

Acceptation des exosquelettes par les opérateurs : étude exploratoire

AUTEURS :

L. Wioland, I. Debay, J.J. Atain-Kouadio, département Homme au travail, INRS

EN RÉSUMÉ

L'introduction des exosquelettes, comme toute nouvelle technologie, constitue un changement au niveau de l'organisation et de l'activité des opérateurs. C'est dans ce cadre qu'est abordée la question spécifique de l'acceptabilité et de l'acceptation de ces dispositifs par les opérateurs. Pour cela, un questionnaire a été élaboré et administré à des utilisateurs, anciens utilisateurs et non-utilisateurs d'exosquelettes. En termes de santé et sécurité, les résultats préliminaires présentés permettent de recueillir des informations sur la qualité de l'interaction opérateur-exosquelette, d'identifier des points bloquants et/ou facilitateurs de l'usage de ces dispositifs et d'envisager certains facteurs de risques psychosociaux, physiques et accidentels chez les utilisateurs.

MOTS CLÉS

Exosquelette / Technologie avancée / Trouble musculo-squelettique / TMS / Pathologie articulaire

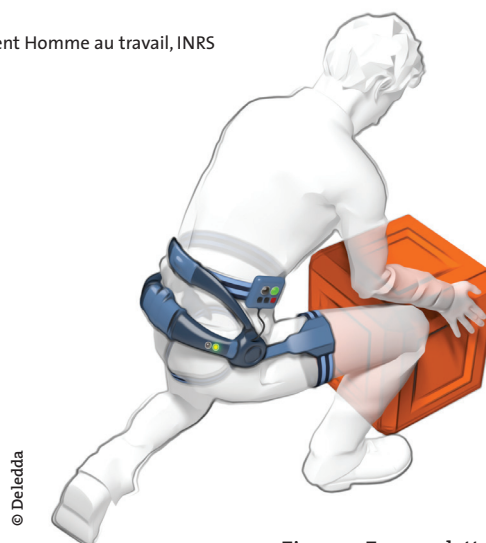


Figure 1. Exosquelette actif

CONTEXTE ET OBJECTIF

Les exosquelettes et autres dispositifs d'assistance physique, développés d'abord pour le secteur médical, émergent de plus en plus au sein des entreprises. Ils sont présentés comme des systèmes permettant de soulager les efforts et d'assister l'opérateur. Les exosquelettes sont définis comme des « structures externes, revêtues par l'opérateur, conçues pour apporter une assistance physique dans la réalisation d'une tâche », ils peuvent être énergisés (exosquelettes actifs) (figure 1) ou non énergisés (exosquelettes passifs) (figure 2) [1, 2]. Certains parlent de dispositif permettant d'améliorer les performances physiques [3]. Du point de vue de la prévention des risques professionnels, il est attendu que ces systèmes compensent

les efforts des opérateurs et ainsi limitent l'apparition de troubles musculosquelettiques (TMS), lesquels représentent depuis plus de 20 ans, la première cause de

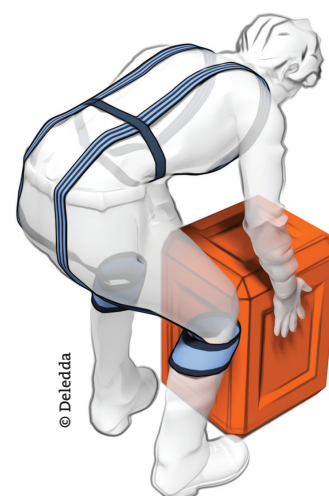


Figure 2. Exosquelette passif

Acceptation des exosquelettes par les opérateurs : étude exploratoire

maladies professionnelles reconnues en France et n'épargnent aucun secteur d'activité. Au-delà de la question de l'efficacité de ces systèmes dans le cadre de la prévention des TMS, sujet traité dans d'autres études par des disciplines telles que la physiologie et la biomécanique, la question du déploiement d'une nouvelle technologie dans une organisation est posée ici. En effet, l'introduction d'une nouvelle technologie, quelle qu'elle soit, constitue un changement important au niveau de l'organisation, des tâches, de l'activité des opérateurs ou encore de leurs modes opératoires. Une nouvelle technologie, même si elle paraît simple, peut être rejetée par les utilisateurs, alors qu'une autre plus complexe peut être acceptée, ou encore adoptée dans un premier temps pour être finalement rejetée. Les raisons sous-jacentes à ces différentes situations renvoient à des questions regroupées sous la terminologie d'acceptabilité/

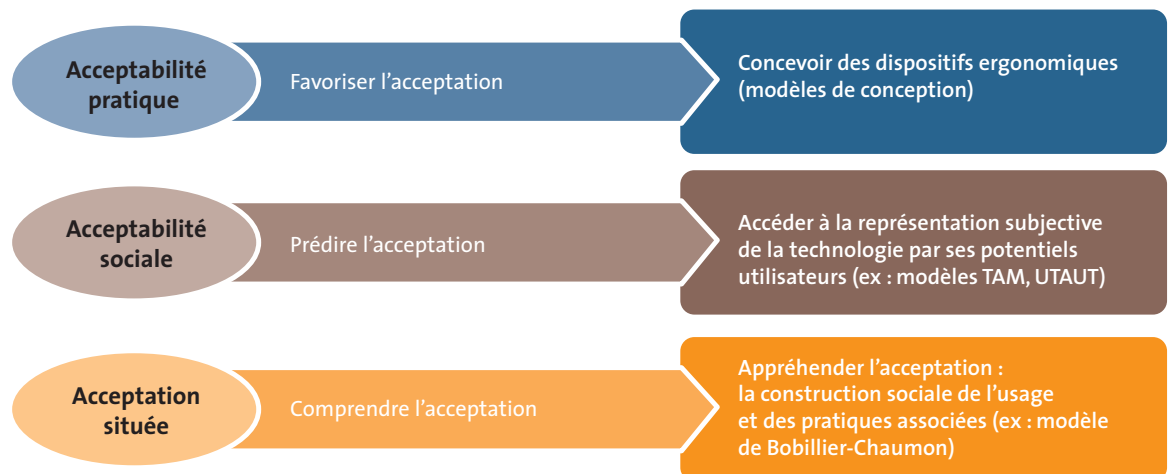
d'acceptation. Le concept d'acceptabilité concerne les intentions des utilisateurs à utiliser ou non la nouvelle technologie, alors que l'acceptation désigne son usage effectif. Ces deux concepts ont été essentiellement étudiés en situation d'introduction des technologies de l'information et de la communication. Actuellement, ils deviennent incontournables compte tenu de l'évolution continue, et particulièrement rapide, de l'environnement technologique dans de très nombreux secteurs d'activités. L'INRS mène une étude dont l'objectif est d'aborder cette question d'acceptabilité/acceptation appliquée aux utilisateurs des exosquelettes, afin d'identifier des points bloquants et/ou facilitateurs, de renseigner sur la qualité de l'interaction opérateur-exosquelette et ainsi, sur les effets de ces dispositifs en termes de santé et sécurité. Cet article fait le point sur les résultats préliminaires de cette étude.

RAPPELS THÉORIQUES

Bobillier-Chaumon [4, 5] propose une synthèse des approches théoriques sur la notion de l'acceptabilité/l'acceptation (figure 3). Trois orientations théoriques sont mobilisées.

La première orientation concerne les modèles qui cherchent à mieux concevoir les technologies pour les rendre plus utilisables et compatibles avec les besoins et l'activité des utilisateurs de façon à favoriser leur acceptation. Ce sont les modèles de conception ergonomique qui s'orientent vers une acceptabilité qualifiée de pratique ou d'opérateur.

La deuxième orientation concerne les modèles sociocognitifs qui cherchent à prédire les intentions d'usage de ces technologies : ce sont les modèles de l'acceptabilité sociale. Le futur utilisateur est



TAM : Technology Acceptance Model [6]
 UTAUT : Unified Theory of Acceptance and Use of Technology [7, 8]

Figure 3. Synthèse des approches théoriques sur acceptabilité/acceptation

invité à établir une évaluation de la technologie par anticipation. Le postulat sous-jacent pose l'individu comme étant capable de se représenter et comparer par anticipation des coûts-bénéfices sur un certain nombre de dimensions liées ou induites par la technologie. Les probabilités d'appropriation d'une technologie sont évaluées, pour limiter les risques de rejets et exprimer ainsi un degré potentiel d'acceptation. Il existe plusieurs modèles ; l'objectif n'est pas de tous les recenser mais de présenter succinctement les plus utilisés. L'approche sociocognitive met en avant, comme déterminant du processus d'acceptabilité sociale, les caractéristiques organisationnelles, technologiques (ergonomie fonctionnelle, utilité, utilisabilité) et socio-biographiques (âge, ancienneté, niveau de formation) des utilisateurs potentiels. Des théories complètent ces déterminants en y ajoutant une forte composante liée aux normes sociales. Le modèle le plus connu est le *Technology Acceptance Model* (TAM) de Davis [6]. Ce dernier postule que le comportement d'usage est précédé par une intention qui dépend de deux facteurs, « le facteur attitudinal personnel » et « le facteur normatif social ». Le premier est corrélé à la valeur et aux conséquences perçues que la personne attribue à son comportement ou à la technologie et le second correspond aux croyances normatives et au jugement des autres. Davis intègre à son modèle deux notions : « l'utilité perçue » (degré selon lequel une personne pense que l'utilisation d'un système améliore sa performance au travail) et la « facilité d'utilisation perçue » (degré selon lequel une personne pense que l'utilisation

du système ne nécessite pas d'effort). Venkatesh [7, 8] fusionne plusieurs modèles, dont le TAM, ce qui l'amène à proposer le modèle *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology* (UTAUT) qu'il valide empiriquement à de nombreuses reprises. Ainsi, il y reprend les trois dimensions que sont les attentes en termes de performance (l'utilité perçue), celles en termes d'effort (facilité d'utilisation), l'influence sociale définie comme le degré selon lequel l'opérateur perçoit la volonté des autres à ce qu'il utilise ou non le système. Le modèle ajoute une dimension relative aux « conditions facilitatrices » qui fait référence au degré selon lequel un opérateur croit qu'une infrastructure organisationnelle et technique existe pour soutenir l'utilisation du système. L'acceptabilité ne peut pas s'envisager uniquement sous l'angle pratique et social mais doit aussi intégrer les affects. Dans ce cadre, le TAM, par exemple, a été complété par différents auteurs avec les notions de plaisir et d'attrait qui rejoignent la notion de satisfaction [9], avec une dimension hédonique [10] (esthétique, symbolique, motivationnelle) et une dimension affective (réactions émotionnelles des utilisateurs) [11].

La dernière orientation concerne l'acceptation située, c'est-à-dire l'usage effectif de la technologie et le vécu des opérateurs qui l'expérimentent concrètement. Cette approche permet d'évaluer ses avantages et inconvénients en situation de travail. Le principe repose sur le fait que les transformations de l'activité initiale induites par la technologie auront des incidences sur l'acceptation de la technologie par les utilisateurs,

certaines facteurs ne se dévoilant qu'à l'usage. Suite à de nombreuses études sur cette question, Bobillier-Chaumon [4, 5] définit quatre dimensions déterminantes de l'acceptation située :

- la dimension individuelle (activités propres à l'opérateur). Il est fait référence au coût de l'utilisation de la nouvelle technologie sur la charge cognitive (intensification ou allègement de l'activité, sur ou sous-charge mentale, efficacité...) et sur la charge émotionnelle (anxiété, satisfaction...);
- la dimension organisationnelle (rapport entre les opérateurs et l'organisation). Il s'agit de comprendre les impacts de l'introduction de la technologie sur différents facteurs tels que la prescription de l'activité, les marges de manœuvre, les règles formelles et informelles...;
- la dimension relationnelle (les collectifs de travail). La question est d'identifier comment la technologie affecte les activités collectives et collaboratives dans le travail (équilibres sociaux ; réseaux formels ou informels, sentiment d'appartenance à un groupe...);
- la dimension professionnelle et identitaire. Elle concerne les conséquences de l'usage de la technologie sur la construction et la reconnaissance identitaire (évolution du sens du travail, action limitée ou non par la technologie, évolution de la qualification professionnelle et des compétences...). En effet, une nouvelle technologie pourrait entraîner une modification du sens du travail et faire évoluer de façon positive ou négative la façon dont un opérateur construit ses compétences, son expertise et se représente son travail. Une phase en amont de l'acceptation située est la phase d'inté-

Acceptation des exosquelettes par les opérateurs : étude exploratoire

gration du système c'est-à-dire la manière dont le dispositif s'insère dans l'organisation, la situation de travail et dans l'activité de l'utilisateur. Ensuite, les utilisateurs s'approprient la technologie, c'est-à-dire s'adaptent aux caractéristiques de cette dernière, apprennent à l'utiliser pour être capables d'en exploiter les potentiels. Cette appropriation relève donc de processus cognitifs d'apprentissage. L'appropriation comprend 4 composantes : appropriation symbolique (sens que les utilisateurs donnent au dispositif, constitué par les valeurs fonction-

nelles, subjectives que l'outil peut prendre au sein de l'activité), appropriation stratégique (l'acceptation serait liée à la possibilité des acteurs à l'utiliser pour servir leurs intérêts), appropriation subjective (l'outil se construit et se reconstruit dans l'activité selon les circonstances de la situation et les ressources de l'utilisateur selon un processus d'adaptation réciproque) et appropriation instrumentale (l'outil est maîtrisé voire développé par les utilisateurs). Les composantes « subjective » et « instrumentale » de l'appropriation conduisent à considérer que

cette phase se déroule, pour partie, en parallèle voire se confond avec celle de l'acceptation située.

Ces éléments théoriques mettent en évidence que le processus d'acceptabilité/d'acceptation d'une nouvelle technologie s'inscrit dans un continuum progressif et complexe qui peut être appréhendé par des approches et des dimensions plurielles [12]. Ils montrent également que ce processus est dynamique, en ce sens que l'utilisation de la technologie en situation de travail modifie la relation de l'utilisateur à cette dernière. La relation « humain-technologie » fonctionne en boucle ou en interactions itératives. Ceci peut donc amener, à différents moments du processus, des modifications de l'acceptabilité/l'acceptation.

Il n'a pas été retrouvé, du point de vue de la santé et sécurité, de résultat d'étude sur les notions d'acceptabilité/d'acceptation en lien avec les risques professionnels (maladies et accidents) dans le cas des exosquelettes. De même, il apparaît que dans les modèles théoriques, la question de la santé et sécurité n'est pas présente explicitement sous cette terminologie. Néanmoins des facteurs de risques physiques ou psychosociaux sont identifiables, notamment à travers les dimensions proposées par Bobillier-Chaumon [4, 5] (dimension organisationnelle et individuelle par exemple) et celles issues du modèle UTAUT (telles que la dimension « estimation des efforts »). Compte tenu des attentes relatives aux exosquelettes en termes de soulagement des efforts physiques, le ressenti des utilisateurs sur ces aspects est intégré dans la réflexion (par exemple en termes de fatigue,



Figure 4. Les dimensions du questionnaire

efforts physiques, gênes et douleurs). De même, du point de vue de la sécurité sont intégrées les questions liées aux modifications des conditions de travail.

ÉTUDE DE L'ACCEPTABILITÉ ET L'ACCEPTATION DES EXOSQUELETTES

MÉTHODE

Dans cette étude, la question de l'acceptabilité/l'acceptation des exosquelettes a été abordée au moyen d'un questionnaire élaboré spécifiquement à cet effet. Ce dernier intègre les dimensions du modèle UTAUT, celles relatives à l'acceptation décrite par Bobillier-Chaumon [4, 5] et celles relatives aux questions de confiance et de plaisir à travailler avec ce type de technologie. Des items relatifs à la santé et sécurité (conditions de travail, efforts physiques, fatigue) ou encore aux contraintes ont été intégrés dans le questionnaire dans la dimension « attentes de performance ».

Ainsi, le questionnaire est construit autour de six dimensions (figure 4) :

- les conditions facilitantes,
- la facilité d'utilisation ou attentes en termes d'effort,
- les attentes de performance (ou utilité perçue), divisées en deux parties : performance du point de vue de la production et du point de vue de la santé et sécurité,
- l'influence sociale,
- les aspects professionnels et identitaires,
- les affects.

Afin de compléter et d'améliorer le questionnaire avec des éléments spécifiques aux exosquelettes, un processus itératif d'échanges et de validations a été mis en place

entre les concepteurs du questionnaire, des experts du domaine et de la technologie et des utilisateurs d'exosquelettes (entretiens auprès de 5 utilisateurs d'une même entreprise).

Conformément aux différents modèles présentés, les modalités de réponses suivent une échelle de Likert s'échelonnant en 5 niveaux, de « pas du tout d'accord » à « tout à fait d'accord ».

Pour le recueil des données, six entreprises de secteurs d'activités différents (logistique, agro-alimentaire et industrie automobile) ont participé à cette étude préliminaire. Une entreprise a été sollicitée pour la phase amont d'élaboration du questionnaire, cinq autres l'ont été pour le recueil des données. Au total, 39 opérateurs ont répondu au questionnaire, 31 hommes et 8 femmes d'un âge moyen de 36 ans (âge minimum 20 ans et maximum 56 ans). Onze d'entre eux utilisaient un exosquelette au moment de l'étude (utilisateurs), 5 n'en avaient jamais utilisé (non-utilisateurs) et 23 n'en utilisaient plus pour diverses raisons (test en entreprise terminé, rejet de la technologie...) (anciens utilisateurs). La durée de passation du questionnaire était comprise entre 15 et 20 minutes.

Les exosquelettes utilisés par ces entreprises sont passifs (non énergisés) et dédiés à une assistance au niveau du dos.

RÉSULTATS

La première partie des résultats concerne les utilisateurs et les anciens utilisateurs qui ont été répartis selon qu'ils acceptent ou rejettent le dispositif (information accessible grâce à un item du questionnaire). Au final, un groupe de 14 opérateurs acceptant d'uti-

liser un exosquelette (noté dans le texte « Favo » pour le groupe « favorables ») et un groupe de 20 opérateurs rejetant le système (noté dans le texte « DéFavo » pour le groupe intitulé « défavorables ») ont été constitués pour l'analyse des résultats. Cette partie permet d'alimenter les réflexions autour des questions de l'appropriation et de l'acceptation située.

Dans la seconde partie, sont présentés les résultats relatifs aux non-utilisateurs composés d'un opérateur « Favo », d'un « DéFavo » et de trois opérateurs mitigés. L'analyse de leurs résultats fournit des éléments sur la question de l'acceptabilité sociale.

UTILISATEURS ET ANCIENS

UTILISATEURS

Conditions facilitantes

Les réponses au questionnaire montrent que la majorité des opérateurs utilisateurs et anciens utilisateurs a eu connaissance du projet avant son déploiement (64 % des « Favo » et 70 % des « DéFavo »). Une majorité des opérateurs « Favo » (79 %) et un peu plus de la moitié des « DéFavo » (55 %) ont participé à une réunion d'information préalable (55 % des « Favo » et 45 % des « DéFavo ») et à une formation au dispositif (79 % des « Favo » et 55 % des « DéFavo »).

Cette dimension comprend également la représentation que se font les opérateurs du soutien qu'ils pourraient avoir de l'organisation, encadrants et collègues, en cas de difficultés. Lorsque la question concerne l'encadrement, les opérateurs sont « plutôt d'accord » (50 % des « Favo », et 65 % des « DéFavo ») voire « tout à fait d'accord » (43 % des « Favo » et 25 % des « DéFavo ») avec le fait qu'ils pensent trouver le soutien nécessaire en cas

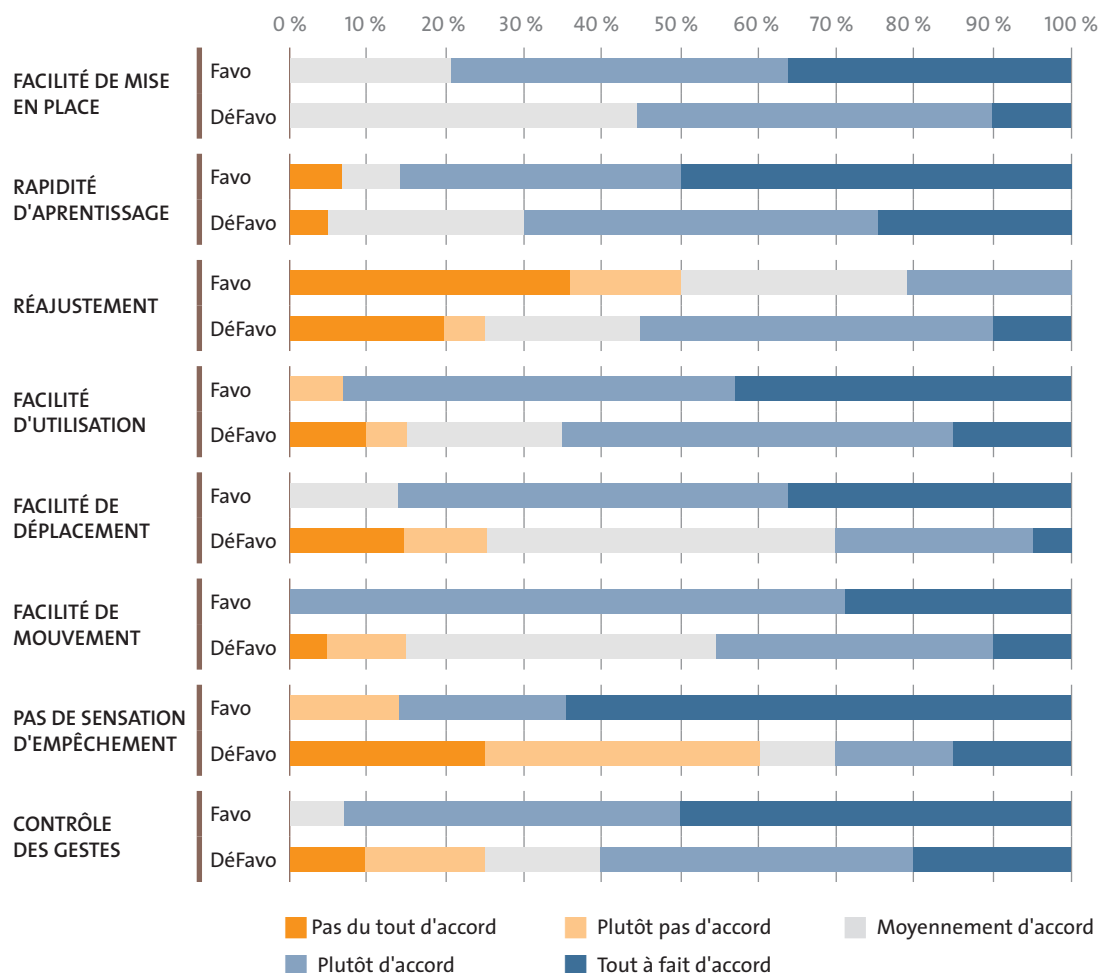
Acceptation des exosquelettes par les opérateurs : étude exploratoire

de difficultés. Lorsqu'il s'agit des collègues les résultats sont plutôt mitigés : les opérateurs sont « plutôt d'accord » (43 % des « Favos » et 15 % des « DéFavos ») ou « tout à fait d'accord » (21 % des « Favos » et 20 % des « DéFavos ») avec le fait qu'ils bénéficieraient du soutien de leurs collègues et à l'inverse, 21 % des « Favos » et 35 % des « DéFavos » ne sont « pas du tout d'accord » avec cette affirmation.

Facilité d'utilisation (graphique 1)
Concernant la « facilité de mise en place » de l'exosquelette, les opéra-

teurs « Favos » répondent globalement positivement puisqu'ils sont « plutôt d'accord » à 43 % et « tout à fait d'accord » à 36 %. Les opérateurs « DéFavos » émettent un avis sensiblement plus négatif ; ils ne sont « tout à fait d'accord » qu'à 10 %, « plutôt d'accord » à 45 % et « moyennement d'accord » à 45 %. Les « Favos » expriment, dans une large majorité, qu'apprendre à utiliser l'exosquelette est rapide, (7 % « moyennement d'accord », 36 % « plutôt d'accord » et 50 % « tout à fait d'accord »). Les « DéFavos » expriment le même point de vue

de façon sensiblement moins prononcée (25 % « moyennement d'accord », 45 % « plutôt d'accord » et 25 % « tout à fait d'accord »). Au cours de leur activité, 60 % des opérateurs interrogés déclarent utiliser l'exosquelette en continu durant leur temps de travail. La moitié des opérateurs « DéFavos » exprime la nécessité de réajuster l'exosquelette durant leur activité (20 % « moyennement d'accord », 45 % de « plutôt d'accord » et 10 % « tout à fait d'accord ») alors que l'inverse est exprimé chez les opérateurs « Favos » (36 % « pas du tout d'accord »,



Graphique 1. Dimension « facilité d'utilisation » selon le groupe d'opérateurs

14 % « plutôt pas d'accord », 29 % « moyennement d'accord »).

Concernant l'utilisation de l'exosquelette au cours de l'activité, les opérateurs « Favo » ont un avis globalement positif. En effet, ils sont « plutôt d'accord » et « tout à fait d'accord » respectivement à 50 % et 43 % sur la facilité d'utilisation du dispositif, 50 % et 36 % sur la facilité de se déplacer et 71 % et 29 % sur la possibilité de faire des mouvements avec l'exosquelette. Ils sont également globalement positifs concernant l'absence de sensation d'empêchement (« plutôt d'accord » pour 21 % et « tout à fait d'accord » pour 61 %) et la possibilité de contrôler leurs gestes (« plutôt d'accord » pour 43 % et « tout à fait d'accord » pour 50 %).

Du point de vue des opérateurs « DéFavo », les avis sont globalement positifs en ce qui concerne la facilité d'utilisation (50 % sont « plutôt d'accord » et 20 % « moyennement d'accord ») et la possibilité de contrôler les gestes avec l'exosquelette (40 % « plutôt d'accord » et 15 % « moyennement d'accord »).

Pour les items « facilité de mouvement » et « facilité de déplacement », les résultats montrent une augmentation des « moyennement d'accord » au détriment des « plutôt d'accord » par rapport aux « Favo ».

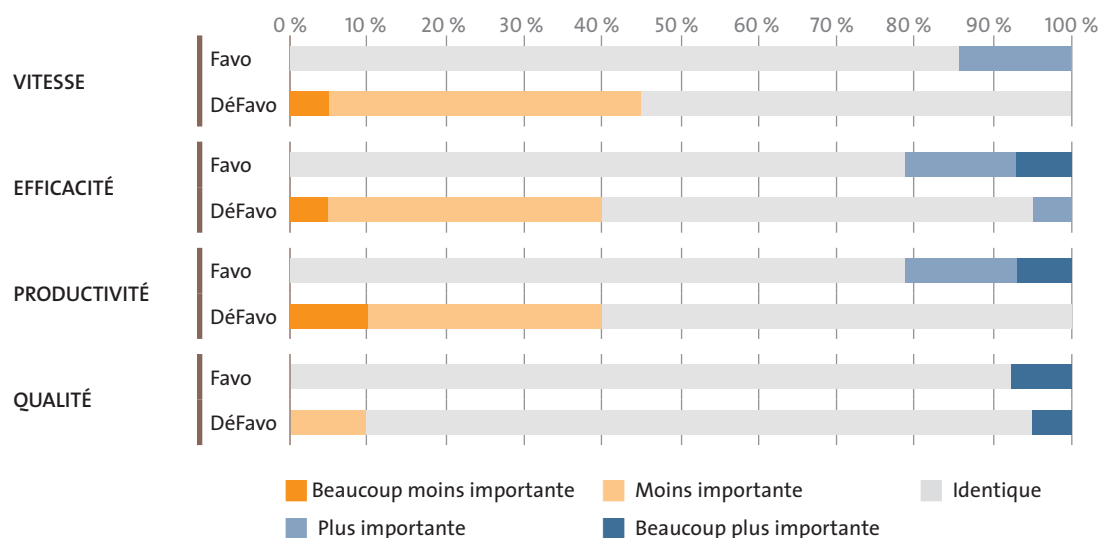
Concernant l'item relatif à l'absence de sensation d'empêchement, les avis sont partagés. Ils se situent cependant majoritairement entre « plutôt pas d'accord » (35 %) et « pas du tout d'accord » (25 %) même si on constate qu'entre 10 et 15 % se positionnent sur chacun des trois autres niveaux (moyennement, plutôt et tout à fait d'accord). Une différence entre le groupe « Favo » et « DéFavo » est notée pour cet item.

Attentes de performance

Les avis des opérateurs concernant la performance avec le dispositif s'analysent au travers de 4 critères : la vitesse d'exécution de la tâche, sa qualité, l'efficacité dans la tâche et plus globalement la productivité. Les résultats montrent que plus de la moitié des opérateurs « Favo »

et « DéFavo » pense que leur performance est « identique » avec ou sans exosquelette (graphique 2). Néanmoins, en regardant les résultats par critère, les « Favo » sont plus nombreux que les « DéFavo » à faire ce constat au niveau de la vitesse (86 % versus 55 %), de l'efficacité (79 % vs 55 %) et productivité (79 % vs 60 %). Du côté des « DéFavo », c'est la qualité qui est la plus souvent perçue comme « identique » (85 %). La productivité, l'efficacité et la vitesse font l'objet du même constat par un peu plus de la moitié d'entre eux.

En revanche, des différences apparaissent entre les deux groupes concernant les réponses extrêmes sur l'échelle proposée. Entre 30 et 40 % des opérateurs « DéFavo » émettent des avis négatifs et pensent que leur performance avec exosquelette est « moins importante » que sans exosquelette du point de vue de l'efficacité (35 %), de la productivité (30 %) et de la vitesse (40 %). Aucun des « DéFavo » ne pense que la productivité et la vitesse sont « plus importantes »



Graphique 2. Dimension « attentes de performance » selon le groupe d'opérateurs

Acceptation des exosquelettes par les opérateurs : étude exploratoire

avec un exosquelette. À l'inverse, 14 % des « Favo » pensent que leur performance est « plus importante » (productivité, vitesse et efficacité) et 7 % qu'elle est « beaucoup plus importante » (productivité, qualité et efficacité) lorsqu'ils utilisent l'exosquelette. Aucun d'entre eux ne considère que l'efficacité, la productivité, la qualité et la vitesse sont « moins importantes » avec un exosquelette.

À la question de savoir si les opérateurs se sentent en sécurité lorsqu'ils utilisent l'exosquelette, les « Favo » sont majoritairement « plutôt d'accord » (71 %), voire « tout à fait d'accord » (21 %). Les avis des opérateurs « DéFavo » sont moins positifs puisque 40 % sont « moyennement d'accord » et 40 % « plutôt d'accord ». Aucun des opérateurs de ces deux groupes ne dit se sentir en insécurité.

Au cours de leur activité, quand ils sont équipés d'un exosquelette, la

majorité des opérateurs « Favo » perçoivent leurs efforts physiques comme « moins importants » (64 %) que lorsqu'ils ne l'utilisent pas, d'autres les perçoivent comme « identiques » (21 %). Les opérateurs « DéFavo » expriment un point de vue un peu différent (« moins importants » pour 45 % et « identiques » pour 30 %). Il est à noter que pour 20 % des opérateurs « DéFavo », les efforts physiques sont perçus comme « plus importants ». La moitié des opérateurs « Favo » et 35 % des « DéFavo » perçoivent leur fatigue comme « identique » avec ou sans exosquelette. Certains opérateurs disent cependant être « moins fatigués » (36 % des « Favo » et 40 % des « DéFavo »), voire « beaucoup moins fatigués » (14 % des « Favo » et aucun des « DéFavo »). Si seuls des opérateurs « Favo » mentionnent être « beaucoup moins fatigués », on peut souligner par opposition que les

opérateurs qui signalent être « plus fatigués » (20 %), voire « beaucoup plus fatigués » avec l'exosquelette (5 %) sont uniquement des opérateurs « DéFavo ».

Si la majorité des opérateurs « Favo » se prononce clairement en faveur d'une amélioration des conditions de travail avec l'exosquelette (43 % sont « tout à fait d'accord » et 50 % « plutôt d'accord », soit 93 % au total), les opérateurs « DéFavo » expriment des résultats plus nuancés. La répartition de leurs réponses sur cet item montre que 5 % sont « tout à fait d'accord », 55 % « plutôt d'accord », 10 % « moyennement d'accord », 15 % « plutôt pas d'accord » et 15 % « pas du tout d'accord ».

En termes de gênes et douleurs, une minorité des opérateurs, qu'ils soient « Favo » ou « DéFavo », signale ne pas ressentir de changement avec le port de l'exosquelette sur la zone assistée par ce dernier

↓ **Tableau I**

➤ ÉVOLUTION DE LA PERCEPTION DES GÊNES ET DOULEURS CHEZ LES OPÉRATEURS FAVORABLES OU DÉFAVORABLES AU PORT D'EXOSQUELETTE SELON LES PARTIES DU CORPS, PAR RAPPORT AU NON PORT D'EXOSQUELETTE

LOCALISATION		Sans changement	Diminution/disparition	Apparition/aggravation	Total
Rachis cervical	Opérateurs favorables	13	0	1	14
	Opérateurs défavorables	18	1	1	20
Épaules	Opérateurs favorables	12	2	0	14
	Opérateurs défavorables	14	3	3	20
Membres supérieurs	Opérateurs favorables	10	4	0	14
	Opérateurs défavorables	17	3	0	20
Dos*	Opérateurs favorables	4	10	0	14
	Opérateurs défavorables	7	11	2	20
Membres inférieurs sauf genoux	Opérateurs favorables	10	4	0	14
	Opérateurs défavorables	13	2	5	20
Genoux	Opérateurs favorables	12	1	1	14
	Opérateurs défavorables	12	3	5	20

* Pour mémoire les exosquelettes utilisés sont passifs et dédiés à une assistance au niveau du dos

(en l'occurrence le dos). Concernant certaines parties du corps non assistées, la majorité des opérateurs formule que l'exosquelette n'a pas d'impact (tableau I).

En termes d'améliorations perçues, 10 opérateurs « Favo » sur 14 (soit 71 %) et 11 opérateurs « DéFavo » sur 20 (soit 55 %) expriment que les douleurs et/ou gênes au niveau du dos sont moindres avec l'exosquelette. Pour les autres parties du corps, quelques opérateurs soulignent aussi une amélioration (par exemple au niveau des bras et jambes) (tableau I).

En revanche, d'autres opérateurs, majoritairement des « DéFavo », signalent l'apparition de nouvelles gênes ou douleurs au niveau du dos mais aussi et surtout au niveau des parties du corps non assistées, notamment au niveau des épaules, genoux et jambes (tableau I).

Les deux groupes d'opérateurs estiment que leur niveau de concen-

tration au cours de leur activité est généralement « identique » avec ou sans exosquelette (71 % des « Favo » et 80 % des « DéFavo »).

En revanche, en regardant du côté des réponses extrêmes sur l'échelle, 15% des opérateurs des deux groupes estiment que ce niveau est « plus important » et environ 6% qu'il est « moins important ».

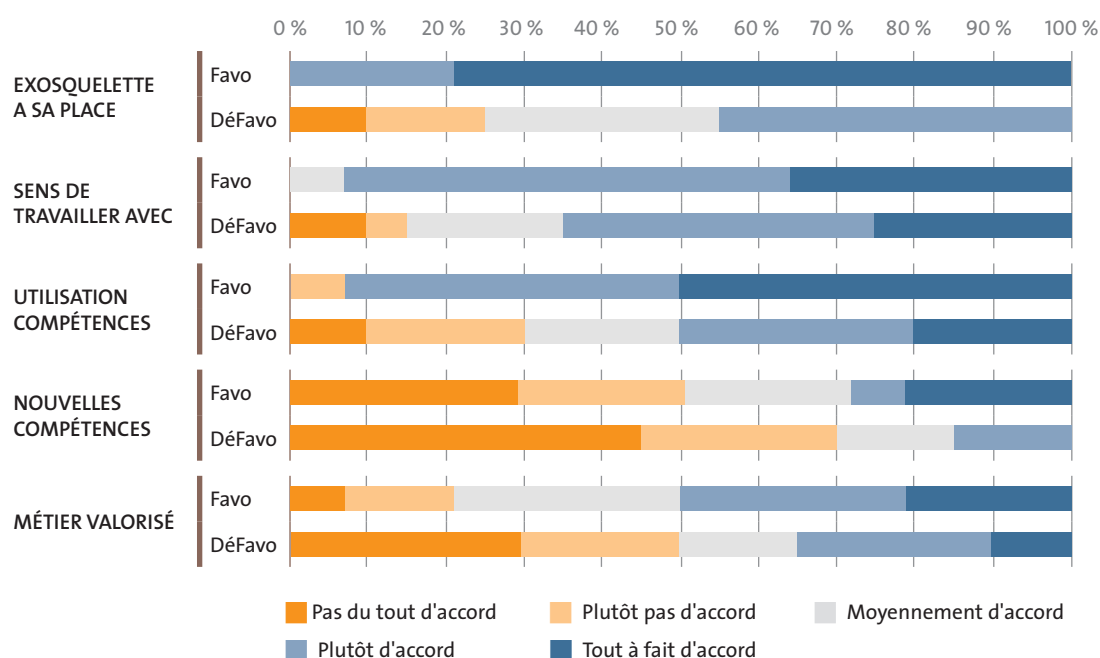
Dimension sociale

Le questionnaire aborde la manière dont les opérateurs perçoivent le point de vue de leur hiérarchie et collègues sur le fait qu'ils utilisent un exosquelette. La hiérarchie est perçue comme étant globalement favorable. En effet, les « Favo » sont « plutôt d'accord » (43 %) et « tout à fait d'accord » (43 %) et les « DéFavo » s'expriment comme « plutôt d'accord » (40 %) et « tout à fait d'accord » (25 %). En revanche, cette tendance s'inverse lorsqu'il s'agit des collègues. Si 21 % des opé-

rateurs « Favo » sont « plutôt d'accord » avec le fait que les collègues sont favorables, 57 % d'entre eux sont « moyennement d'accord » et 7 % « plutôt pas d'accord ». Pour les « DéFavo », l'inversion de tendance évoquée est encore plus marquée puisque 40 % sont « moyennement d'accord », 25 % « plutôt pas d'accord » et 25 % « pas du tout d'accord » avec le fait que leurs collègues soient favorables à l'utilisation du dispositif.

Dimension sur l'identité professionnelle (graphique 3)

Le point de vue des opérateurs est globalement positif concernant une majorité des items relatifs à la dimension identité professionnelle, avec néanmoins une position un peu moins marquée chez les « DéFavo ». Ainsi, ils sont « tout à fait d'accord » avec l'idée que l'exosquelette a sa place dans leur activité (79 % pour les « Favo » et 45 % pour



Graphique 3. Dimensions « identité professionnelle » selon le groupe d'opérateurs

Acceptation des exosquelettes par les opérateurs : étude exploratoire

les « DéFavo »). Chez les « Favo », 57 % sont « plutôt d'accord » et 36 % « tout à fait d'accord » avec le fait que travailler avec l'exosquelette a du sens et les « DéFavo » sont 40 % « plutôt d'accord » et 25 % « tout à fait d'accord ». Au niveau de l'item concernant la mise en œuvre de toutes leurs compétences lors de l'utilisation de l'exosquelette, si les « Favo » sont positifs (43 % « plutôt d'accord » et 50 % « tout à fait d'accord »), les « DéFavo » sont plus partagés puisque la répartition des avis se fait de façon presque homogène sur l'ensemble des 5 niveaux. La majorité des opérateurs tend à exprimer son désaccord sur l'item relatif au développement de nouvelles compétences dans le cas de l'utilisation d'un exosquelette puisqu'ils ne sont « pas du tout d'accord » à 29 % pour les « Favo » et 45 % pour les « DéFavo », « plutôt pas d'accord » pour environ 25 % des « Favo » et 21 % des « DéFavo »,

et « moyennement d'accord » pour 21 % de « Favo » et 15 % des « DéFavo ».

De même, chez les « DéFavo », les avis sont partagés sur l'idée que le métier est valorisé (répartition des avis de façon presque homogène sur l'ensemble des 5 niveaux) alors que chez les « Favo », une tendance plutôt positive est observée (29 % « moyennement », 29 % « plutôt d'accord » et 21 % « tout à fait d'accord »).

Dimension des affects

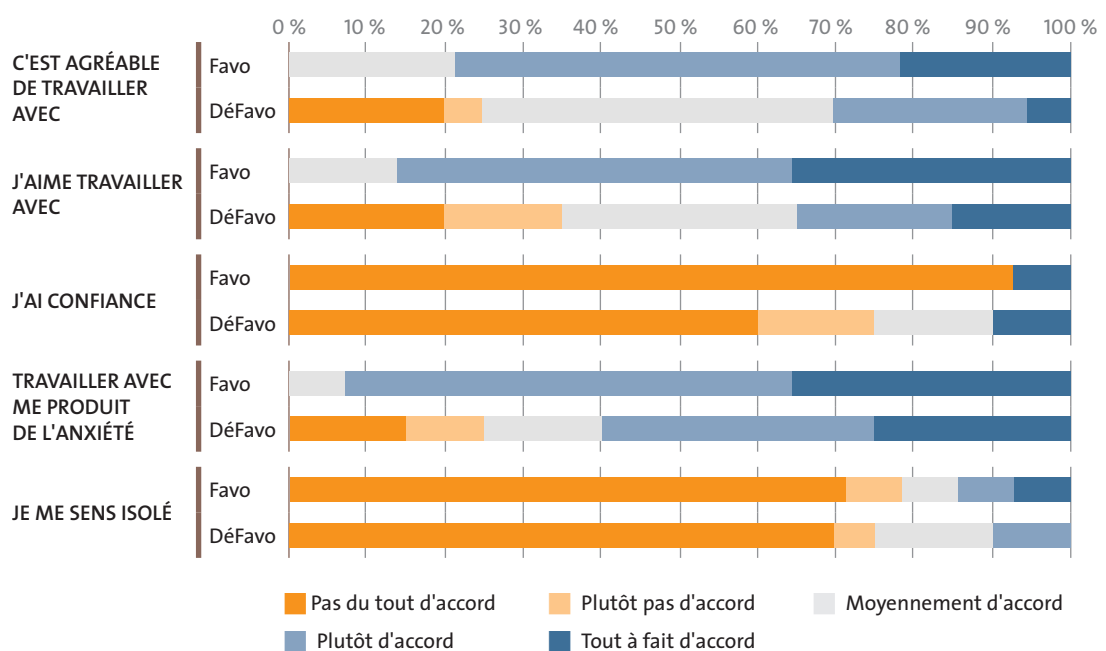
(graphique 4)

Les opérateurs « Favo » qualifient le port de l'exosquelette comme globalement plus agréable (21 % « moyennement d'accord », 57 % « plutôt d'accord » et 21 % « tout à fait d'accord ») que les opérateurs « DéFavo ». En effet, ces derniers expriment un ressenti mitigé voire opposé à celui des « Favo » et 20 % ne sont « pas du tout d'accord »

et 45 % « moyennement d'accord » avec le fait qu'il est agréable de travailler avec l'exosquelette.

Cette répartition des réponses est semblable lorsqu'on leur demande s'ils aiment travailler avec l'exosquelette. Les « Favo » sont « tout à fait d'accord » (36 %) et « plutôt d'accord » (50 %) avec l'affirmation proposée alors que les « DéFavo » sont à 30 % « moyennement d'accord », 15 % « plutôt pas d'accord » et 20 % « pas du tout d'accord ».

Lorsqu'on interroge les opérateurs sur le fait que l'exosquelette produirait de l'anxiété chez eux, les réponses des deux catégories d'opérateurs sont globalement négatives, même si les avis peuvent être parfois plus tranchés chez certains. Ainsi, les « Favo » ne sont « pas du tout d'accord » à 93 % et « plutôt pas d'accord » à 7 % alors que les « DéFavo » ne sont « pas du tout d'accord » à 60 % et plutôt pas



Graphique 4. Dimension « affects » selon le groupe d'opérateurs

d'accord à 15 %. On constate tout de même que 10 % des « DéFavo » sont « tout à fait d'accord » avec le fait que travailler avec l'exosquelette produirait de l'anxiété.

Concernant la confiance dans l'exosquelette, la répartition des réponses est globalement la même que pour l'item précédent (93 % des « Favo » sont « plutôt » à « tout à fait d'accord » contre 60 % pour les « DéFavo »). On relève néanmoins que 15 % des « DéFavo » ne sont « pas du tout d'accord » avec le fait d'avoir confiance dans le dispositif alors qu'aucun des « Favo » n'exprime cet avis.

Pour le ressenti des opérateurs concernant leur sentiment d'isolement (au sens d'exclusion de l'équipe) lorsqu'ils utilisent l'exosquelette, qu'ils soient « Favo » ou « DéFavo », les réponses vont dans le même sens puisqu'environ 70 % d'entre eux ne sont « pas du tout d'accord » avec le fait de se sentir isolé. Entre 5 % et 7 % ne sont « plutôt pas d'accord », 7 % à 15 % sont « moyennement d'accord » et 7 % à 10 % sont « plutôt d'accord ». On relève cependant aussi pour cet item que 7 % des opérateurs « Favo » (soit 1 opérateur) sont « tout à fait d'accord » avec ce ressenti d'isolement.

LES NON-UTILISATEURS

La taille de cet échantillon (5 opérateurs) ne permet pas une analyse détaillée, néanmoins quelques résultats sont présentés, de façon à accéder, même de façon grossière, aux représentations que les non-utilisateurs se font du dispositif afin d'alimenter la dimension de « l'acceptabilité sociale ».

Conditions facilitantes

Les ressources « techniques » lors de la phase de déploiement (formation réunion...) sont consi-

dérées globalement comme un préalable nécessaire par les non-utilisateurs. Tous soulignent également l'importance de bénéficier d'un suivi sur l'utilisation au cours des premières semaines. En termes de soutien, ils estiment qu'il leur sera facile de se tourner vers l'encadrement et qu'ils auront le soutien des collègues en cas de difficultés lors de l'utilisation de l'exosquelette, même si le degré d'accord peut parfois varier.

Facilité d'utilisation

Il apparaît que les non-utilisateurs se représentent la facilité de mise en place et l'utilisation de l'exosquelette comme n'allant pas de soi puisque des résultats très mitigés apparaissent ; chacun des opérateurs montre une position différente sur l'échelle allant de « pas du tout d'accord » à « tout à fait d'accord ». Pour les autres items qui composent cette dimension, les opérateurs sont « moyennement d'accord » ou « plutôt pas d'accord » avec les affirmations « facile de se déplacer » ou « d'effectuer des mouvements » ou encore avec la question du « contrôle des gestes » avec l'exosquelette. Ce qui ressort de manière unanime est que les opérateurs sont « plutôt d'accord » avec le fait qu'ils devront effectuer des réajustements de l'exosquelette au cours de leur activité.

Globalement, les opérateurs ont tendance à penser que l'exosquelette les empêchera de travailler comme ils le souhaitent. De plus, la rapidité d'apprentissage n'est pas perçue positivement d'une manière générale.

Attentes de performance

Les représentations des non-utilisateurs concernant l'amélioration

de leur performance professionnelle sont globalement plutôt mitigées. Tous les non-utilisateurs estiment qu'il n'y aura pas de changement au niveau de la qualité de leur travail. La majorité d'entre eux pense que les performances, en termes d'efficacité, de vitesse et de productivité seront plutôt dégradées, excepté pour un opérateur « mitigé » qui pense que son efficacité pourrait être améliorée.

Les non-utilisateurs ont tendance à penser que l'exosquelette ne leur permettra pas de travailler en toute sécurité.

Les avis sont partagés concernant les efforts physiques et le niveau de fatigue. En effet 2 opérateurs (« Favo » et « DéFavo ») se les représentent comme plus importants en cas d'utilisation d'exosquelette alors que les mitigés se les représentent comme identiques ou moins importants.

Au niveau des gênes et douleurs, les avis sont également partagés. Deux opérateurs (mitigés sur les efforts physiques et le niveau de fatigue) estiment qu'utiliser l'exosquelette pourrait conduire à une diminution des douleurs/gênes de la zone assistée par le dispositif, 2 autres estiment qu'il n'y aura aucun changement (opérateur mitigé et 1 « Favo »). Le « DéFavo » estime qu'il y aura une apparition de douleurs/gênes en utilisant l'exosquelette.

Concernant les parties du corps non assistées, quatre opérateurs sur cinq estiment qu'une apparition ou aggravation des douleurs est probable (par exemple, l'opérateur défavorable pense qu'en plus de lui créer des douleurs au dos, l'exosquelette pourrait créer des douleurs/gênes aux épaules ou aux genoux). Les trois opérateurs

Acceptation des exosquelettes par les opérateurs : étude exploratoire

mitigés estiment que des soulagements sont envisageables sur les parties du corps non ciblées par l'assistance.

La majorité estime que les niveaux de concentration au cours de leur activité seront identiques que ce soit sans ou avec l'exosquelette.

Dimension sociale

Trois opérateurs sont « plutôt d'accord » avec le fait que la hiérarchie sera favorable à ce qu'ils utilisent un exosquelette. En revanche un seul opérateur est « plutôt d'accord » avec le fait que les collègues seront favorables alors que les autres sont « moyennement d'accord ». D'une manière générale, les opérateurs perçoivent leurs collègues comme moins favorables que leur hiérarchie.

Dimension identité professionnelle

Deux opérateurs sont « moyennement d'accord » avec le fait que toutes les compétences seront utilisées (dont le « DéFavo »), deux sont « plutôt d'accord » (mitigés) et un est « tout à fait d'accord » (« Favo »). Ce dernier est également « plutôt d'accord » avec le fait qu'il développera de nouvelles compétences, que l'exosquelette l'aidera à préserver son emploi et « tout à fait d'accord » avec le fait que son métier sera valorisé et que l'exosquelette a sa place dans le travail. La perception de la valorisation du métier est aussi présente chez les opérateurs mitigés mais pas chez l'opérateur « DéFavo ».

Dimension des affects

Les opérateurs « Favo » et « DéFavo » pensent que travailler avec l'exosquelette ne sera pas agréable. Les opérateurs mitigés ont des avis divers (« plutôt pas

d'accord », « moyennement d'accord » et « plutôt d'accord »). Globalement, les non-utilisateurs sont « moyennement d'accord » avec le fait qu'ils aimeront travailler avec l'exosquelette. Trois opérateurs pensent qu'ils ne seront « pas du tout anxieux » s'ils l'utilisaient (dont les non-utilisateurs « Favo » et « DéFavo ») alors que deux autres sont « plutôt d'accord » avec le fait qu'ils pourraient devenir anxieux. L'opérateur « Favo » et le « DéFavo » pensent qu'ils n'auront pas confiance dans le dispositif s'ils l'utilisaient alors que les 3 mitigés ont moyennement confiance. La majorité pense qu'ils ne seront pas exclus de l'équipe de travail en utilisant l'exosquelette.

SYNTHÈSE ET DISCUSSION

Le **tableau II** reprend une synthèse des résultats.

Les résultats mettent en évidence le fait que les opérateurs favorables à l'exosquelette ont des avis positifs pour quasiment toutes les dimensions. Dans certains cas, ils considèrent qu'il y a une amélioration (par exemple pour la dimension attentes de performance). Les items pour lesquels ils sont mitigés concernent ceux relatifs à leurs collègues, qu'ils soient issus de la dimension « conditions facilitantes » (collègues comme soutien en cas de difficultés) ou « dimension sociale » (collègues favorables à ce qu'ils utilisent un exosquelette). Il en est de même concernant la question du développement de nouvelles compétences avec l'utilisation du dispositif (dimension « identité professionnelle »). Si ces avis mitigés ne semblent pas constituer des points bloquants puisque les

opérateurs acceptent de travailler avec l'exosquelette, ils interrogent néanmoins sur la question de l'impact de cette technologie sur les activités collectives et collaboratives dans le travail et en particulier sur le « collectif de travail ». En effet, ce dernier est défini comme la construction, par plusieurs opérateurs, d'une œuvre commune, d'un langage commun, des règles de métier et d'un respect durable de la règle par chacun [13]. De ces règles de métier s'élabore un facteur de cohésion du groupe. Le collectif de travail est décrit comme ayant une fonction protectrice des opérateurs [14], il constitue par exemple une ressource pour les opérateurs pour gérer les « conflits de règles » dans l'action, ou encore pour partager des manières de faire adaptées à la situation. En termes de santé, il a été montré que le collectif participe à la préservation des ressources psychosociales et à celle des TMS [15]. Or, s'il est fragilisé, il ne peut plus remplir cette fonction.

Les opérateurs défavorables expriment le même sentiment mitigé que les opérateurs favorables concernant les collègues et le développement de nouvelles compétences. En revanche, contrairement aux opérateurs favorables, ils expriment également des points de vue négatifs sur certains aspects. Ainsi, ils disent d'une part devoir réajuster le dispositif au cours de l'activité et, d'autre part, se sentir empêchés dans leurs mouvements par ce dernier (dimension « facilité d'utilisation »). Ces aspects pourraient indiquer que le dispositif n'est pas adapté à l'activité en question ou encore que sa conception n'est pas optimale. Allant dans le même sens,

↓ Tableau II

> SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Dimensions	Items	Favorables	Défavorables	Non utilisateurs
Conditions facilitantes	Connaissance du projet	×	×	RAS
	Information	×	×	× (importance information)
	Formation	×	×	× (besoin en formation)
	Phase d'appropriation	×	×	RAS
	Soutien de l'encadrement	×	×	×
	Soutien des collègues	×	×	×
Facilité d'utilisation (mise en place)	Mise en place de l'exosquelette	×	×	×
	Rapidité d'apprentissage	×	×	×
Facilité d'utilisation Utilisation exosquelette	Réajustement de l'exosquelette	×	×	×
	Facilité d'utilisation	×	×	×
	Facilité de déplacement	×	×	×
	Facilité de mouvement	×	×	×
	Contrôle des gestes	×	×	×
	Pas de sensation d'empêchement	×	×	×
Attentes de performance – Idem (avec et sans exosquelette) = – Améliorations (+) – Diminution (-)	Efficacité	=(+)	=(-)	(-)
	Productivité	=(+)	=(-)	(-)
	Qualité	=	=	=
	Vitesse	=(+)	=(-)	(-)
Santé et sécurité Moins important (-) Identique = Plus important (+)	Sécurité	×	×	×
	Efforts physiques	(-)	(-)	×
	Fatigue	=	=(+)	×
	Gênes et douleurs	=(-)	=(-) apparitions de nouvelles *	×
	Concentration	=	=(+)	=
Sociale	Encadrement	×	×	×
	Collègues	×	×	×
Identité professionnelle	Utilisation compétences	×	×	×
	Nouvelles compétences	×	×	×
	Travailler avec exosquelette a du sens	×	×	×
	Exosquelette a sa place	×	×	×
	Valorisation du métier	×	×	×
Affects	Agréable	×	×	×
	Aimer travailler avec	×	×	×
	Confiance	×	×	×
	Pas de Production d'anxiété	×	×	×
	Sentiment d'isolement	×	×	×

Légendes

× Tendance majoritairement positive × Tendance majoritairement mitigée × Tendance majoritairement négative

* Pour certains, apparition de gênes et douleurs à d'autres endroits que ceux censés être soulagés par l'exosquelette.

Acceptation des exosquelettes par les opérateurs : étude exploratoire

les résultats montrent également qu'en termes d'attentes de performance, même si elle est plutôt considérée comme identique avec ou sans exosquelette, certains soulignent qu'elle peut être dégradée et d'autres qu'elle peut être améliorée. Cet aspect peut être vécu comme d'autant plus problématique lorsque l'organisation fonctionne avec des primes liées à la production. En termes de santé, certains indiquent également l'apparition de nouvelles gênes ou douleurs sur des zones non assistées par le dispositif. De plus, même s'ils considèrent que l'exosquelette a sa place dans leur travail ou que travailler avec a du sens, certains soulignent qu'il n'est pas agréable et qu'ils n'aiment pas travailler avec. Ce dispositif, critiqué pour ses dimensions, apparaît davantage comme une contrainte pour les opérateurs plutôt qu'une assistance. Une nouvelle technologie est supposée apporter une valeur ajoutée dans le travail. Dans le cas des exosquelettes, cet apport semble perçu comme partiel ou en tout cas insuffisant pour compenser les avis négatifs. Au final, les dimensions critiquées deviennent des points bloquants alors que ces mêmes opérateurs ont également des avis positifs, plus nombreux, sur les autres dimensions du dispositif. En termes de pistes de progression, les informations relatives aux items critiqués pourraient être retournées aux concepteurs des dispositifs pour qu'ils les améliorent (par exemple pour les aspects liés aux réajustements ou encore aux gênes lors de l'intégration du dispositif et aussi lors de son acceptation située). Dans une autre étude menée par l'INRS [16], il est apparu que l'exosquelette, avant d'être totalement accep-

té par les utilisateurs, avait fait l'objet de plusieurs modifications par les concepteurs (suite à des plaintes d'utilisateurs sur l'apparition de nouvelles gênes). Les modèles théoriques soulignent que le processus d'acceptabilité/d'acceptation est dynamique et que l'utilisation de la technologie peut modifier la relation de l'opérateur à cette dernière. Dans ce contexte, ajouter une boucle utilisateurs-concepteurs serait un élément pouvant faciliter l'acceptabilité sociale. La mise en place de cette boucle ne va pas toujours de soi, surtout si la technologie est arrivée à maturité complète. Néanmoins, dans le cas des exosquelettes et pour toutes les technologies qui évoluent en continu et rapidement, cette option est à privilégier. Elle présente comme avantage de pouvoir améliorer techniquement le dispositif à partir des retours d'opérateurs. De plus, par cette boucle, la direction envoie vers les utilisateurs le message selon lequel ils participent pleinement au processus de changement, ce qui est un facteur favorisant l'acceptation.

Concernant le petit échantillon de non-utilisateurs interrogés, leur représentation de l'exosquelette est très mitigée. Ainsi, bien que certains considèrent que ce dispositif pourrait avoir sa place dans leur activité, ils ont une image négative de sa facilité d'utilisation (mise en place, facilité de mouvements, de déplacements, d'apprentissage...) et pensent que leur performance ne serait pas améliorée, voire serait dégradée, s'ils l'utilisaient (que ce soit en termes de production ou de santé et sécurité). Contrairement aux utilisateurs et anciens utilisateurs, ils pensent qu'ils n'auraient pas

confiance dans le dispositif et que l'utiliser pourrait même, pour certains, créer de l'anxiété. *A priori*, ces non-utilisateurs n'ayant pas été informés ni formés au dispositif, la représentation qu'ils se construisent du dispositif s'appuie sur ce qu'ils perçoivent lorsqu'il est utilisé par leurs collègues en situation réelle de travail et non pas sur une expérience personnelle ou encore des connaissances réelles sur son mode de fonctionnement. Sans information ni formation sur ces dispositifs, les non-utilisateurs peuvent donc être amenés à développer des représentations incomplètes voire erronées du dispositif, ce qui évidemment ne favoriserait pas une acceptation. Ainsi, bien que ces résultats reposent sur un faible effectif de non-utilisateurs, ils font émerger des pistes de réflexion sur ces futurs utilisateurs potentiels qui pourraient être intégrés aux étapes d'information et de formation au même titre que les utilisateurs. Les non-utilisateurs expriment d'ailleurs l'importance d'avoir une information, une formation mais aussi un suivi pour ces nouveaux dispositifs.

Dans le même ordre d'idée, une représentation incomplète ou erronée des dispositifs est également possible chez les utilisateurs ; elle est souvent liée à une formation insuffisante. L'INRS a mis à disposition des préventeurs et des entreprises un guide pour mener à bien la phase de déploiement des exosquelettes afin d'optimiser les conditions d'intégration du point de vue de la prévention [17]. La méthode proposée comprend, entre autres, des étapes d'information et de formation. Ainsi, conformément aux préconisations de ce guide, une phase initiale est proposée. Celle-ci correspond à une

analyse fine du besoin détaillant les activités ou tâches ainsi que les sollicitations associées en termes d'efforts et de postures pour lesquelles l'exosquelette est envisagé (par exemple soulager un opérateur devant maintenir une position contraignante au cours d'une action spécifique). Cette analyse présente deux avantages. Le premier est de s'assurer que l'exosquelette choisi est le plus adapté aux besoins et attentes (pour éviter par exemple des sensations de gênes telles qu'elles ont été signalées précédemment). Cette étape est d'autant plus cruciale que les exosquelettes sont définis pour assister une partie du corps ; si cette dernière n'est pas clairement identifiée, les risques de se munir d'un exosquelette non adapté sont importants. Un exosquelette non adapté à la tâche, voire aux modes opératoires, peut avoir des conséquences en termes de rejet de cette technologie par les opérateurs mais aussi en termes de facteurs de risques physiques [18] (par exemple pas de soulagement de la partie du corps qui devrait l'être, voire sollicitations supplémentaires d'autres parties du corps). Le second avantage de cette analyse est d'identifier les apports et les inconvénients du dispositif. Cette meilleure connaissance du système par les acteurs de l'entreprise permet de mieux communiquer, former et accompagner les opérateurs. Ainsi, de meilleures conditions d'intégration peuvent être créées et, indirectement, l'élaboration de représentations erronées des utilisateurs et futurs utilisateurs pourrait être évitée.

Travailler avec un exosquelette, ou n'importe quelle autre technologie, correspond à un changement qui peut modifier l'activité et

nécessite d'élaborer de nouveaux repères, ce qui peut demander du temps aux utilisateurs et à leur entourage professionnel. De façon optimale, accompagner l'intégration de tels dispositifs devrait débiter lors des phases de familiarisation et d'apprentissage hors de la situation de travail afin que les opérateurs puissent s'habituer à l'objet technique à proprement parler avant de l'utiliser en situation réelle. Ne pas mettre en œuvre cette partie peut conduire à certaines difficultés d'utilisation et donc au développement de points bloquants dans l'acceptation.

Au vu des dimensions impliquées dans ce processus, accepter la technologie ne veut pas dire que tous les items de toutes les dimensions doivent recueillir un avis favorable de la part des utilisateurs mais certaines sont incontournables (en particulier celles liées aux affects, à la santé et sécurité ou encore à la facilité d'utilisation). En termes de risques, le déploiement d'une nouvelle technologie non acceptée mais qui serait imposée peut constituer un facteur de risque physique, psychosocial, voire accidentel.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le processus d'acceptabilité/d'acceptation est complexe car plusieurs dimensions de natures différentes sont impliquées. Des études, notamment dans le domaine des technologies de l'information et de la communication, ont essayé de déterminer le poids de ces dimensions dans ce processus mais les résultats ne s'accordent pas. Dans le cadre de cette étude préliminaire à

visée exploratoire, l'élaboration d'un questionnaire spécifique de l'acceptation/l'acceptabilité des exosquelettes est déjà une avancée utile pour les préventeurs au sens large, permettant d'aborder un large panel de dimensions en lien avec ce concept et de guider les pistes d'amélioration y afférent. Les résultats ne permettent pas d'isoler une dimension plutôt qu'une autre comme facteur de réussite ou d'échec de ce processus. En revanche, il semble que le cumul de plusieurs de ces dimensions peut favoriser le rejet de la technologie lorsque les utilisateurs émettent un avis négatif à leur encontre. Ces limites peuvent être en partie corrigées avec l'aide des concepteurs de ces dispositifs si un canal de communication existe entre concepteurs et utilisateurs. Quoiqu'il en soit, la phase de déploiement du dispositif est cruciale pour l'acceptabilité/l'acceptation. Que ce soient les étapes d'information, de formation et d'appropriation hors situation de travail, elles impactent directement plusieurs dimensions de l'acceptabilité/l'acceptation, que les opérateurs soient utilisateurs ou futurs utilisateurs du dispositif. De nombreuses questions restent encore en suspens, s'agissant notamment des modalités à privilégier pour mettre en place ces dispositifs dans des conditions optimales pour la prévention des risques professionnels. Ces résultats préliminaires vont être complétés par une deuxième campagne d'enquête. En effet, le questionnaire est destiné à être administré à un plus grand échantillon d'utilisateurs, d'anciens utilisateurs d'exosquelettes mais aussi à des non-utilisateurs, en y adjoignant, lorsque c'est possible,

Acceptation des exosquelettes par les opérateurs : étude exploratoire

une dimension de suivi longitudinal. Il est crucial, dans le contexte actuel d'évolution technologique, de mieux comprendre ce processus d'acceptation/d'acceptabilité, et de mieux identifier les leviers favorisant l'intégration de tels dispositifs dans des conditions optimales en termes de prévention, au risque sinon de voir émerger des facteurs de risques physiques, accidentels et psychosociaux chez les utilisateurs.

POINTS À RETENIR

- L'introduction d'un exosquelette en situation de travail, comme toute nouvelle technologie, correspond à un changement qui impacte l'activité.
- Un exosquelette, comme toute nouvelle technologie, peut être rejeté ou accepté par les utilisateurs ou encore accepté dans un premier temps pour être finalement rejeté ou *vice versa* (questions d'acceptabilité et d'acceptation).
- L'acceptabilité concerne les intentions des utilisateurs à utiliser ou non la technologie et l'acceptation désigne son usage effectif.
- Il est déterminant, dans le contexte actuel d'évolution technologique, de mieux comprendre ce processus.
- Le processus d'acceptabilité/d'acceptation s'inscrit dans un continuum progressif et complexe.
- Le processus d'acceptabilité/d'acceptation dépend de plusieurs dimensions de natures différentes (par exemple facilité d'utilisation de la technologie ; l'influence sociale ou encore les attentes en termes de performance).
- L'analyse de ce processus permet de renseigner sur la qualité de l'interaction opérateur-exosquelette, d'identifier les effets de ces dispositifs sur la sécurité et la santé et d'envisager certains facteurs de risques psychosociaux, physiques et accidentels chez les utilisateurs.
- Le cumul de plusieurs de ces dimensions peut favoriser le rejet de la technologie lorsque les utilisateurs émettent un avis négatif à leur rencontre.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 | THEUREL J, DESBROSSES K, ROUX T, SAVESCU A - Physiological consequences of using an upper limb exoskeleton during manual handling tasks. *Appl Ergon.* 2018 ; 67 : 211-17.
- 2 | THEUREL J, DESBROSSES K - Usage d'un exosquelette d'assistance des bras : bénéfices et contraintes lors de tâches de manutention. Notes techniques NT 62. *Hyg Secur Trav.* 2018 ; 251 : 62-68.
- 3 | DE LOOZE MP, BOSCH T, KRAUSE F, STADLER KS ET AL. - Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load. *Ergonomics.* 2016 ; 59 (5) : 671-81.
- 4 | BOBILLIER-CHAUMON ME - Conditions d'usage et facteurs d'acceptation des technologies dans l'activité : questions et perspectives pour la psychologie du travail. Diplôme d'Habilitation à Diriger des Recherches en Psychologie du Travail. Grenoble : Université Pierre Mendès-France, Sciences sociales et humaines. École doctorale Sciences de l'Homme, du Politique, et du Territoire. ; 2013 : 206 p.
- 5 | BOBILLIER-CHAUMON ME - L'acceptation située des technologies dans et par l'activité: premiers étayages pour une clinique de l'usage. *Psychol Trav Organ.* 2016 ; 22 (1) : 4-21.
- 6 | DAVIS FD - Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Q.* 1989 ; 13 (3) : 319-40.
- 7 | VENKATESH V, DAVIS FD - A theoretical extension of the technology acceptance model: four longitudinal field studies. *Manag Sci.* 2000 ; 46 (2) : 186-204.
- 8 | VENKATESH V, MORRIS MG, DAVIS GB, DAVIS FD - User acceptance of information technology: toward a unified view. *MIS Q.* 2003 ; 27 (3) : 425-78.
- 9 | DELONE WH, MCLEAN ER - Information systems success: the quest for the dependant variable. *Inf Syst Res.* 1992 ; 3 (1) : 60-95.
- 10 | HASSENZAHL M - The interplay of beauty, goodness and usability in interactive products. *Hum Comput Interact.* 2004 ; 19 (4) : 319-49.
- 11 | MAHLKE S - User Experience of Interaction with Technical Systems. Theories, Methods, Empirical Results, and Their Application to de Development of Interactive Systems. Thèse pour le grade d'ingénieur. Berlin : Université technique de Berlin, Faculté V, Systèmes de circulation et de machines ; 2008 : 194 p.
- 12 | DUBOIS M, BOBILLIER-CHAUMON ME - L'acceptabilité des technologies : bilans et nouvelles perspectives. *Trav Hum.* 2009 ; 72 (4) : 305-10.
- 13 | CRU D - Collectif et travail de métier. Plaisir et souffrance dans le travail ; sur la notion de collectif de travail. In: Dejours C (Ed) – Plaisir et souffrance dans le travail. Tome 1. Orsay : Association pour l'ouverture du champ d'investigation psychopathologique (AOCIP) ; 1987 : 43-49, 147 p.
- 14 | CAROLY S, BARCELINI F - Le développement de l'activité collective. In: Falzon P (Ed) - Ergonomie constructive. Paris : Presse Universitaire de France (PUF) ; 2013 : 33-46, 249 p.
- 15 | CAROLY S - Activité collective et réélaboration des règles comme ressources pour la santé psychique : le cas de la police nationale. *Trav Hum.* 2011 ; 74 (4) : 365-89.
- 16 | ATAIN-KOUADIO JJ, WIOLAND L, THEUREL J, DELACOURT A - Intégrer un exosquelette : retour d'expérience et points de repères. In: Innovation technologique, changements organisationnels : quels enjeux pour la prévention ? Nancy, 29 au 31 mars 2017. INRS, 2017 (www.inrs.fr/footer/actes-evenements/innovation-technologique-mars-2017.html).
- 17 | ATAIN-KOUADIO JJ, KERANGUEVEN L, TURPIN-LEGENDRE E - Acquisition et intégration d'un exosquelette en entreprise. Guide pour les préventeurs. Édition INRS ED 6315. Paris : INRS ; 2018 : 36 p.
- 18 | THEUREL J, CLAUDON L - Exosquelettes au travail : impact sur la santé et la sécurité des opérateurs. État des connaissances. Édition INRS ED 6311. Paris : INRS ; 2018 : 27 p.

POUR EN SAVOIR +

- Exosquelettes. INRS, 2018 (www.inrs.fr/risques/exosquelettes/ce-qu-il-faut-retenir.html).

