



HAL
open science

La simulation prospective comme méthodologie d'aide à la définition de la collaboration Humain-Système de demain

Maxime Durandeu, Bruno Ricaud, Laurence Kujawa

► To cite this version:

Maxime Durandeu, Bruno Ricaud, Laurence Kujawa. La simulation prospective comme méthodologie d'aide à la définition de la collaboration Humain-Système de demain. ERGO'IA 2023, Oct 2023, Bidart, France. ⟨hal-04405054⟩

HAL Id: hal-04405054

<https://hal.science/hal-04405054v1>

Submitted on 19 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

La simulation prospective comme méthodologie d'aide à la définition de la collaboration Humain-Système de demain

Maxime Durandeu

Nexter Systems
Versailles, France
m.durandeu@nexter-group.fr

Bruno Ricaud

Nexter Systems
Versailles, France
b.ricaud@nexter-group.fr

Laurence Kujawa

Nexter Systems
Versailles, France
l.kujawa@nexter-group.fr

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the Owner/Author. Copyright is held by the owner/author. ERGO'IA 2023, October 10--13, 2023, Bidart, France. ISBN: 979-8-4007-0910-4

Abstract

The objective of this article is to provide feedback regarding the use of a prospective simulation tool using the Wizard of Oz technique. Combined with a Human Factor data collection, this tool is used as a method to assist in defining future needs for Human-System collaboration, applicable to battlefield robotization.

Mots-clés des auteurs

Human-Robot Interaction; Prospective simulation; Wizard of Oz technique.

CSS Concepts

• **Human-centered computing~Human computer interaction (HCI); HCI design and evaluation methods**

Introduction

Nexter conçoit et développe des systèmes blindés à très longue durée de vie. Ces produits ont pour vocation à être utilisés par les forces armées pendant plusieurs dizaines d'années. Il s'agit donc de spécifier ces systèmes à partir d'hypothèses, basées sur la connaissance des activités opérationnelles actuelles,

afin de prédire des activités qui devront encore être pertinentes dans les 30 à 50 ans à venir. Les grandes évolutions pressenties en matière d'innovations technologiques, telle que l'Intelligence Artificielle (IA) et la robotique, sont susceptibles d'entraîner des mutations profondes de l'activité des opérateurs [3][12]. Un des enjeux majeurs est alors d'anticiper ces retombées. Il est donc nécessaire, lors des phases amont de conception, de mettre en place une approche méthodologique nous aidant à définir l'Activité Future Probable (AFP) des opérateurs [6], d'anticiper leurs besoins futurs ainsi que les problématiques sous-jacentes. Lors de précédentes expérimentations, nous avons constaté que les opérateurs d'aujourd'hui, intégrés dans la démarche de conception centrée utilisateurs [13], sont ancrés dans leurs connaissances actuelles. Ils éprouvent des difficultés à se projeter sur l'usage d'un système qui n'existe pas et qui implique nécessairement une évolution majeure de leurs activités [2].

Pour tenter de dépasser cette limitation, et favoriser la projection des opérateurs actuels, nous les avons immergés dans un environnement de simulation prospective. L'exploitation de la technique du magicien d'Oz [8] nous permet de mettre en musique des scénarios d'activité future probable, définis par des experts opérationnels, intégrant nécessairement un très haut niveau d'automatisation et de robotisation des systèmes [12]. Au travers de ces simulations, nos objectifs principaux sont d'estimer les impacts des évolutions technologiques pressenties (IA et robotisation) sur la future activité des opérateurs, et d'identifier les nouveaux besoins qui en découlent. Nous partons donc du principe que la simulation de l'expérience va permettre de favoriser la capacité des

utilisateurs à se projeter efficacement dans l'activité future, et ainsi les aider à évoquer de nouveaux besoins [15].

Cet article propose un retour d'expérience quant à la mise en œuvre d'un outil de simulation prospective conçu par Nexter. Cet outil, associé à un recueil de données Facteur Humain, est proposé comme méthode d'aide à la définition de besoins futurs en matière de collaboration Humain-Robot. Cet article présente dans un premier temps un état de l'art relatif à l'utilisation de la simulation comme support d'aide à la définition de l'AFP et à l'identification de besoins utilisateurs futurs. Puis il s'attache à décrire la méthodologie d'opportunité mise en place lors des évaluations. Enfin, l'article conclut par un retour d'expérience sur les avantages et limites de ce type de simulation pour faciliter la projection et l'anticipation de besoins utilisateurs futurs.

Etat de l'art : La simulation prospective pour aider à l'identification de l'AFP

L'AFP correspond à « *une forme possible de la future activité réelle qui résulte à la fois des propriétés et capacités des opérateurs impliqués, des objectifs, moyens et ressources de travail dont ils bénéficieront, et des caractéristiques de l'environnement physique, organisationnel et technologique* » [6].

Depuis de nombreuses années, les ergonomes ont recours à la simulation de l'activité pour concevoir de nouvelles situations de travail. D'après Daniellou [9], l'une des utilisations principales de la simulation de postes de travail est « *l'anticipation [...] de certaines caractéristiques de l'activité future des usagers, afin de diagnostiquer des problèmes éventuels* ». Le recours à

la simulation pour l'anticipation des besoins utilisateurs s'inscrit dans le cadre du paradigme de la découverte, décrit par Buisine et al.[7], qui suppose que « *les besoins futurs seraient écrits quelque part et devraient être saisis* ». Il se base sur des méthodes servant à aider les utilisateurs à se représenter leurs interactions possibles avec un produit afin de leur permettre de faire émerger des idées de besoins futurs. Ses objectifs sont donc de développer et d'identifier prématurément des besoins en simulant l'utilisation, facilitant la représentation de l'artefact et la représentation du futur.

Le but des simulations est d'approcher l'activité future des utilisateurs et d'identifier les problèmes pouvant se poser. Cependant, elle ne permet pas de prédire en détail l'activité réelle des utilisateurs futurs. Elle permet néanmoins de prendre des décisions de conception qui vont ouvrir ou fermer des possibilités quant à la future activité. La simulation permet d'évaluer quelles sont les formes possibles de l'activité future [9] et si elles sont acceptables, ou non, selon les critères de l'ergonomie. La simulation n'a pas comme objectif d'effectuer la prescription de la bonne façon de réaliser la tâche, mais plutôt de comprendre comment l'AFP peut se développer et si ses formes possibles sont acceptables pour les différents acteurs.

D'après Barcellini [1], la simulation prédictive « *vise, à partir de la compréhension du travail réel actuel, à "faire jouer" par les personnes concernées le travail futur probable dans les conditions imposées par les nouveaux scénarios de prescriptions proposés par les prescripteurs* ». Elle permet à un opérateur de confronter les « invariants » qui guident son activité aux nouvelles circonstances dans lesquelles son action

pourrait s'inscrire (la future activité simulée). C'est ce travail de réélaboration à la fois de ses pratiques et de ses représentations, qui va permettre aux opérateurs d'apprécier assez concrètement ce que les évolutions techniques et technologiques pourraient changer dans leur activité [4]. Les opérateurs peuvent ainsi mesurer les incidences qu'aura le nouveau système dans le déroulement de leur activité : ce qu'il permet, autorise, force ou empêche de faire, mais aussi ce qu'il permet de mieux faire, moins bien ou différemment. Ces questions d'efficacité et de sens de l'activité s'avèrent d'ailleurs cruciales dans l'acceptation de toute innovation [5].

La simulation prospective constitue ainsi un objet intermédiaire qui favorise la vraisemblance de la description de l'activité future probable [4].

Contexte et problématiques

Les programmes de définition des véhicules blindés futurs [11], actuellement en cours d'étude par l'ensemble des industriels de la Défense en Europe, a pour vocation de transformer le théâtre d'opérations militaires terrestres futur. Les transformations majeures amenées par ce programme concernent l'introduction des technologies émergentes telles que l'IA et la robotisation du champ de bataille [20]. Il est attendu de ces dernières qu'elles fassent évoluer en profondeur l'activité des opérateurs de véhicules blindés, qui évolueront d'activités d'opérateur-acteur vers des activités d'opérateur-superviseur. Cette évolution fera à son tour émerger de nouveaux enjeux en matière de Facteurs Humains (FH) : comment faire pour que l'introduction de ces technologies émergentes ne se fasse pas aux dépens de la performance du couple Humain-Système ?

Méthodologie

Le magicien d'Oz

La technique du magicien d'Oz [8][14] couramment utilisée dans l'étude des interactions Humain-Machine, repose sur le fait que les sujets interagissent avec un système informatisé qu'ils croient autonome, mais qui est en fait totalement ou partiellement contrôlé par un humain. La plus-value de cette technique réside dans le fait de pouvoir tester, très tôt, des concepts d'interactions Humain-Robot, ou des scénarios d'activité future probable, alors même que la maturité technique, technologique ou sociétale de la solution envisagée n'est pas encore acquise ou même totalement définie.

Pour répondre à notre problématique prédictive, nous avons donc utilisé la technique du Magicien d'Oz, intégrée dans la plateforme de simulation OUISARD (Outil d'évaluation de Systèmes Automatisés Robotisés Disruptifs) conçue par Nexter (figure 1). OUISARD est une plateforme de simulation permettant d'évaluer, en situation tactique, des concepts d'organisation et d'interactions Humain-Machine au sein d'un équipage de systèmes blindés futurs, ayant un niveau d'automatisation et de robotisation élevé. La technique du Magicien d'Oz nous permet d'anticiper, par simulation, le niveau d'automatisation des systèmes robotisés et l'interaction des opérateurs avec un système doté d'IA [17]. En particulier, pour interagir avec les robots, les opérateurs utilisent la commande vocale. Cette dernière est basée sur un dictionnaire d'ordre de haut niveau, volontairement restreint, limitant les capacités d'interprétation des ordres. Par exemple, « Rouler vitesse 30 » ou « Observer entre Alpha et Bravo ». Ces actions, censées être réalisées de

manière autonome par les systèmes robotisés, sont en réalité accomplies par les magiciens. Ils exécutent des actions, de déplacement, d'identification d'itinéraire, de positionnement, d'observation ou de tir sans prendre d'initiative. Les opérateurs peuvent, à tout moment, reprendre la main sur les véhicules automatisés pour les téléopérer en direct.

L'outil nous permet de jouer aisément sur plusieurs variables comme le nombre d'opérateurs attribués à chaque plateforme, le niveau d'automatisation des plateformes, le nombre de plateformes habitées ou inhabitées, la fréquence d'apparition d'impondérables (ex : perte de liaisons avec les plateformes automatisées) ou le niveau de difficulté des scénarios.

Protocole expérimental

Dans le cadre de cette expérimentation, OUISARD a été utilisé par les ergonomes pour tester l'intérêt de diverses méthodologies de recueil de données, en vue d'exploitations futures. La méthodologie décrite ci-après est donc exploratoire et opportuniste, et n'a pas pour vocation d'être reproductible.

Des représentants des utilisateurs finaux ont été sollicités pour dérouler un scénario, découpé en 6 séquences de difficulté croissante et d'environ 30 minutes chacun, illustrant différentes situations opérationnelles. Chaque séquence a été jouée avec un ou deux opérateurs dédié(s) à la gestion d'une plateforme inhabitée. Cette variable (nombre d'opérateurs) a été randomisée.

L'expérimentation a été instrumentée afin de recueillir un ensemble de données objectives et subjectives. Les comportements opérateurs ont été codés en direct



Figure 1 : Salles OUISARD

OUISARD est composé de 2 salles : une salle contenant les postes opérateurs simulés (en haut) et une salle contenant les magiciens (en bas).

grâce au logiciel The Observer de Noldus [16], afin de pouvoir, a posteriori : évaluer les performances opérationnelles, identifier les verbatims spontanés d'intérêt et réaliser des analyses quantitatives pour décrire leur activité. La stratégie oculaire des opérateurs a été relevée grâce à des lunettes d'Eye Tracking Tobii [21]. Aussi, des entretiens semi-directifs ont été déroulés et des questionnaires d'auto évaluation du ressenti de la charge de travail ont été remplis par les sujets après chaque séquence.

Principaux résultats et apprentissages

Considérant la méthodologie exploratoire mise en place sur ces expérimentations, l'objectif n'est assurément pas une généralisation des résultats. Cependant, ils nous permettent d'orienter très rapidement les choix relatifs à un type d'interaction ou à une organisation Humain-Robot, et d'identifier des axes d'optimisation à privilégier.

En particulier, l'analyse des données d'Eye Tracking (figure 2) nous a permis d'identifier les informations qui semblent cruciales aux opérateurs pour dérouler leur mission. Il ressort notamment que l'imagerie transmise par le drone aérien et les informations liées à la cartographie sont deux éléments essentiels sur la quasi-totalité de l'activité du chef de groupement. Sur les scénarios joués, l'opérateur passe en moyenne 80% de son temps à regarder l'écran dédié au drone.

Aussi, les données recueillis grâce aux observations et aux entretiens nous ont permis d'identifier le moment et le pourquoi les opérateurs ont besoin de reprendre la main sur leur robot. Les principales raisons mises en exergue semblent être le manque de confiance vis-à-vis des robots pour la réalisation de tâches délicates (ou

nécessitant une expertise opérationnelle) et le fait qu'il est parfois plus rapide de réaliser une action soi-même que de la verbaliser et de l'expliquer au robot pour qu'il la réalise. Les résultats obtenus permettent aussi d'évaluer la qualité de la collaboration de l'humain avec des systèmes automatisés. Ils montrent notamment l'importance d'intégrer un langage opératif (composé d'ordres complexes) au dictionnaire d'échange entre les opérateurs et les robots pour améliorer cette collaboration. Aussi, le délai entre la formulation de l'ordre vocal par l'opérateur et la réalisation de l'action par le robot constitue une variable importante qui rend difficile la réalisation d'actions complexes ou nécessitant une réactivité forte. Les résultats prouvent la nécessité de ne pas considérer la commande vocale comme moyen unique d'interaction avec le système, mais appuie la nécessité de favoriser la multimodalité pour améliorer les performances opérationnelles et l'expérience utilisateur.

Enfin, le croisement de l'ensemble des résultats nous permet d'identifier les situations générant des surcharges de travail, leurs raisons d'apparition et leurs conséquences sur le déroulement de la mission. Nous avons notamment testé une configuration où 1 ou 2 opérateurs sont en charge de la supervision d'un robot équivalent à un char de combat. Les résultats montrent qu'un seul opérateur pour superviser le robot peut suffire, mais uniquement pour certaines situations : lorsque la plateforme ne requiert que très peu d'interventions humaines, qu'elle n'est pas le principal acteur de la manœuvre et que la situation opérationnelle est relativement simple (par exemple, lors d'un long déplacement sur route, sans présence ennemie). Deux opérateurs semblent nécessaires dès lors qu'il y a une reprise en main d'une fonction

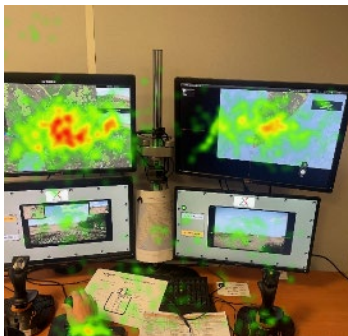


Figure 2 : Carte de chaleur issue de l'analyse des données d'EyeTracking

automatisée. Dans la condition à 1 opérateur, les surcharges, accentuées par la prise de décision sous stress, ont provoqué à plusieurs reprises un effet tunnel [23] focalisant les ressources attentionnelles de l'opérateur sur une partie de son activité. L'opérateur omet alors des informations importantes, au détriment de la conscience globale qu'il se fait de la situation. La conscience de la situation étant en lien direct avec la prise de décision [10], cette dernière est biaisée. C'est pourquoi, dans la conception du système futur, il sera important de s'assurer que les transformations de l'activité opérationnelle, liées à la supervision de fonctions en lieu et place d'actions directes, ne biaisent pas la compréhension de la situation de l'opérateur.

Discussion

L'outil OUISARD, combiné à une méthodologie de recueil de données Facteur Humain, nous a permis d'obtenir des données permettant de valider ou d'invalider des concepts à la fois d'interaction mais aussi d'organisation et de collaboration Humain-Robot. Il nous aide à construire et à spécifier des solutions non préétablies et à mieux appréhender la place des opérateurs dans ces systèmes futurs. Il nous permet de considérer, très en amont, les problématiques humaines relatives à la collaboration avec des systèmes robotisés dotés d'IA. L'outil OUISARD nous a ainsi permis d'anticiper certains futurs besoins utilisateurs.

L'ensemble de ces résultats permettent aussi d'identifier et de justifier les axes d'efforts nécessaires pour assurer la viabilité des concepts d'organisation Humain-Robot envisagés (exemples : le niveau d'automatisation des plateformes, les informations nécessaires au maintien de la conscience de situation ou l'acceptabilité de la délégation aux robots). Ils

montrent aussi que la réussite de la collaboration Humain-Robot ne peut se limiter à la capacité technique liée à l'atteinte d'un haut niveau d'automatisation, mais qu'elle va essentiellement reposer sur la qualité du binôme Humain-Système. En effet, la technique du magicien d'Oz et des outils tels que OUISARD permettent d'identifier, outre les problématiques techniques, quels sont les facteurs limitant l'humain dans son appropriation et dans la mise à profit des systèmes hautement automatisés. Son application sur de l'évaluation de concept intégrant un haut niveau d'autonomie est donc éclairante à la fois pour les aspects techniques robotiques (que dois-je développer comme fonction), ergonomique (comment dois-je faire le lien Humain-Robot), et aidant les utilisateurs à se projeter dans l'emploi de ces futures technologies.

Conclusion et perspectives

La simulation prospective et la technique du magicien d'Oz sont exploitables dans le cadre de la conception et de la prospection industrielle. Couplée avec une approche facteur humain instrumentée et méthodique, les résultats nous permettent d'identifier très en amont l'impact de l'intégration de la robotisation et de l'IA sur l'activité opérationnelle et d'identifier des besoins futurs.

La construction d'une simulation implique cependant deux prérequis : d'une part, l'existence d'une situation de référence, et d'autre part, la possibilité d'extrapoler une situation d'activité future [22]. Pour faire face à ces limitations, nous envisageons de nous tourner vers les méthodologies relatives à l'ergonomie prospective. L'ergonomie prospective est définie comme « *la partie de l'ergonomie qui vise à anticiper les besoins et*

activités humains, de manière à créer des artefacts nouveaux qui seront utiles et sources d'une expérience positive pour les utilisateurs » [18]. Nous envisageons d'exploiter des méthodologies de l'ergonomie prospective, appliquées aux systèmes à longues durées de vie comme le proposent Ruault et ses collègues [19].

Enfin, OUISARD ayant montré son intérêt pour l'évaluation de nouveaux usages, nous souhaitons développer son utilisation pour étudier un concept d'adaptation dynamique d'allocation de tâches et d'interfaces Humain-Robot en fonction, par exemple, du niveau de charge cognitive des opérateurs, du contexte d'utilisation, ou de la gestion d'aléas techniques.

Références

- [1] Flore Barcellini, Laurent Van Belleghem, and François Daniellou. 2013. Les projets de conception comme opportunité de développement des activités. In *Ergonomie constructive*. Paris : PUF, 191-206.
- [2] Jessy Barré. 2015. Vers de nouveaux outils pour l'anticipation des besoins utilisateurs : Apports méthodologiques pour l'ergonomie prospective. École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers.
- [3] Général Charles Baudoin. 2018. L'impact des systèmes robotiques militaires pour l'armée de Terre et les enjeux liés à leur autonomie. In *Autonomie et létalité en robotique militaire*, Les Cahiers de la Revue Défense Nationale.
- [4] Marc-Eric Bobillier Chaumon, Sabrina Rouat, Elsa Laneyrie and Bruno Cuvillier. 2018. De l'activité DE simulation à l'activité EN simulation : simuler pour stimuler. In *Activités*, 15(15-1).
- [5] Marc-Eric Bobillier Chaumon. 2016. L'acceptation située des technologies dans et par l'activité : premiers étayages pour une clinique de l'usage. In *Psychologie du Travail et des Organisations*, 22(1), 4-21.
- [6] Eric Brangier and Jean-Marc Robert. 2010. Manifeste pour l'ergonomie prospective : anticiper de futures activités humaines en vue de concevoir de nouveaux artefacts. In *Proceedings of the 22nd Conference on l'Interaction Homme-Machine*, 57-64.
- [7] Stéphanie Buisine, Andréa Boisadan and Simon Richir. 2018. L'innovation radicale par la méthode de l'utilisateur extraordinaire. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 24(4), 374-386.
- [8] Nils Dahlbäck, Arne Jönsson and Lars Ahrenberg. 1993. Wizard of Oz studies: why and how. In *Proceedings of the 1st international conference on Intelligent user interfaces* (pp. 193-200).
- [9] François Daniellou. 2007. Des fonctions de la simulation des situations de travail en ergonomie. *@ctivités*, 4(2), 77-83.
- [10] Mica R Endsley. 2017. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. In *Situation awareness*, Routledge, 9-42.
- [11] Nathan Gain and Florent de Saint Victor. 2021. MGCS : derrière l'armure, la poursuite d'un système de combat terrestre complet – Partie 1. En ligne <https://www.forcesoperations.com/amp/mgcs-derriere-larmure-la-poursuite-dun-systeme-de-combat-terrestre-complet-partie-1/>.
- [12] Cécile Jourdas and Bruno Ricaud. 2022. Robots Tactiques Polyvalents, vers la réalisation de missions complexes en autonomie. In *PFIA, APIA*

- 2021, 6-24. [https://pfia2021.fr/conferences/apia/Session 1.](https://pfia2021.fr/conferences/apia/Session%201)
- [13] ISO 9241-210, 2019 : Ergonomie de l'interaction homme-système — Partie 210 : Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs. (2019).
- [14] John F. Kelley. 1984. An iterative design methodology for user-friendly natural language office information applications. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 2(1), 26–41.
- [15] Emilie Loup-Escande, Jean-Marie Burkhardt, Olivier Christmann and Simon Richir. 2014. Needs' elaboration between users, designers and project leaders : Analysis of a design process of a virtual reality-based software. *Information and Software Technology*, 56(8), 1049-1061.
- [16] Noldus. 2022. The Observer XT. En ligne <https://www.noldus.com/observer-xt>
- [17] Bruno Ricaud, Maxime Durandea et Laurence Kujawa. 2023. Imaginer et concevoir les interactions Humains-Robot du futur : une application à la robotisation du champ de bataille. *IHM'23 - 34e Conférence Internationale Francophone sur l'Interaction Humain-Machine, AFIHM*; Université de Technologie de Troyes, Apr 2023, Troyes, France.
- [18] Jean-Marc Robert and Eric Brangier. 2012. Prospective ergonomics: Origin, goal, and prospects. *Work*, 41, 5235–5242. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0012-5235>
- [19] Jean-René Ruault, Emmanuel Gardinetti, Christophe Kolski and Frédéric Vanderhaegen. 2014. Adaptation de l'ergonomie prospective aux systèmes à longue durée de vie. *Le travail humain*, 77(3), 257-280. <https://doi.org/10.3917/th.773.0257>
- [20] Pierre Santoni. 2018. Les robots, nouveaux partenaires du combattant dans les environnements dangereux et difficiles. In *Autonomie et létalité en robotique militaire*, Les Cahiers de la Revue Défense Nationale.
- [21] Tobii. 2022. Eye trackers. En ligne <https://www.tobii.com/products/eye-trackers>
- [22] Laurent Van Belleghem. 2021. Simulating digital activity in the making: elements of methodology. In M. E. Bobillier-Chaumon (Ed.), *Digital transformations in the challenge of activity and work*, 211-223.
- [23] Christopher D. Wickens and Amy L. Alexander. 2009. Attentional tunneling and task management in synthetic vision displays. In the *International Journal of Aviation Psychology*, 19(2), 182-199.