A noter que ces espaces dialogiques visent à débattre des situations mais également de donner aux individus les possibilités de pouvoir agir sur l'organisation. En partant de l'existant, l'efficacité de ces espaces repose sur leur intégration au sein des organisations de travail aux différents niveaux de la hiérarchie (Detchessahar, 2019).

4.2 Choix méthodologiques

En premier lieu, l'analyse des observations portant sur les soins d'hygiène et sur les temps de transmissions permettra une représentation de l'activité en lien avec les individus, le collectif et l'organisation du travail. Nous convenons de mener des entretiens semi-directifs en amont et en aval d'entretiens d'explicitations (Vermersch, 1994) auprès des différents soignants volontaires constituant le collectif de travail. Ceci vise à faire état des trajectoires individuelles au même titre que du contexte et de l'histoire de l'organisation de travail dans lequel s'inscrit le soignant et son activité. Il s'agit ensuite de venir interroger leurs représentations de l'agressivité, d'inviter à verbaliser au travers d'une situation vécue, la manière dont ils ont été amenés à y répondre. Il s'agit alors de permettre une meilleure compréhension de ce que cela génère sur la conduite de leurs activités et de favoriser la réflexivité des soignants. Il s'agit d'une source de développement et de partage à l'aide de la remémoration d'une pensée inconsciente. L'exploitation des données collectées permettra de réaliser une analyse multivariée des verbatims afin d'en dégager des champs sémantiques spécifiques et communs aux différents soignants. Cela afin de permettre d'argumenter les liens entre l'expérience vécue et l'usage du raisonnement clinique mobilisé par ces soignants pour élaborer des stratégies. Tout comme il s'agit de pouvoir apprécier les transformations opérantes sur l'expérience vécue de l'activité à l'issue des différents entretiens. Ce dispositif fait également appel à des méthodes

constructives (auto et d'allo confrontation), qui consistent à se confronter à son activité et à celle d'un autre (Mollo & Falzon, 2004 ; Mollo, 2022). Ce type d'intervention se réalise sur site au sein du collectif de travail et induit une distance qui permet d'analyser sa propre activité ou au regard de celle d'autrui à partir de supports filmés de soins d'hygiène. Elle permet de statuer sur la variabilité entre individus, de favoriser ainsi la prise de conscience d'autres possibles et l'émergence de nouvelles possibilités d'agir (op. cit.). La phase d'analyse de l'activité permettra en parallèle de définir des modalités d'expérimentation d'espaces dialogiques en lien avec les acteurs dans les situations étudiées. Puis à distance, il s'agit d'apprécier les transformations de leur activité et la perception de leur pouvoir d'agir au sein des services dans le cadre des nouveaux espaces intégrés à l'organisation de travail.

5 BIBLIOGRAPHIE :

- Bandura, A. (2009). La théorie sociale cognitive : une perspective agentique. In P. Carre et F. Belzil, G., & Vézina, J. (2015). Impact des comportements des aidants sur la résistance aux soins et la collaboration chez les personnes atteintes de démence dans le cadre des soins hygiéniques : une perspective interactionnelle. *Psychogériatrie internationale*, 27 (11), 1861-1873.
- Berthoz, A. (1997). *Le sens du mouvement*. Odile Jacob.
- Cahour, B., Salembier, P., & Zouinar, M. (2016). Analyser l'expérience vécue de l'activité. *Le travail humain*, 79 (3), 259-284.
- Caroly, S. (2010). *Activité collective et réélaboration des règles : des enjeux pour la santé au travail*. Habilitation à diriger des recherches. Bordeaux : Université Victor Segalen.
- Clot, Y. (2006). Clinique du travail et clinique de l'activité. *Nouvelle revue de psychosociologie*, (1), 165-177.
- Clot, Y. (2010). *Le travail à cœur : pour en finir avec les risques psychosociaux*, Paris, La Découverte, coll. « Cahiers libres », 190 p.
- Cordelier, B., Vásquez, C., & Mahy, I. (2011). L'organisation en mouvement : action, temporalité et processus. *Revue internationale de communication sociale et publique*, 5, 1-8.
- Detchessahar, M. (2001). Quand discuter c'est produire. Pour une théorie de l'espace de discussion. *Revue française de gestion*, 132, 32-43.
- Detchessahar, M. (2019). *L'entreprise délibérée : refonder le management par le dialogue*. Nouvelle cité.
- De Terssac, G. (1992). *Autonomie dans le travail*. Puf.
- Favaro, M. (2014). *Mécanismes organisationnels de formation des violences au travail. Proposition d'un modèle-cadre pour comprendre et intervenir* (Doctoral dissertation, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS)).
- Gaillard, I., & Mollo, V. (2019, September). Le sens de l'organisation en acte, essence de l'organisation. Cas d'un établissement public. In *54ème congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française*.
- Guérin, F., Pueyo, V., Béguin, P., Garrigou, A., Hubault, F., Maline, J., & Morlet, T. (2021). *Concevoir le travail, le défi de l'ergonomie*. Octarès éditions.
- Hoc, J. M., & Amalberti, R. (1994). Diagnostic et prise de décision dans les situations dynamiques. *Psychologie française*, 39(2), pp 177-192.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition dans la nature*. Presse du MIT.
- Le Bossé, Y. (2018). Le pouvoir d'agir à la rescousse. *Revue Projet*, 363, 68-73.
- Leplat, J., & Cuny, X. (1984). *Introduction à la psychologie du travail*. PUF.
- Leplat, J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail : contribution à la psychologie ergonomique*. Presses universitaires de France.
- Luttringer, G. (2017). Comprendre l'agressivité et la violence du sujet âgé : un défi qui vaut le coup. *Le Journal des psychologues*, (4), 62-67.
- Mollo, V., & Falzon, P. (2004). Auto-et allo-confrontation comme outils d'activités réflexives. *Ergonomie appliquée*, 35 (6), 531-540.
- Mollo, V. (2022). *Cultiver la diversité pour développer l'agentivité. Le rôle de la réflexivité dans la démarche ergonomique*. Habilitation à diriger des recherches en ergonomie, Université de Toulouse, 19 janvier 2022.
- Moreau, S., Guyot, S., Langevin, V., & Van de Weerd, C. (2010). *Quand travailler expose à un risque d'agression : des incivilités aux violences physiques* (Doctoral dissertation, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS)).
- Pernet, A., Mollo, V., & Falzon, P. (2018). Développer les capacités des patients pour coproduire un soin sûr et efficace. *Activités*, 15(15-1).
- Pueyo, V. & Millanvoye, M. (2004). Les fondeurs en fin de carrière et les autres : gestion du risque, de la pénibilité et des parcours professionnels sur les planchers de coulée. Dans *Conditions de travail, santé et aspirations à*

la retraite. Actes du séminaire Vieillesse et travail, année 2003, EPHE-CRÉAPT, Centre d'Études de l'Emploi, Rapport de recherche n° 18, 137-155. Ughetto, P. (2018). *Les nouvelles sociologies du travail : Introduction à la sociologie de l'activité*. De Boeck Supérieur.

Vermersch, P. (1994). *L'entretien d'explicitation*. Paris : E. S. F.

Vers un robot humanoïde à domicile comme outil d'entraînement orthophonique à distance pour les enfants sourds implantés cochléaires

Sabrina STITI

CerCo (UMR 5549, Université Toulouse Paul Sabatier & CNRS)
& CLLE (UMR 5263, Université Toulouse Jean Jaurès & CNRS)

Sous la direction de Olivier Deguine (CerCo UMR 5549, Université Toulouse Paul Sabatier, CNRS & CHU Toulouse)

et Loïc Caroux (CLLE UMR 5263, Université Toulouse Jean Jaurès & CNRS)

Pavillon Baudot CHU Purpan BP 25202

31052 Toulouse Cedex

sabrina.stiti@univ-tlse3.fr

RÉSUMÉ

Dans un contexte où la désertification médicale est un problème sociétal urgent pour les enfants sourds implantés cochléaires (IC), il existe à ce jour peu de solutions opérationnelles pour y remédier. Or la qualité de la rééducation orthophonique de l'enfant IC faite à l'hôpital ou en cabinet lors de séances régulières est un facteur pronostique majeur de l'amélioration des capacités de communication et d'expression de l'enfant. Ainsi, la motivation de cette thèse est de concevoir et d'évaluer un système opérationnel d'entraînement orthophonique à distance pour les enfants IC à l'aide d'un robot humanoïde en complément du travail des équipes soignantes. Nous avons dans un premier temps évalué l'acceptabilité de ce robot en milieu écologique, tant par l'enfant IC que par ses parents, pendant une durée d'un mois, à domicile, afin de juger de la faisabilité de ce projet. Puis nous avons pour but de concevoir et évaluer avec l'aide des orthophonistes un système opérationnel d'entraînement par le robot. Enfin, une évaluation du système sera effectuée avec des enfants IC sous supervision d'un orthophoniste.

MOTS-CLÉS

Interaction Enfant-Robot – Enfant sourd implanté cochléaire – acceptabilité – Robot humanoïde – déserts médicaux.

6 INTRODUCTION

6.1 Enfant sourd implanté cochléaire

Selon le rapport mondial sur l'audition de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), près de 2,5 milliards de personnes dans le monde vivront avec un certain degré de perte auditive d'ici 2050. Dans les pays où la proportion de professionnel de l'audition (médecin O.R.L, orthophoniste, audioprothésiste) est relativement élevée, la répartition des spécialistes reste inégale (World Health Organization, 2021). La difficulté, le manque voire l'absence d'accès à un praticien de santé due à une distribution inégale dans un endroit est défini comme étant un « désert médical ». Les enfants souffrant de déficit auditif sont l'une des populations touchées par la désertification médicale. L'enfant porteur d'un implant cochléaire doit apprendre à identifier les sons, les sources sonores et les corrélations entre les objets. La rééducation est performante avec les enfants implantés, mais une grande partie des parents ont du mal à relayer ce travail de rééducation à la maison. Or, la rééducation orthophonique après chirurgie et l'implication de la famille dans cette rééducation sont des facteurs pronostiques majeurs pour la compréhension et le développement du langage après implantation cochléaire (Fagan et al., 2020; Socher et al., 2019).

Le suivi pour développer leurs capacités cognitives (perception auditive, compréhension et production de la parole, communication et langage), représente une réelle contrainte pour les familles



Les auteurs conservent les droits de leurs publications.

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

en termes de temps, de nombre de trajets et de disponibilités des familles. Ainsi, pour cette thèse nous envisageons la télémédecine comme une solution d'entraînement complémentaire à domicile permettrait de compléter la réhabilitation en milieu naturel, de contribuer à réduire les inégalités liées aux déserts médicaux, de diminuer la charge de travail des familles et permettrait de favoriser les progrès de l'enfant.

6.2 La télémédecine comme solution contre la désertification médicale

Le rapport de l'OMS sur la télémédecine souligne que la télémédecine a contribué à la qualité et à l'accessibilité des soins de santé (Organization, 2010). La télémédecine peut être définie comme la prestation de soins médicaux et de traitement à distance des patients au moyen de la technologie de télécommunication, pour améliorer la qualité et l'accessibilité aux soins médicaux en permettant à des prestataires éloignés d'évaluer, de diagnostiquer, de traiter et d'assurer le suivi des patients (Chanussot-Deprez & Contreras-Ruiz, 2008 ; Organization, 2010). En augmentant l'accessibilité des soins médicaux, la télémédecine peut permettre aux patients de se faire soigner plus tôt et permettraient aux orthophonistes de suivre régulièrement les enfants porteurs d'implants cochléaires (Bush et al., 2016). Les patients implantés cochléaires (IC) ont besoin de séances de rééducation régulières, en particulier chez les jeunes enfants. Pendant la pandémie de coronavirus (COVID-19), la rééducation des enfants IC a été dégradée (Telmesani et al., 2022). Si les familles pouvaient avoir accès à de la télémédecine en cas de pandémie ou dans les zones où les soins médicaux ne sont pas accessibles, cela permettrait d'améliorer le suivi des enfants IC et d'éviter les répercussions négatives sur leur progression au cours de la rééducation.

6.3 Le robot humanoïde au service de la télémédecine

L'une des solutions possibles pour résoudre le manque d'accessibilité aux soins pour les enfants IC, est l'utilisation d'un robot social humanoïde comme outil de télémédecine qui devrait fournir une solution au manque de praticien et résoudre les limitations de mobilité (Jang et al., 2021; Lima et al., 2021). L'attribution de caractéristiques humanoïdes facilite les interactions enfants-robots et rend leur utilisation plus facile (Tung & Chang, 2013). L'apparence physique du robot peut également influencer son acceptabilité, son efficacité et son utilisation (Mori, 1970).

6.4 Mesure de l'acceptabilité d'un robot humanoïde chez un enfant implanté cochléaire

La mesure de l'acceptabilité d'un robot humanoïde pour les enfants malentendants est basée sur le Modèle d'Acceptation des Technologies (Davis, 1989) postulant que l'intention d'utiliser une technologie dépend de deux facteurs principaux : l'utilité perçue et la facilité d'utilisation perçue de la technologie. Pour évaluer l'acceptabilité en fonction des compétences de base des enfants, nous nous sommes plus spécifiquement basés sur la méthode d'évaluation de Cano et al. (2018) pour les enfants IC sur les « jeux sérieux ». Cela indique que les mesures peuvent varier en fonction du profil de l'utilisateur (par exemple, le niveau de capacité d'attention et les compétences cognitives) et de l'objectif de l'évaluation (évaluation de l'expérience utilisateur, satisfaction).

7 OBJECTIF GENERAL DE LA THESE

L'objectif est de définir un cadre conceptuel et méthodologique opérationnel pour l'installation d'un robot humanoïde destiné à l'entraînement orthophonique au domicile des patients, en complément des séances de réhabilitations conventionnelles en milieu soignant (hôpital ou cabinet). Pour cela 3 étapes ont été définies : (1) l'évaluation de l'acceptabilité d'un robot humanoïde chez l'enfant IC et les parents ; (2) la conception et validation d'un système opérationnel d'entraînement des capacités de communication et d'expression en identifiant les différentes applications d'exercice recommandées par les orthophonistes pour une utilisation avec un robot humanoïde ; (3) l'évaluation du système avec des enfants IC sous la supervision d'un orthophoniste.

8 1ERE PHASE MENEES : ÉVALUATION DE L'ACCEPTABILITÉ D'UN ROBOT HUMANOÏDE CHEZ L'ENFANT IC ET LES PARENTS

L'étude n°1 consiste à évaluer l'acceptabilité d'un robot humanoïde installé à domicile pendant un mois par des enfants IC et leurs parents, proposant de jouer, danser et parler. Le but était d'évaluer de manière subjective (questionnaires) et objective (données d'utilisation en temps réel du robot) l'interaction entre le robot et l'enfant dans un contexte écologique. Pour mesurer l'acceptabilité, nous avons relevé d'une part, en continu et en temps réel les données d'utilisation du robot (utilisateur, date et temps d'utilisation, nombre de lancements et temps par activité) et d'autre part chaque semaine les retours sur l'interaction avec le robot (utilisabilité, intention d'usage, engagement, émotion). Le processus de recrutement des enfants IC et l'inclusion des familles ont été effectués lors de la 1ère année de thèse. Les premières installations du robot au domicile des familles ont débuté en janvier 2022. La publication de la méthodologie de cette première étude est prévue pour le printemps 2023.

8.1 Méthodologie

8.1.1 Population

Les participants sélectionnés sont 10 familles composées d'un enfant porteur d'un implant cochléaire âgé entre 8 et 12 ans (moyenne d'âge de 10,5) et des parents ou tuteurs légaux. Les 10 familles sélectionnées pour cette étude présentent un environnement familial favorable et se sont engagées dans la rééducation de l'enfant (moyenne de 4,9 sur 5 à l'échelle de participation familiale précoce (Moeller, 2000)). Les enfants ne présentaient pas de trouble cognitif ou psychologique associé. L'étude se déroule sur deux lieux : le CHU et le domicile des familles.

8.1.2 Déclaration éthique

Les participants ont donné leur consentement éclairé écrit pour participer à cette étude. Cette recherche a reçu l'avis favorable du Comité de Protection des Personnes (CPP). (Le promoteur est le CHU de Toulouse : RC31/20-0250)

8.1.3 Matériel

Pour cette étude, nous avons choisi le robot humanoïde « Pepper » (SoftBank Robotics, 2014). Le robot est capable de parler, d'entendre et d'avoir une identification faciale et vocale. Il possède une tablette tactile au niveau du torse et propose des activités comme jouer, danser et discuter.

8.1.4 Procédure

L'étude s'est déroulée en plusieurs étapes. Lors de la pré-inclusion, l'orthophoniste du service ORL a présenté l'étude à la famille et a vérifié l'éligibilité des participants et expliqué le but de l'étude. A l'inclusion, chaque parent et l'enfant ont signé un formulaire de consentement avant de débiter l'étude. L'étape suivante a été l'installation du robot au domicile des participants de manière autonome pour une période de 30 jours. Durant cette période, 4 visites hebdomadaires au domicile de la famille ont été effectuées, afin de vérifier le bon déroulement de l'étude, de récupérer les données d'interaction avec le robot et de récupérer les questionnaires papier remplis par la famille, ainsi que les remarques/observations de la famille. La désinstallation du robot a marqué le dernier jour de la passation pour les participants avec la désinstallation du robot et l'évaluation finale avec les questionnaires.

8.1.5 Mesure de l'acceptabilité et de l'utilisation du robot chez les enfants IC et les parents

8.1.5.1 Questionnaires enfant

Les questionnaires ont été choisis afin d'évaluer les différents aspects de l'interaction perçue pour avoir des dimensions détaillées de l'acceptabilité du robot par les enfants IC et l'évolution des résultats chaque semaine pendant le séjour d'un mois en prenant compte de l'âge, le niveau de vocabulaire et les difficultés avec la communication orale. Ont été évalués, l'utilisabilité avec l'échelle d'utilisabilité

du système (SUS) adapté pour l'étude (Sánchez-Morales et al., 2020), l'intention d'utilisation (Moon & Kim, 2001), l'humeur, l'engagement et l'amusement (« Funomètre » (Read et al., 2002)).

8.1.5.2 Questionnaires parent

Les questionnaires destinés aux parents ont été choisis afin d'évaluer les différents aspects de l'interaction perçue pour avoir des dimensions détaillées de l'acceptabilité du robot par les enfants IC et l'évolution des résultats chaque semaine pendant le séjour d'un mois. Ont été évalués, les comportements innovants (Agarwal & Karahanna, 2000), l'attrait à la technologie (Lallemant et al., 2015), le modèle Almere (Heerink et al., 2010) qui mesure l'acceptation d'un agent social d'assistance et l'expérience utilisateur parentale (Lallemant & Koenig, 2017).

8.1.5.3 Interaction avec le robot

Les données qui ont été extraites du robot sont la transcription en temps réel des interactions (discussion, activité, inactivité) effectuées avec le robot. Les données qui ont été extraites sont le nom de l'utilisateur, les dates et durée d'utilisation d'une activité lancée ainsi que le nom de l'activité initiée. Les données vont permettre d'observer l'évolution du temps et de la fréquence d'utilisation par utilisateur. Ont été identifiées également les activités les moins ou les plus utilisées et seront corrélés avec les questionnaires.

8.2 Résultats préliminaires de l'étude n°1 : l'utilisabilité du robot par l'enfant IC

A ce jour, 10 familles ont été incluses. Six d'entre elles ont fait l'objet d'une passation complète et d'une analyse avancée des données.

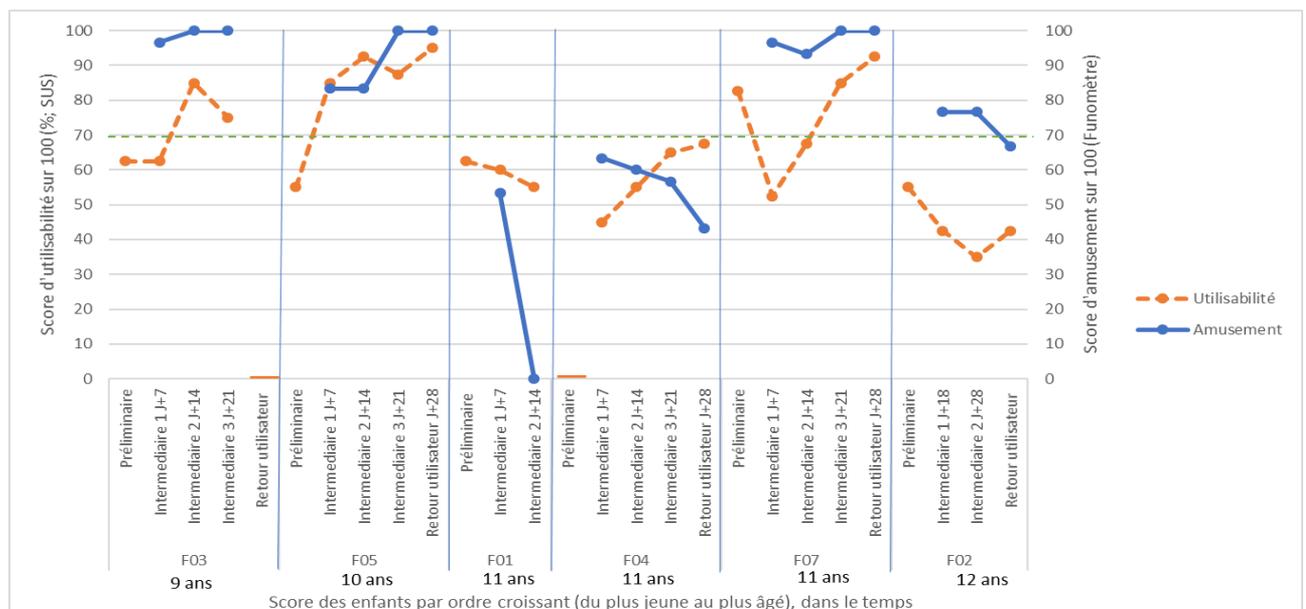


Figure 1: Amusement et utilisabilité chez les enfants implantés cochléaires ont été classés par âge croissant (du plus jeune au plus âgé)

La figure 1 montre les analyses préliminaires sur l'amusement et l'utilisabilité par enfant IC allant du plus jeune (9 ans) au plus âgé (12 ans). Relativement, la majorité des enfants ont déclaré s'être amusés avec le robot (jouer, parler et l'avoir à la maison) à l'exception de l'enfant de la famille 1. On a pu remarquer que le niveau d'amusement ressenti et d'utilisabilité (SUS) a fluctué dans le temps. L'amusement n'est pas resté stable, mais a augmenté dans le temps comme chez les familles 3, 5 et 7. Pour le SUS adapté par Sánchez-Morales, Durand-Rivera & Martínez-González (2020) nous avons utilisé l'échelle de cotation des scores des auteurs. Ainsi, le score à l'échelle d'utilisabilité du système pour les enfants est considéré comme moyennement acceptable entre 50 et 70% et à partir de 70% jusqu'à 100% le robot est considéré comme utilisable. En dessous de 50%, on peut considérer le robot comme non-utilisable puisque l'enfant n'a pas trouvé le robot facile à utiliser (l'enfant de la famille 2 âgé de 12 ans a jugé le robot comme n'étant pas facile à utiliser). Les scores au SUS ont tendance à

augmenter dans le temps sauf pour la famille 1 et 2. Les familles 3 et 4 ont présenté des données manquantes. Enfin, d'autres résultats seront présentés lors des Doctoriales, en particulier ceux des parents.

9 PERSPECTIVES FUTURES ET PHASES À MENER

9.1 2ème phase de la thèse : Conception et validation d'un système opérationnel d'entraînement orthophonique sur un robot humanoïde avec des orthophonistes

Lors de cette phase, notre but est d'identifier avec des orthophonistes des exercices d'entraînement, « serious game » et logiciels pour concevoir un entraînement spécifique des capacités de communication et d'expression de l'enfant IC. L'étape consiste à identifier et classer les choix et justifications dans l'ordre de première nécessité pour les enfants IC. Une classification en fonction de la tranche d'âge et du niveau de vocabulaire de l'enfant IC par les orthophonistes sera nécessaire pour élargir l'utilisation du robot sur plusieurs tranches d'âge. Le but final est de valider la possibilité d'utiliser des applications et exercices opérationnels sur un robot humanoïde pour les enfants IC.

9.2 3ème phase de la thèse : Evaluation du système opérationnel d'entraînement orthophonique sur un robot humanoïde avec les enfants IC sous la supervision d'un orthophoniste

L'objectif de la troisième et dernière phase de la thèse est d'évaluer le système d'entraînement (robot humanoïde proposant des exercices d'entraînements ciblés pour les enfants IC) conçu et validé lors de la précédente étape. La méthode envisagée, consiste à évaluer l'utilisation du système avec des enfants IC sous la supervision d'un orthophoniste au CHU, lors de la mise en situation d'une séance d'entraînement orthophonique (production et compréhension orales). Nous évaluerons l'utilisabilité du système, l'engagement de l'enfant IC, la compréhension des exercices et le bon usage du système dans le cadre d'un entraînement orthophonique au CHU. Les données recueillies de manière subjective (questionnaires) et objective (données d'utilisation du robot et score aux exercices) permettront d'avoir un retour de l'orthophoniste et de l'enfant IC sur la faisabilité et l'apport de l'utilisation d'un robot humanoïde dans le cadre d'un entraînement orthophonique complémentaire par rapport à l'absence de robot.

10 CONCLUSION ET VEROUS À LEVER

La mise en place de ce projet qui a débuté en 2018 a impliqué une équipe pluridisciplinaire composée de médecins O.R.L., orthophonistes, chercheurs en ergonomie et psychologie cognitive, spécialistes en psycho-acoustique, ingénieurs d'étude en technique expérimentales et ingénieurs de recherche en robotique, afin de pouvoir être opérationnel pour les enfants IC.

A ce stade de la thèse, il n'est pas encore possible d'évaluer un robot à visée d'entraînement orthophonique avec des fonctionnalités spécifiques à de l'entraînement, par des professionnels de la santé, car nous sommes encore au stade de l'étude de l'acceptabilité d'un robot humanoïde ne proposant pour l'instant pas d'entraînement. C'est une prospective à long terme dans laquelle l'équipe pluridisciplinaire est en étroite et constante collaboration avec des orthophonistes, audioprothésistes et médecins O.R.L. intégrés au projet de recherche et spécialisés en implant cochléaire chez l'enfant. L'objectif final du robot est de servir de complément au travail des praticiens, et non de le remplacer.

À ce jour, l'un des plus grands verrous de cette thèse est d'identifier la méthode qui permet de capter et de garder l'attention et l'intérêt des enfants IC sur le robot en autonomie sur le long terme. La première piste serait d'adapter les interactions à l'âge de l'enfant et de rendre le robot attrayant par des fonctionnalités indispensables comme une ouverture sur internet par exemple. Le deuxième verrou est d'identifier comment les orthophonistes perçoivent le rôle du robot (assistant, accompagnateur, distracteur, rival, etc.) dans ce projet d'entraînement orthophonique à distance.

Pour conclure, la première phase de la thèse a été marquée par les passations des 10 familles et sera accompagnée par l'analyse complète et détaillée des résultats obtenus. Une publication de l'analyse des résultats de l'étude n°1 est prévue pour l'été 2023. En parallèle, la deuxième phase sera lancée et marquera la conception et validation d'un système opérationnel d'entraînement basé sur

les recommandations des orthophonistes. Les deux phases nous permettront d'avancer dans la future mise en place d'entraînement orthophonique à distance, au domicile des enfants IC à l'aide d'un robot humanoïde.

11 BIBLIOGRAPHIE

- Agarwal, R., & Karahanna, E. (2000). Time Flies When You're Having Fun : Cognitive Absorption and Beliefs about Information Technology Usage. *MIS Quarterly*, 24(4), 665-694.
- Bush, M. L., Thompson, R., Irungu, C., & Ayugi, J. (2016). The Role of Telemedicine in Auditory Rehabilitation : A Systematic Review. *Otology & neurotology : official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 37(10), 1466-1474.
- Cano, S., Collazos, C. A., Aristizábal, L. F., Gonzalez, C. S., & Moreira, F. (2018). Towards a methodology for user experience assessment of serious games with children with cochlear implants. *Telematics and Informatics*, 35(4), 993-1004.
- Chanussot-Deprez, C., & Contreras-Ruiz, J. (2008). Telemedicine in wound care. *International Wound Journal*, 5(5), 651-654.
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319.
- Fagan, M. K., Eisenberg, L., & Johnson, K. C. (2020). *Investigating Early Pre-implant Predictors of Language and Cognitive Development in Children with Cochlear Implants*.
- Heerink, M., Kröse, B., Evers, V., & Wielinga, B. (2010). Assessing Acceptance of Assistive Social Agent Technology by Older Adults : The Almere Model. *International Journal of Social Robotics*, 2(4), 361-375.
- Jang, S. M., Hong, Y.-J., Lee, K., Kim, S., Chiён, B. V., & Kim, J. (2021). Assessment of User Needs for Telemedicine Robots in a Developing Nation Hospital Setting. *Telemedicine and E-Health*, 27(6), 670-678.
- Lallemant, C., & Koenig, V. (2017). How Could an Intranet be Like a Friend to Me? Why Standardized UX Scales Don't Always Fit. *Proceedings of the European Conference on Cognitive Ergonomics 2017*, 9-16.
- Lallemant, C., Koenig, V., Gronier, G., & Martin, R. (2015). Création et validation d'une version française du questionnaire AttrakDiff pour l'évaluation de l'expérience utilisateur des systèmes interactifs. *European Review of Applied Psychology*, 65(5), 239-252.
- Lima, M. R., Wairagkar, M., Natarajan, N., Vaitheswaran, S., & Vaidyanathan, R. (2021). Robotic Telemedicine for Mental Health : A Multimodal Approach to Improve Human-Robot Engagement. *Frontiers in Robotics and AI*, 8.
- Moeller, M. P. (2000). Early intervention and language development in children who are deaf and hard of hearing. *Pediatrics*, 106(3), E43.
- Moon, J.-W., & Kim, Y.-G. (2001). Extending the TAM for a World-Wide-Web context. *Information & Management*, 38(4), 217-230.
- Mori, M. (1970). Bukimi no tani [the uncanny valley]. *Energy*, 7, 33-35.
- Organization, W. H. (2010). Telemedicine : Opportunities and developments in member states. Report on the second global survey on eHealth. *Telemedicine: Opportunities and Developments in Member States. Report on the Second Global Survey on EHealth*.
- Read, J. C., MacFarlane, S., & Casey, C. (2002). Endurability, engagement and expectations : Measuring children's fun. *Interaction design and children*, 2(2002), 1-23.
- Sánchez-Morales, A., Durand-Rivera, J. A., & Martínez-González, C. L. (2020). Usability evaluation of a tangible user interface and serious game for identification of cognitive deficiencies in preschool children. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(6), 486-493.
- Socher, M., Lyxell, B., Ellis, R., Gärskog, M., Hedström, I., & Wass, M. (2019). Pragmatic Language Skills : A Comparison of Children With Cochlear Implants and Children Without Hearing Loss. *Frontiers in Psychology*, 10.
- Telmesani, L. M., Said, N. M., Mahrous, M. M., & Alrusayyis, D. F. (2022). The Difficulties Encountered by Pediatric Cochlear Implant Patients and Their Parents during the COVID-19 Pandemic. *Audiology and Neurotology*, 27(1), 48-55. <https://doi.org/10.1159/000517148>
- Tung, F.-W., & Chang, T.-Y. (2013). Exploring Children's Attitudes towards Static and Moving Humanoid Robots. In M. Kurosu (Éd.), *Human-Computer Interaction. Users and Contexts of Use* (p. 237-245). Springer.
- World Health Organization. (2021). *World report on hearing*. World Health Organization.