



HAL
open science

Les opérateurs chimistes en laboratoire du futur : quelle activité ?

Fournier Étienne, Christine Jeoffrion, Aurélie Landry

► To cite this version:

Fournier Étienne, Christine Jeoffrion, Aurélie Landry. Les opérateurs chimistes en laboratoire du futur : quelle activité ?. 57ème Congrès de la SELF, Développer l'écologie du travail, Oct 2023, Saint-Denis (La Réunion), France. hal-04248633

HAL Id: hal-04248633

<https://hal.science/hal-04248633>

Submitted on 19 Oct 2023

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.



Les opérateurs chimistes en laboratoire du futur : quelle activité ?

Fournier Étienne, Jeoffrion Christine et Landry Aurélie

LIP/PC2S, 1251 Av. Centrale, 38610 Saint-Martin-d'Hères

LIP/PC2S, 1251 Av. Centrale, 38610 Saint-Martin-d'Hères, etienne.fournier@univ-grenoble-alpes.fr

Résumé.

Dans le cadre d'un projet ANR inscrit dans l'industrie 5.0, une analyse de l'activité a été menée sur des opérateurs en chimie de recherche et développement (R&D). L'enjeu était de comprendre leurs besoins et d'identifier un poste sur lequel une technologie cobotique (robotique collaborative) pourrait venir appuyer l'humain dans son travail afin d'améliorer son bien-être et ses performances. Cette analyse a révélé que le poste en boîte à gants (BAG) et le poste en sorbonne de laboratoire n'étaient pas adaptés aux différentes variabilités inhérentes aux opérateurs et, de ce fait, augmentaient les risques sur leurs santé physique et psychique. L'analyse a identifié les tâches que les opérateurs seraient susceptibles de déléguer, celles qu'ils aiment particulièrement effectuer, et plus largement leurs besoins et leurs envies dans leur travail afin que la technologie n'entre pas en contradiction avec ceux-ci dans le but de prévoir les futurs possibles de la situation de travail et de faire face aux imprévus.

Mots-clés : Analyse de l'activité, robotique collaborative, chimie, industrie 5.0

Chemist operators in the laboratory of the future: what activity?

Abstract.

Within the framework of an ANR project in the field of industry 5.0, an activity analysis was carried out on operators in research and development (R&D) chemistry. The challenge was to understand their needs and to identify a position where a cobotic technology (collaborative robotics) could support the human in his work to improve his well-being and performance. This analysis revealed that the glove box workstation and the laboratory fume cupboard workstation were not adapted to the different variabilities inherent to the operators and, as a result, increased the risks to their physical and psychological health. The analysis identified the tasks that the operators would be likely to delegate, those that they particularly like to carry out, and more broadly their needs and desires in their work so that the technology does not contradict these in order to foresee the possible futures of the work situation and to face the unexpected.

Keywords: Activity analysis, collaborative robotics, chemistry, industry 5.0

*Ce texte original a été produit dans le cadre du congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française qui s'est tenu à Saint Denis de La Réunion les 17, 18 et 19 octobre 2023. Il est permis d'en faire une copie papier ou digitale pour un usage pédagogique ou universitaire, en citant la source exacte du document, qui est la suivante :

Fournier, Étienne., Jeoffrion, Christine. & Landry, Aurélie. (2023). Les opérateurs chimistes en laboratoire du futur : quelle activité ?. Actes du 57^{ème} Congrès de la SELF, Développer l'écologie du travail : Ressources indispensables aux nouvelles formes de souverainetés. Saint Denis de La Réunion, 17 au 19 octobre 2023.

Aucun usage commercial ne peut en être fait sans l'accord des éditeurs ou archiveurs électroniques. 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.



Analyse de l'activité de chimiste en laboratoire du futur

INTRODUCTION

Contexte de l'analyse

L'analyse présentée ici s'effectue dans le cadre d'un projet de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) visant « à concevoir un système cobotique semi-autonome pour l'assistance d'opérateurs dans un contexte industriel, capable de choisir, de synchroniser et de coordonner des tâches réparties entre l'humain et le cobot en s'adaptant à différents types de variabilités des gestes professionnels, tout en anticipant des situations dangereuses » (Projet-ANR-20-CE10-0005). Le but est d'implémenter en situation de travail un cobot qui soit capable de travailler efficacement en collaboration avec l'humain afin d'améliorer son bien-être et sa performance. Les chercheurs impliqués dans le projet font partie d'une équipe pluridisciplinaire constituée de roboticiens, d'informaticiens, de psychologues et d'ergonomes. Le rôle principal des psychologues et des ergonomes dans ce projet est de comprendre la situation de travail afin d'y identifier les besoins des opérateurs et les variabilités présentes dans la situation. En effet, il est essentiel de comprendre l'activité des opérateurs en chimie ainsi que le contexte dans lequel ils s'inscrivent pour adapter une technologie visant à les soutenir dans leurs tâches (Bobillier-Chaumon, 2013; Colin & Courant, 2006; Guérin et al., 2021).

Terrain d'étude

Le terrain d'étude est un laboratoire du futur (LOF) en physique/chimie. Ce laboratoire a été créé en 2004 et emploie différents types d'opérateurs : des chimistes en majorité, des experts en mécanique et en informatique et des cadres dirigeants. Ce laboratoire est une unité mixte de recherche (UMR), c'est-à-dire que certains opérateurs sont employés par le laboratoire, d'autres sont des aides externes qui viennent travailler sur des projets en particulier, et d'autres sont des universitaires. Il y a donc des cadres, des techniciens, des doctorants et des post-doctorants. Au total, ce LOF est composé d'environ 70 opérateurs et a connu une croissance récente avec un passage de 10 opérateurs à 70 pendant ces dix dernières années. Les activités du site sont si diverses qu'il est impossible de les exposer dans cette contribution. En revanche, ce qui est à retenir, c'est que le LOF est spécialisé dans la création de nouveaux processus innovants dans l'industrie chimique. Les opérateurs travaillent donc sur un grand nombre de projets à la fois, et lorsqu'un processus est en adéquation avec la demande du client, les opérateurs transfèrent le processus ainsi créé et passent à un autre projet.

Au-delà de l'identification d'un poste pour l'implémentation d'un cobot, les dirigeants du site ont exprimé le besoin d'avoir une vision critique de leurs méthodes de travail. Ils ont souhaité connaître les forces et les faiblesses de leurs procédures.

Le métier de chimiste en laboratoire

Peu de publications portent sur l'activité d'opérateurs en chimie R&D. Les études disponibles se concentrent sur trois dimensions distinctes : 1. Les équipements et les risques liés à leur utilisation ; 2. L'attention sur la tâche, et 3. La gestion de l'espace en laboratoire de chimie.

L'opérateur en chimie R&D utilise des équipements de protection afin de réduire des risques chimiques (Tokatli et al., 2021). L'un de ses équipements est la boîte à gants (BAG). Il s'agit d'un « compartiment, une boîte ou une hotte utilisés pour enfermer une opération ou un processus afin de contenir et de séparer les matières dangereuses du personnel d'exploitation ou des conditions environnementales défavorables » (Garden, 1962, p. 9). La littérature sur l'activité des chimistes a cependant relevé un problème majeur concernant cet équipement : il prend peu en compte les caractéristiques des humains qui vont les utiliser (McNair, 2006). De plus, les opérateurs utilisent constamment des gants de protection qui diffèrent selon la tâche effectuée (McNair, 2006). Ces gants peuvent avoir un impact sur la santé et la performance des opérateurs les utilisant (Sung et al., 2020). En effet, certains gants réduisent la force de pression et/ou la précision et poussent l'opérateur à adopter des positions gênantes afin de pallier cette perte sensorielle. Dans son étude, McNair (2006) note plusieurs points d'alerte concernant le travail en BAG : une vision réduite, des postures inconfortables, des frottements et des mouvements répétitifs et inconfortables des poignets. L'étude nous indique également l'absence d'une adaptabilité complète des BAG aux opérateurs. En effet, de nombreux opérateurs n'ont pas la taille optimale pour l'utilisation et doivent donc mobiliser davantage leur poignet. L'auteur note un risque élevé de troubles musculo-squelettiques (TMS).

Les chimistes évoluent dans un environnement dangereux. Ils ont donc recours à un processus pour limiter les risques : un contrôle constant de la situation (Bayram & Bilim, 2012). Leur attention est ainsi pleinement engagée dans la tâche afin de ne pas rater un indice qui indiquerait un échec ou un danger chimique. Or certains opérateurs travaillent pendant de longues heures d'affilée en BAG, et l'attention



Analyse de l'activité de chimiste en laboratoire du futur

humaine n'est pas faite pour supporter un engagement complet de ressources si longtemps (Barthe et al., 2004; Bayram & Bilim, 2012). Cette attention qui est surutilisée par les opérateurs chimistes peut mener à de nombreuses erreurs qui peuvent à leur tour modifier les résultats de la manipulation et augmenter les risques de la situation (Hellier et al., 2001). De plus, les tâches qu'ils réalisent sont parfois très répétitives et peuvent amener des risques de TMS (Mork & Choi, 2015).

Les laboratoires en recherche chimique possèdent une grande variabilité de tâches, de process, de matériels et de produits utilisés qui peuvent de plus être amenés à être rapidement modifiés (Triolet et al., 2002). Les opérateurs doivent donc constamment s'adapter à leur milieu de travail et aux changements au sein même de leurs tâches quotidiennes. Cependant, certaines de ces variations ne sont pas adaptées à l'espace de travail et peuvent impacter les performances, la santé et la sécurité des opérateurs (Garden, 1962; Guérin et al., 1997, 2021; Triolet et al., 2002).

Le peu d'études disponibles sur les opérateurs en chimie R&D se concentrent sur les opérateurs en BAG et dans l'univers du nucléaire. Ces études utilisent en majorité l'observation de poste et des mesures de risques TMS, mais nous avons peu d'information sur les opérateurs eux-mêmes car peu d'entretiens sont réalisés avec cette population.

Questions de recherche

Au vu du manque d'analyse de l'activité des opérateurs en chimie R&D que nous avons identifié, et compte tenu du projet de recherche dans lequel cette analyse est menée, nous cherchons à répondre à trois questions de recherche pour mieux comprendre l'activité :

- *Comment un cobot pourrait aider dans leur tâche les opérateurs en chimie ? C'est-à-dire comment l'introduction d'un cobot pourrait diminuer les risques liés à la santé et à la sécurité au travail des opérateurs et contribuer au maintien ou à l'amélioration de la performance du travail ?*
- *Quel sens les opérateurs de chimie R&D accordent à leur travail que l'introduction technologique pourrait venir perturber ? Qu'aiment-ils faire ? Que n'aiment-ils pas faire ? En d'autres termes, que devons-nous veiller à préserver dans la situation actuelle et que devons-nous transformer ?*
- *Quels sont les effets auto-rapportés du travail sur les opérateurs en chimie ?*

MÉTHODE

Analyse de l'activité

Nous avons mis en place une démarche ergonomique de conception. Elle s'articule autour d'une analyse de

la situation de travail, de la construction sociale de l'intervention avec une participation active de tous les acteurs de l'organisation et de simulations du travail futur. Elle se divise en trois phases : 1) **Analyser** : identifier les caractéristiques de la situation de travail ; 2) **Simuler** : se projeter dans la situation de travail future ; 3) **Accompagner** : veiller à l'acceptation des changements de situation (Barcellini, Van Belleghem et Daniellou, 2013). Cette démarche a pour but de contribuer au développement des activités du laboratoire du futur et de favoriser des solutions optimales dans le cadre de l'intégration du cobot.

Cette contribution présente le **pré-diagnostic** de la situation de travail : l'analyse des situations de travail (par observation de poste) et les entretiens avec les opérateurs.

Les observations de poste

Les observations ont débuté par le recueil d'informations sur la situation de travail selon la méthode des **7M** : Management, Moyens financiers, Matière, Matériel, Méthode, Milieu et Main d'œuvre (Molinéro-Demilly et al., 2018). Ce recueil a été possible grâce à des échanges avec les opérateurs et avec les managers, à des observations du fonctionnement du LOF, et à l'étude de documents internes (Document Unique 2022, Règlement Intérieur, etc.). Une fois ces informations obtenues, les différents process de travail ont été dans un premier temps rédigés et mis en débat avec les opérateurs chimistes. Ils ont été corrigés et validés comme étant la représentation la plus proche du réel afin de pouvoir être mis dans un second temps en débat avec les managers.

Les 15 observations réalisées ont concerné 9 postes de travail, 11 opérateurs et ont duré au total environ 16 heures. Lors de ces observations, certains opérateurs verbalisaient leurs actions. Des films et photos ont été réalisés afin de mieux apprécier les postures et les gestes des opérateurs.

Les entretiens

35 opérateurs volontaires ont participé à des entretiens **semi-directifs** (Blanchet & Gotman, 1992), parmi lesquels 2 managers, le directeur, 2 responsables du Comité Social et Economique (CSE), la responsable Hygiène Sécurité Environnement (HSE), la responsable Ressources Humaines (RH) et 28 chimistes R&D. La moyenne d'ancienneté sur le poste est de 6 ans et demi. Pour les opérateurs, le guide d'entretien utilisé visait à obtenir des renseignements sur les points forts et faibles du LOF, sur les relations sociales, sur leurs tâches quotidiennes, sur le sens accordé au travail et sur l'effet du travail sur leur santé. Pour les autres (managers, responsable HSE, responsable RH, comité CSE et directeur), les thèmes abordés visaient à situer la personne dans le LOF, à comprendre l'organisation du travail, les difficultés du quotidien et les caractéristiques du LOF.

Ces entretiens se sont déroulés dans un bureau fermé et ont duré en moyenne 30 minutes. De par le



Analyse de l'activité de chimiste en laboratoire du futur

caractère confidentiel des travaux effectués au LOF, les entretiens n'ont pas été enregistrés. En revanche, une retranscription manuscrite partielle des verbatims pour chaque entretien a été réalisée. Par la suite, une **analyse thématique transversale** (Blanchet & Gotman, 1992) a été effectuée afin de classer les éléments du corpus obtenu. Les thèmes ainsi identifiés ont été comparés selon leur fréquence d'apparition (simplifiée en pourcentage d'évocation du terme sur la totalité des verbatims évoqués dans la réponse à une question) afin de répondre aux questions de recherche. Également, les opérateurs ont décrit précisément les tâches qu'ils réalisent dans leur travail quotidien ainsi que leur durée. Grâce à cela, un pourcentage du temps alloué à la tâche dans la journée a pu être calculé.

RÉSULTATS

Les observations de poste

Grâce à nos observations, nous avons pu créer un process global du métier de chimiste en R&D (voir figure 1). Ce process présente le déroulement d'un projet de recherche, les chimistes étant toujours en cours de projet.

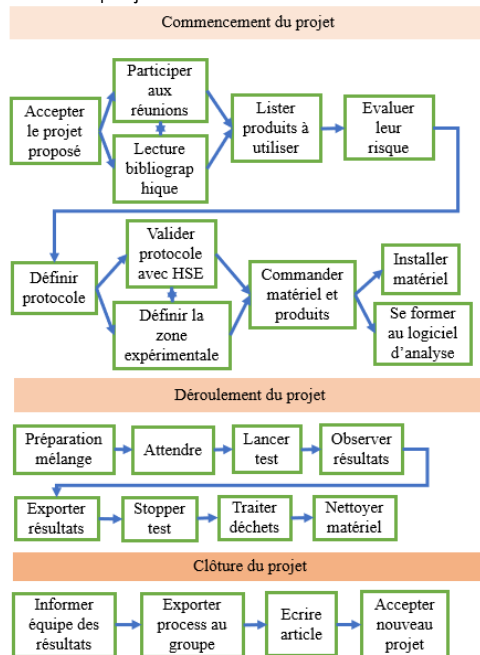


Figure 1. Process du travail d'un chimiste en R&D. Également, les observations ont permis d'obtenir de nombreux résultats intéressants au niveau des postes de travail. Premièrement, les **équipements** utilisés sont très contraignants. Les BAG forcent les opérateurs à rester debout et à adopter des postures inconfortables. En effet, les opérateurs de plus de 1m75 doivent écartier les jambes pour avoir les mains dans l'axe des trous à gants ; ils ont des difficultés à saisir des objets proches de la vitre et doivent maintenir la tête penchée vers l'avant pendant de longues minutes pour avoir une bonne visibilité. Également, les opérateurs d'1m70 ou moins doivent maintenir une flexion des épaules pour garder leurs bras dans l'axe

des trous à gants et ont de grosses difficultés à saisir les objets en hauteur, ce qui les pousse à se contorsionner. Cette contorsion provoque des gestes brusques qui font parfois chuter des objets alentour. Les BAG sont souvent encombrés car il est long et complexe d'en faire entrer et sortir des objets. De fait, les opérateurs préfèrent laisser le maximum d'objets utiles à l'intérieur afin de ne pas avoir à les sortir/entrer. Les observations ont aussi permis d'observer que les sorbonnes (des hottes protégées par une vitre sous laquelle les opérateurs glissent leurs bras pour accéder à l'intérieur) sont un équipement de travail également très contraignant. En effet, les opérateurs sont debout pendant de longues minutes et prennent des positions inconfortables pour saisir et déplacer des objets.

Les opérateurs ont aussi des difficultés à utiliser tous les équipements de protection individuelle (EPI) recommandés. Par exemple, la tâche de nettoyage de machine après manipulation requiert souvent d'être en contact avec un produit toxique et collant, ainsi qu'avec une tige en métal coupante. Dans ce contexte, idéalement, 4 gants différents devraient être portés par l'opérateur, les uns par-dessus les autres. Mais cela leur enlèverait toute leur force de pression et leur précision, ce qui rendrait leur tâche presque impossible à réaliser. Les opérateurs ne portent donc que deux gants, au risque de se mettre en danger.

De plus, un écart important entre la tâche prescrite et la tâche réelle a été détecté. En effet, il y a une **invisibilisation** de certaines tâches qui se regroupent en 3 types différents : le **nettoyage** (environ 30% du temps de la manipulation), les **déplacements** de produits / d'objets (environ 40% du temps) et **l'observation des résultats** en temps réel (environ 5%). La majeure partie de la manipulation expérimentale est donc invisibilisée pour ne garder que l'aspect « scientifique » de la manipulation en laissant de côté l'aspect technique et logistique.

Les entretiens

Nous avons demandé aux opérateurs de séquencer leurs tâches en pourcentage de temps passé pendant une journée. Ils étaient invités par la suite à s'exprimer sur leurs appréciations vis-à-vis des tâches. Ils déclarent passer 55% de leur temps de travail sur des tâches qu'ils apprécient particulièrement : la **manipulation expérimentale** est la tâche la plus appréciée par les opérateurs (50% des évocations chez les doctorants et les techniciens et 36% chez les cadres), la **gestion de projet** et les **échanges** entre chercheurs sont les deuxièmes tâches les plus appréciées. Elles concernent 13% des tâches évoquées par les doctorants, 30% par les techniciens et 50% par les cadres. Enfin, le **traitement** et la **présentation** des résultats sont les troisièmes tâches les plus appréciées par les opérateurs, avec 12% d'évocation chez les doctorants, 10% chez les techniciens et 7% chez les cadres.

Cependant, en moyenne, les opérateurs passent 28% de leur temps de travail sur des tâches qu'ils n'apprécient pas. Parmi ces tâches, le travail **administratif** et la **gestion HSE** sont les moins appréciées (40% d'évocation chez les doctorants, 46% chez les techniciens et 36% chez les cadres). Elles sont



Analyse de l'activité de chimiste en laboratoire du futur

perçues comme trop chronophages et stressantes. Ensuite, le **nettoyage** et la **préparation** de manipulation (calibrage des machines, formulation, etc.) sont les deuxièmes tâches les moins appréciées (40% d'évocation chez les doctorants, 27% chez les techniciens et 7% chez les cadres). Également, le **traitement** et le **rangement des données** sont les troisièmes tâches les moins appréciées (18% d'évocation chez les techniciens).

Les opérateurs donnent du sens aux tâches techniques, directement liées au cœur du métier de la chimie (Clot, 2015 ; Landry et al., à paraître). Ils accordent également de l'importance au partage avec leurs pairs, directement lié selon eux, au travail scientifique. En revanche, ils peinent à trouver du sens dans les tâches administratives, ainsi que dans les tâches de préparation et de nettoyage, qui pourraient être, selon eux, confiées à d'autres opérateurs ou facilitées.

Le travail dans un laboratoire du futur en chimie a de nombreux effets que nous ne pouvons lister dans cette contribution, nous identifierons les 4 effets les plus cités par les opérateurs dans l'ordre décroissant. Pour les effets positifs, qui maintiennent la mobilisation et la santé au travail, nous avons identifié la **sécurité financière**, la **socialisation**, la **fierté** due à un métier socialement valorisé et l'**épanouissement intellectuel**. Pour les effets négatifs sur la santé, nous avons identifié une **santé mentale** diminuée (stress, épuisement mental, etc.), une **charge mentale** croissante, une **fatigue** physique et visuelle, ainsi que de la **frustration** due au partage des équipements avec les autres collègues.

DISCUSSION

Les résultats obtenus ont permis de répondre aux questions de recherche.

- *Comment un cobot pourrait aider dans leur tâche les opérateurs en chimie ?*

Le cobot pourrait être intégré dans une BAG ou une sorbonne pour aider notamment aux phases de travail « invisibles » mais pourvoyeuses d'exposition pour la santé. Selon nos observations, ce sont les équipements les plus contraignants et les postes les plus à risques. Ce résultat est en accord avec la littérature, où les études se concentrent sur la mise en place d'une collaboration entre robot et humain sur ces situations de manipulation pour en limiter les risques (Ghosh et al., 2020; Tokatli et al., 2021). Dans cette situation précise, le cobot pourrait prendre en charge le nettoyage et le déplacement qui ne sont pas les activités cœur de métier des opérateurs, qui sont perçues comme chronophages et qui les mettent particulièrement en danger.

- *Quel sens les opérateurs de chimie R&D accordent à leur travail que l'introduction technologique pourrait venir perturber ?*

Les opérateurs interrogés trouvent du sens dans les manipulations expérimentales, les échanges entre chercheurs. Ceci est leur cœur de métier. Il convient donc de veiller à ce que le cobot n'interfère pas avec ces tâches (Karsenty, 2012).

Les opérateurs passent une partie non négligeable de leur temps, 28%, à effectuer des tâches qu'ils considèrent comme annexes. Parmi ces tâches, certaines comme l'administratif et la gestion HSE ne participent pas à donner du sens à leur travail selon eux. Un cobot pourrait difficilement apporter son aide sur toutes les tâches identifiées, il faudra alors rechercher des solutions organisationnelles.

Enfin, il semble important de noter une grande utilisation des ressources attentionnelles de l'opérateur pour effectuer un contrôle en temps réel de l'effet de la manipulation expérimentale. Ce contrôle permet de gérer la variabilité des tâches afin de préserver un niveau de sécurité adéquat. Il nous semblerait dangereux de déléguer ce contrôle, si intuitif pour l'humain, à un cobot.

- *Quels sont les effets du travail sur les opérateurs en chimie ?*

Le travail apporte aux opérateurs la sécurité financière, un espace de socialisation, une certaine fierté et un épanouissement intellectuel. Il convient d'avoir une vigilance particulière sur l'impact du cobot sur ces effets positifs. En revanche, ce même travail diminue leur santé mentale, provoque trop de charge mentale, de fatigue et de frustration. Bien que cela ne soit pas suffisant, le cobot pourrait aider à faire diminuer leur charge mentale directement liée à la tâche comme cela a été montré dans des expérimentations en laboratoire (Fournier et al., 2022).

Cette étude est innovante car elle étudie une population qui a fait l'objet de très peu d'études en psychologie du travail et ergonomie : les opérateurs en chimie de R&D. De plus, elle va plus loin que la documentation d'une implémentation de cobotique dans une situation de travail. Elle s'attache à comprendre les opérateurs dans leur travail quotidien en identifiant leurs difficultés et leurs besoins afin de prévoir les usages futurs possibles, le but étant d'anticiper afin de faire face à des situations qui auraient été imprévues sans analyse préalable. Ces résultats vont permettre de transformer la situation de travail en implémentant un cobot améliorant ainsi la performance et le bien-être des opérateurs.

Malgré son apport certain à la littérature scientifique, cette étude présente certaines limites. Les recherches réalisées au LOF étant confidentielles, nous n'avons pas pu enregistrer les entretiens ; il est possible qu'une analyse thématique sur un corpus complet aurait fait émerger d'autres thématiques.

CONCLUSION ET MISE EN PERSPECTIVE

Cette étude permet de mieux appréhender les besoins des opérateurs en chimie R&D et d'identifier les postes qui pourraient bénéficier d'une collaboration cobotique. Ancrée dans l'industrie 5.0, qui induit un modèle innovant de collaboration entre l'humain et la machine, cette étude montre l'importance de l'analyse de situations réelles avant d'implémenter une technologie innovante. On retrouve ici la capacité de l'ergonomie à anticiper le



Analyse de l'activité de chimiste en laboratoire du futur

travail futur afin de garantir la prise en compte des besoins des opérateurs et ainsi concevoir des technologies favorables à l'émancipation humaine.

BIBLIOGRAPHIE

- Barthe, B., Quéinnec, Y., & Verdier, F. (2004). L'analyse de l'activité de travail en postes de nuit : Bilan de 25 ans de recherches et perspectives. *Le travail humain*, 67(1), 41-61.
- Bayram, Z. & Bilim. (2012). A Review of Controlling The Laboratory Activity in Chemistry According to Chemist's Views. *Ankara*, 37(164).
- Blanchet, A., & Gotman, A. (1992). *L'enquête et ses méthodes : L'entretien*. Nathan.
- Bobillier-Chaumon, M.-E. (2013). *Conditions d'usage et facteurs d'acceptation des technologies de l'activité : Questions et perspectives pour la psychologie du travail* [Habilitation à Diriger des Recherches, Ecole doctorale Sciences de l'Homme, du Politique, et du Territoire]. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-01559686>
- Clot, Y. (2015). *Le travail à coeur. Pour en finir avec les risques psychosociaux*. La Découverte.
- Colin, L., & Courant, M. (2006). *Etude préliminaire pour le système de réalité augmentée 6e Sens*. Département d'informatique. Technical Report no.06-11, pp.19. Université de Fribourg.
- Fournier, É., Kilgus, D., Landry, A., Hmedan, B., Pellier, D., Fiorino, H., & Jeoffrion, C. (2022). The Impacts of Human-Cobot Collaboration on Perceived Cognitive Load and Usability during an Industrial Task: An Exploratory Experiment. *IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 10(2), 1-8. <https://doi.org/10.1080/24725838.2022.2072021>
- Garden, N. B. ed. (1962). *Report On Glove Boxes And Containment Enclosures (TID-16020)*. Ad Hoc Committee on Glove Boxes. <https://doi.org/10.2172/4791245>
- Ghosh, A., Paredes Soto, D. A., Veres, S. M., & Rossiter, A. (2020). Human Robot Interaction for Future Remote Manipulations in Industry 4.0. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 10223-10228. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2752>
- Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Durrafourg, J., & Kerguelen, A. (1997). *Comprendre le travail pour le transformer* (3ème édition). Réseau ANACT éditions.
- Guérin, F., Pueyo, V., Béguin, P., Garrigou, A., Hubault, F., Maline, J., & Morlet, T. (2021). *Concevoir le travail, le défi de l'ergonomie*. Éditions Octares.
- Hellier, E., Edworthy, J., & Lee, A. (2001). An Analysis of Human Error in the Analytical Measurement Task in Chemistry. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 5(4), 445-458. https://doi.org/10.1207/S15327566IJCE0504_5
- Karsenty, L. (2012). *Quand le changement affecte l'identité professionnelle et dégrade la confiance*. 47^{ème} congrès international de la Société d'Ergonomie de Langue Française.
- Landry, A., Cippelletti, E., & Azouaghe, S. (à paraître). L'introduction d'un robot collaboratif dans une chaîne de fabrication : Comment réduire les facteurs de risque de TMS tout en conservant le sens du travail ? *Archives des Maladies professionnelles*.
- McNair, T. (2006). *An ergonomic job analysis of a work process within a glovebox* [Thesis, New Jersey Institute of Technology]. <https://digitalcommons.njit.edu/theses/447>
- Molinéro-Demilly, V., Charki, A., Jeoffrion, C., Lyonnet, B., O'Brien, S., & Martin, L. (2018). An overview of Quality Management System implementation in a research laboratory. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 9(2). <https://doi.org/10.1051/ijmqe/2017025>
- Mork, M. A., & Choi, S. D. (2015). An ergonomic assessment of sample preparation job tasks in a chemical laboratory. *Journal of Chemical Health & Safety*, 22(4), 23-32. <https://doi.org/10.1016/j.jchas.2014.11.003>
- Sung, P.-C., Liu, Y.-P., & Chen, I.-L. (2020). Effects of Glovebox Glove Properties on Hand Strength. *Proceedings of the 2020 2nd International Conference on Management Science and Industrial Engineering*, 291-295. <https://doi.org/10.1145/3396743.3396749>
- Tokatli, O., Das, P., Nath, R., Pangione, L., Altobelli, A., Burroughes, G., Jonasson, E. T., Turner, M. F., & Skilton, R. (2021). Robot-Assisted Glovebox Teleoperation for Nuclear Industry. *Robotics*, 10(3), Art. 3. <https://doi.org/10.3390/robotics10030085>
- Triolet, J., Capois, J., Gautret de la Moricière, G., Lê Quang, X., Petit, J. M., Protois, J. C., & Rocher, M. (2002). La conception des laboratoires de chimie. *Hygiène et sécurité du travail*, 188(3).