

Les exosquelettes

- 13. Une technologie qui soulage d'un poids
- 16. « On teste tout ce qui sort ! »
- 18. L'expérimentation scientifique au cœur du développement
- 20. Les tireurs au râteau à l'aube d'une nouvelle ère
- 22. L'évaluation, une étape clé
- 24. L'homme préservé plutôt que l'homme augmenté



Une technologie qui soulage d'un poids

Les exosquelettes suscitent nombre d'espoirs en termes d'amélioration des conditions de travail, notamment de réduction des troubles musculosquelettiques (TMS). Toutefois, ils ne peuvent être considérés comme la solution miracle. Leur usage soulève des questions de santé et de sécurité. De la définition du besoin d'assistance physique à l'intégration en situation réelle, une démarche structurée et collective est indispensable.

« **ON ASSISTE À UN RENOUVEAU** de la demande de technologies d'assistance physique dans l'industrie », constate Nathanaël Jarrassé, chargé de recherches au CNRS à l'Institut des systèmes intelligents et de robotique. Au cours des dernières années, les entreprises ont robotisé bien des situations pour lesquelles l'environnement de travail était paramétrable. Mais l'automatisation atteint ses limites. « Il subsiste, en particulier dans les PME, des situations insuffisamment standardisées ou des petites productions pour lesquelles l'humain reste, heureusement d'ailleurs, indispensable », reprend le chercheur. Pour certaines d'entre elles, les opérateurs sont exposés à des charges physiques importantes, ainsi qu'à des risques de troubles musculosquelettiques (TMS).

Dans ce contexte, et celui d'une mutation globale du monde du travail, les entreprises s'intéressent de plus en plus aux exosquelettes, espérant combiner réduction des TMS et gain de productivité. « Un exosquelette est un dispositif mécanique ou textile revêtu par le salarié apportant une assistance physique dans l'exécution d'une tâche, par compensation des efforts, augmentation de la force ou des capacités de mouvement », énonce Jean-Jacques Atain-Kouadio, expert d'assistance à l'INRS. Il peut être robotisé ou non. À ce jour, la plupart de ceux qui sont présents dans les entreprises ne le sont pas. L'assistance des mouvements se fait par restitution de l'énergie mécanique via des systèmes à élastiques ou à ressorts. Suivant

les cas, elle se porte sur les membres supérieurs, le dos, les membres inférieurs ou le corps entier.

Préserver les travailleurs

De l'automobile au ferroviaire, en passant par le BTP ou le monde agricole, ces nouvelles technologies d'assistance physique passionnent. Très médiatisées, elles ne datent pourtant pas d'hier. Dans l'industrie, la première tentative sérieuse de fabrication d'un exosquelette remonte aux années 1960. Le Hardiman, de General Electric, devait démultiplier la force de l'utilisateur et lui permettre de lever des charges de près de 700 kg ! Mais les obstacles



© Patrick Delapierre pour l'INRS

PAROLE D'EXPERT

Jean Theurel, responsable du programme exosquelette à l'INRS

Les recherches se multiplient à l'échelle mondiale pour établir des preuves concrètes quant aux avantages et aux risques liés à l'utilisation des exosquelettes pour la prévention des TMS. Bien que le potentiel d'atténuation des efforts musculaires par les exosquelettes apparaisse relativement prometteur, les évidences actuelles ne permettent pas d'approuver sans réserve leur utilisation pour la prévention des TMS. En effet, les études démontrent des effets indésirables lors de tâches de manutention, comme de nouvelles contraintes posturales ou une diminution des performances fonctionnelles. Les recherches s'efforcent par ailleurs de combler les principales lacunes dans les connaissances actuelles, comme l'impact des exosquelettes sur les coordinations musculaires, la survenue de la fatigue, ou les adaptations physiologiques à long terme. De nouvelles réflexions abordent également les dimensions cognitives, psychosociales et organisationnelles liées à l'usage de ces technologies en milieu professionnel.

techniques rencontrés ont mis fin au rêve. Les développements ont ensuite principalement concerné le secteur médical, avec les exosquelettes de réhabilitation, ainsi que la Défense.

« Nous sommes passés du militaire au civil avec une première application pour les tireurs au râteau, en collaboration avec Colas, puis le développement d'un exosquelette spécialisé dans le port d'outils lourds. Aujourd'hui, la demande explose, avec l'espoir de trouver des solutions permettant de travailler mieux sans se faire mal », constate Serge Grygorowicz, P-DG de RB3D, concepteur et fabricant français. Un intérêt d'autant plus fort que la population active vieillit.

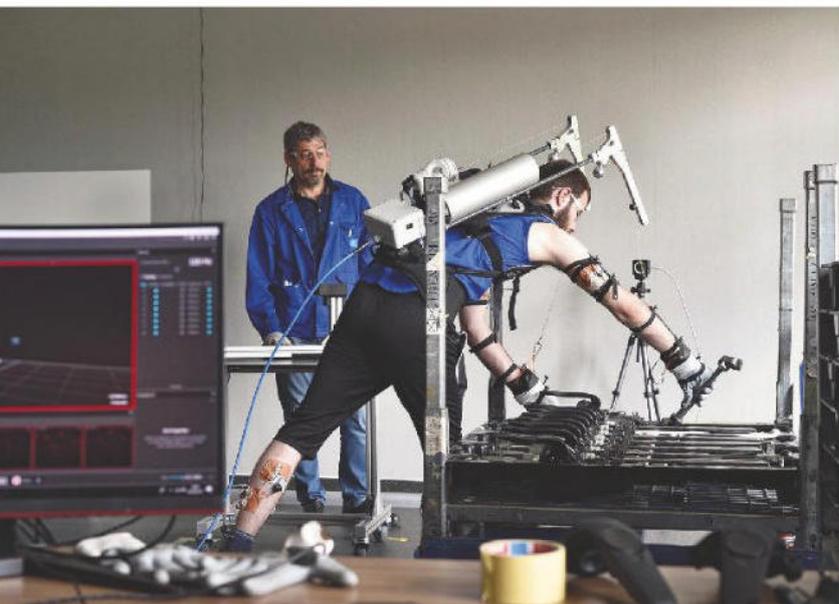
Peu à peu, le fantasme de l'exosquelette de science-fiction, lourd et imposant, visant à créer un homme « augmenté », s'est effacé >>>

au profit de la recherche de dispositifs permettant avant tout de préserver le travailleur et de réduire sa fatigue. « Les développements récents montrent que l'on s'oriente vers des dispositifs plus souples, plus respectueux de la physiologie

Les frottements sur le corps peuvent générer de l'inconfort ou des irritations. Le poids des équipements peut provoquer l'augmentation des sollicitations cardiovasculaires. Il s'agit encore souvent d'objets technologiques

croisées, explique Lien Wioland, responsable d'études à l'INRS. C'est également un processus fragile. La phase de déploiement est bien sûr cruciale. Faire adhérer demande un certain travail, mais ce qui est accepté ne l'est pas nécessairement à vie. Une modification peut tout remettre en question. »

Aujourd'hui, les entreprises tentées par l'acquisition d'un exosquelette sont face à un phénomène nouveau, dont elles doivent bien comprendre les intérêts et les limites pour la prévention des TMS. Les exosquelettes ne sont pas la solution unique contre les TMS, qui en réalité résultent d'une combinaison de facteurs. Ils ne sont pas non plus adaptés à tous les salariés. Souvent, un avis du service de santé peut permettre de s'affranchir de toute contre-indication.



© Patrick Delapierre pour l'INRS

La phase d'étude et de tests d'un exosquelette est importante avant sa mise en place. Il est essentiel de veiller à son acceptation.

humaine. La technologie a évolué, mais il reste de réels enjeux d'amélioration, liés notamment au partage du contrôle avec l'opérateur et au respect des intentions motrices », souligne Nathanaël Jarrassé. Aujourd'hui, on trouve une trentaine d'exosquelettes disponibles dans le commerce. Le plus souvent, leur implantation dans l'entreprise se fait en tâtonnant, à partir de prototypes ou de versions à parfaire.

Bien se préparer

Physiologiste à l'INRS, où de nombreuses études sont menées sur le sujet, Jean Theurel attire l'attention sur « les conséquences de l'utilisation des exosquelettes sur l'activité musculaire, l'équilibre, la posture ou encore les coordinations motrices », ainsi que sur « les incertitudes qui entourent leurs effets à long terme sur la santé ». « Les exosquelettes peuvent soulager certaines contraintes musculaires locales mais ne réduisent pas la répétitivité des gestes. Il existe également un risque de déplacer ces contraintes sur d'autres parties du corps », ajoute Laurent Kerangueven, ergonomiste à l'INRS.

encombrants. Il faut donc être vigilant aux risques de collision, avec une tierce personne ou un élément de l'environnement. Enfin, leur utilisation pourrait être source de risques psychosociaux par un accroissement de la charge mentale ou une diminution de l'autonomie au travail. Très tôt, il sera donc essentiel de travailler à leur acceptation et leur acceptabilité.

« Le processus qui conduit à l'acceptabilité est un processus complexe qui dépend de dimensions

Mettre en place une culture exosquelette

Équiper ses salariés se prépare, avec une démarche allant de la définition du besoin d'assistance physique à l'intégration de l'exosquelette en situation réelle, pour garantir l'adéquation entre la solution d'assistance technique, l'opérateur et la tâche pour laquelle elle est envisagée. « Ces technologies apportent des résultats très spécifiques pour des situations de travail qui le sont tout autant. Il n'y a pas de bon exosquelette dans l'absolu. Mais il peut y avoir un bon exosquelette pour une situation donnée, tenant compte de toutes les séquences d'activité de l'opérateur et de son

VUE DU TERRAIN

GANT BIONIQUE

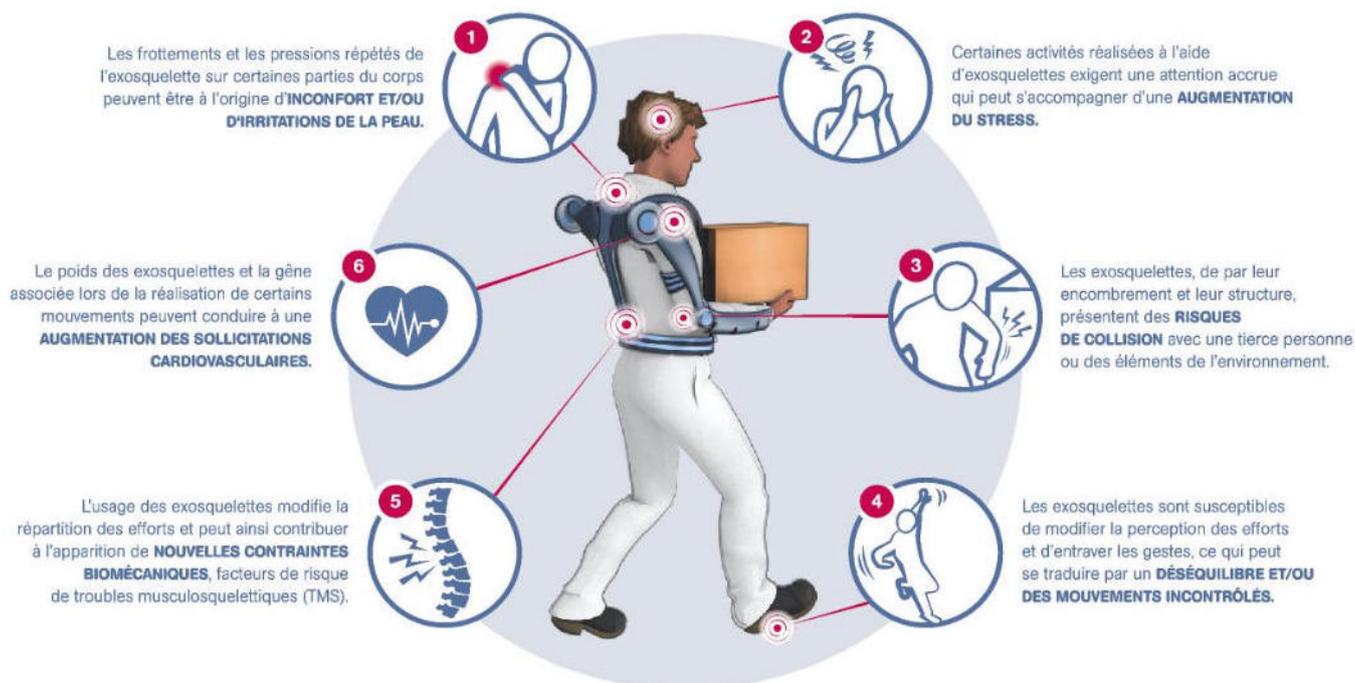
Ironhand est le premier exosquelette souple au monde. Qualifié de bionique par ses codéveloppeurs les sociétés Eiffage et Bioservo, ce gant doit permettre de prévenir l'apparition des TMS de la main en diminuant les efforts fournis par l'utilisateur. L'idée n'est pas de transformer le travailleur en un surhomme, mais de lui fournir confort et assistance. Lorsqu'un opérateur équipé se saisit d'un outil, la pression exercée sur les capteurs situés au bout des doigts déclenche les cinq moteurs, placés dans le sac à dos

complétant le dispositif. Ainsi actionnés, les tendons artificiels qui courent de part et d'autre de chaque doigt apportent une aide au mouvement et l'utilisateur a besoin de moins de force que d'ordinaire pour manier un marteau, attraper un parpaing, utiliser un tournevis, tenir un chalumeau... Cet exosquelette s'inscrit dans la tendance actuelle de recherche d'équipements respectueux de la physiologie humaine. Prochaine étape pour les développeurs : le bras bionique.



Exosquelettes au travail : 6 points de vigilance

Les exosquelettes peuvent soulager les opérateurs mais... leur usage n'est pas sans risque.



© Délégation pour l'INRS

environnement », souligne Jean Theurel.

La réussite de la mise en place d'un exosquelette dans une entreprise passe invariablement par plusieurs étapes. La première est de se poser collectivement les bonnes questions. En constituant un groupe projet (direction, production, instances représentatives du personnel, service de santé au travail, préventeurs, opérateurs...), chargé notamment de l'analyse approfondie des situations de travail. Avant d'envisager l'usage d'un exosquelette comme solution de prévention, les autres pistes susceptibles de réduire la charge physique de travail doivent être étudiées. Une fois les tâches pouvant bénéficier de l'assistance physique déterminées, le groupe peut en valider le cahier des charges. Vient ensuite la phase d'évaluation de l'interaction entre l'exosquelette choisi et les futurs utilisateurs, qui doivent avoir été formés: appropriation, utilité, facilité d'emploi, impact sur le collectif, risques pour la sécurité.

Enfin, il est important d'évaluer la mise en œuvre en situation réelle.

À court, moyen et long termes, s'assurer que l'équipement répond aux besoins initialement identifiés et qu'il est accepté par tous. « Il y a une philosophie, une culture exosquelette à mettre en

« Ces technologies apportent des résultats très spécifiques pour des situations de travail qui le sont tout autant. »

place, témoigne Yonnel Giovanelli, chargé d'un projet d'expérimentation sur les nouvelles technologies d'assistance physique à la SNCF. L'arrivée d'un exosquelette amène à questionner et parfois

réorganiser le travail pour que cela fonctionne. »

En 2017, un groupe Afnor a publié un mode d'emploi pour évaluer l'interaction entre l'homme et un dispositif d'assistance de type exosquelette à partir d'une plateforme d'expérimentation d'une trentaine d'industriels, utilisateurs et fabricants. « On a besoin des retours d'expérience pour comprendre et anticiper les enjeux de ces nouvelles technologies », insiste Yonnel Giovanelli. « Tout cela demande du temps, reprend Jean-Jacques Atain-Kouadio. L'erreur serait de penser qu'il existe une réponse toute faite. Parfois, le besoin suscite beaucoup d'agitation. Les fabricants d'exosquelettes veulent vendre leur matériel et certaines entreprises aller trop vite. Il ne faut pas tomber dans ce piège. » ■ G. B.

En savoir plus



■ **EXOSQUELETES AU TRAVAIL**: impact sur la santé et la sécurité des opérateurs état des connaissances, INRS, ED 6311.

■ **ACQUISITION ET INTÉGRATION** d'un exosquelette en entreprise, INRS, ED 6315.

À télécharger sur www.inrs.fr

« On teste tout ce qui sort ! »

Avec ses 6 000 collaborateurs en France, FM Logistic est un acteur important du secteur de la logistique. Pour réduire les accidents du travail et les maladies professionnelles, cette entreprise cherche des solutions, en testant ce qui est mis sur le marché... mais aussi en développant son propre exosquelette.

ILS ONT POUR NOMS Corfor, Noonee, Ergoskel, Japet, Hintek, Laevo, Viz-O... Tous ces exosquelettes ont été testés par FM Logistic. Mais seuls quelques-uns ont été approuvés par les futurs utilisateurs. Car ils ont beau être bourrés de qualité « sur le papier », quand il s'agit de les porter en situation de travail réel, cela se complique.



© Patrick Delapierre pour l'INRS

FM Logistic est un groupe spécialisé dans l'entreposage, le copacking (déconditionnement et reconditionnement), le transport et la douane. Il compte 6000 collaborateurs en France et 30 plates-formes. Celle de Château-Thierry, dans l'Aisne, est l'une des plus

Un exosquelette peut servir à soulager les caristes qui doivent lever la tête pour reprendre ou déposer des palettes jusqu'à 12 m de haut.

importantes de l'Hexagone. Sur ses 464 collaborateurs, plus de la moitié effectuent des tâches manuelles ou fortement sollicitantes. « Sur cette plate-forme de 105 000 m², nous préparons chaque jour 72 000 colis », présente Anne-Laure Porte, la responsable QHSE du site.

En termes de risques professionnels, les flux incessants des chariots amènent à penser d'abord aux risques de collisions. Mais ceux-ci semblent plutôt bien appréhendés, avec un marquage efficace des voies piétonnes et des rappels à l'ordre dès que l'on en sort... Ce sont en fait les risques liés aux manutentions et aux ports de charge, avec pour conséquences notamment des problèmes de cervicales, qui sont les plus prégnants. « Le secteur de la logistique est connu pour être très accidentogène, souligne Isabelle Weber, contrôleur de sécurité à la Carsat Nord-Picardie. FM Logistic n'y échappait pas. Il y a cinq ans, ils ont reçu une lettre recommandée de la Carsat qui les a fait réagir. »

À la suite de cette injonction, FM Logistic décide d'aller plus loin pour instaurer une véritable culture sécurité avec la création d'un poste d'ergonome-psychologue. Embauchée à ce poste, Samya Bellhari-Trahin a pour objectif de réduire l'accidentologie, avec l'aide

des responsables QHSE des sites. Ses premières mesures consistent à mettre à jour le document unique et à réaliser des analyses d'accidents du travail, des expertises métiers, des analyses a priori des postes... De façon à construire un programme et ancrer des pratiques, avec une veille active notamment. « Ils testent tout ce qui sort sur le marché », remarque Claire Monfaucon, contrôleur de sécurité à la Carsat Nord-Picardie. « On cherche tout le temps ce qui pourrait soulager nos collaborateurs, reconnaît Samya Bellhari-Trahin. Des harnais, des aides au port de charge... »

Une volonté d'avancer

Sur la ligne de conditionnement, le travail de l'opératrice consiste à déconditionner des shampoings pour les ranger dans un présentoir. « On a essayé un siège assis-debout de type exosquelette, conçu pour les personnes qui ont sans cesse besoin de s'asseoir et de se lever, explique Anne-Laure Porte. Mais comme le poste, au départ, n'avait pas été prévu pour la posture assise, cela compliquait la tâche des opérateurs qui devaient davantage se pencher pour attraper les shampoings. » Résultat : pour l'heure, cet exosquelette n'a pas été retenu.

91 caristes travaillent sur le site de

LE FRUIT D'UN LONG TRAVAIL

18 caméras, 72 marqueurs, 12 collaborateurs filmés et surveillés pour analyser et comprendre le moindre de leurs mouvements... avant d'aboutir à la rédaction d'un cahier des charges, puis à la conception du premier Ergoskel. Après deux ans de travail en collaboration avec l'université technologique de Compiègne (UTC), dix Ergoskel sont arrivés chez FM Logistic : ils seront testés pendant six mois par douze volontaires dont la gestuelle sera analysée. Samya Bellhari-Trahin,

l'ergonome-psychologue de l'entreprise, a déjà recueilli quelques impressions : « On sait que l'on va devoir encore faire évoluer cet exosquelette pour ne pas trop contraindre l'opérateur dans sa façon de prendre les colis notamment... mais les premiers retours sont encourageants. »



© Patrick Delapierre pour l'INRS

Château-Thierry. Ils doivent reprendre ou déposer des palettes jusqu'à 12 m de haut, à un rythme soutenu puisque 3400 palettes entrent chaque jour sur le site et 4100 en ressortent. Certains caristes se plaignaient de douleurs aux cervicales ou aux épaules et de maux de tête en fin de journée. « On leur a présenté à tous cet exosquelette, le Viz-O, qui permet de soulager les cervicales, explique Samya Bellhari-Trahin. Tous ont été formés à le régler et ont pu le porter pendant une heure. » 35 caristes ont souhaité le garder, un bon score d'après Anne-Laure Porte. Et certains ne reviendraient en arrière pour rien au monde. « J'ai été surpris par le nombre de caristes disant souffrir des cervicales... Pour ma part, je ne le quitte plus », déclare Fabrice Bréhaut, cariste et représentant syndical au CHSCT. Une autre cariste est plus mitigée: « J'étais très contente de cet exosquelette, au début. Puis je

📷 L'Ergoskel est un exosquelette conçu par FM Logistic en collaboration avec l'université technologique de Compiègne. Une dizaine d'exemplaires sont en test au sein de l'entreprise.

« On cherche tout le temps ce qui pourrait soulager les salariés. »

me suis rendu compte qu'il me faisait mal. J'attends de le tester avec une plaque de mousse qui doit arriver. » « Nous pouvons être amenés à adapter aussi l'exosquelette à la personne, à sa pathologie ou à sa morphologie, insiste Anne-Laure Porte. C'est important d'être à l'écoute. »

Sur le site de Château-Thierry toujours, FMEA (pour entreprise adaptée), une entité de FM Logistic, emploie une quinzaine de personnes en situation de handicap, chargées de copacking. Deux exosquelettes sont testés ce jour-là: l'un pour aider au port de charge, le Hintek; l'autre pour décompresser le bas du dos, le Japet, destiné aux personnes ayant des pathologies lombaires. Le premier possède une petite tablette sur laquelle il est possible de poser des charges d'environ 2 kg. Léger, il semble convenir à l'opératrice qui le teste. Avant de le référencer, Samya Bellhari-Trahin le fera essayer par d'autres opérateurs.

Le Japet, quant à lui, permet de se redresser. Il a déjà été porté une demi-journée, mais l'ergonome de FM Logistic souhaite qu'il soit testé pendant un mois avant de l'acquies-

rir. « Au départ, il a été conçu pour les hôpitaux, pour aider à la rééducation fonctionnelle à la suite de pathologies lourdes, explique Antoine Noël, le président de Japet. Puis on s'est tournés vers la santé au travail. On travaille avec FM

Logistic depuis trois ans, on fait des essais, on le modifie, on revient... » Quelques minutes après l'avoir enfilé, Samya Aid, une autre opératrice, se dit soulagée: « J'ai l'impression qu'il me fait du bien. » Résultat dans quelques semaines...

Loïn du robocop

« J'ai trop entendu "C'est quoi ton truc ?" et je ne voulais pas non plus que nos collaborateurs ressemblent à des robocop, se remémore l'ergonome. Et je ne trouvais pas ce que l'on voulait sur le marché pour les préparateurs de commandes ! » Aussi, il y a deux ans, FM Logistic se lance avec l'université technologique de Compiègne dans la conception du futur Ergoskel. « Il a pour objectif de soulager les membres supérieurs des préparateurs de commandes en transmettant la charge au niveau du bassin », explique Corentin Vlasak, stagiaire ergonome chez FM Logistic.

Après de nombreux allers et retours, dix prototypes d'Ergoskel sont en cours de tests. Avant un déploiement de 50 exemplaires d'ici à la fin de l'année. « On a travaillé avec les personnes intéressées, mais aussi avec le Codir pour qu'il adhère à nos travaux », insiste l'ergonome. « On le voit bien, poursuit Claire Monfaucon, il n'y a pas de solution unique. La variabilité des personnes, des tâches, des sites pose les limites des exosquelettes. Il faut absolument faire un travail en profondeur. »

Aujourd'hui, l'ergonome de FM Logistic en est convaincue: la prévention des TMS ne peut se faire qu'en combinant des actions d'information, organisationnelles, collectives, individuelles et techniques. Et l'exosquelette n'est qu'un élément de la réponse. ■ D. V.



© Patrick Delapierre pour l'INRS

TROP D'EXOSQUELETTES INUTILISÉS

« Une majorité des exosquelettes finissent inutilisés, dans des placards, estime Antoine Noël, le président de Japet, un fabricant de ce type d'équipement. Ce n'est pas le produit qui fait la valeur ajoutée. On ne peut pas mettre un exosquelette comme ça, sur n'importe quel collaborateur. On doit travailler très en amont avec lui, comprendre sa gestuelle, ses contraintes, son activité et modifier sans cesse le produit en fonction de ses retours... et passer beaucoup de temps dans la communication et l'explication. Pour ma part, je travaille depuis trois ans avec FM Logistic, notamment avec son entreprise adaptée pour aider au maintien dans l'emploi ou faire de la prévention tertiaire sur des personnes en situation de handicap... et nous n'en avons pas terminé. »

L'expérimentation scientifique au cœur du développement

Sur le site de Florange, spécialisé dans l'assemblage de colonnes de direction, Thyssenkrupp Presta France s'intéresse aux opportunités offertes par les exosquelettes et autres nouvelles technologies d'assistance physique. Menée avec l'université de Lorraine, une phase d'évaluation scientifique d'un poste industriel permettra d'orienter les choix de développement.

LE PROJET EXOSQUELETTE est né il y a plus de quatre ans, lorsque sont apparues sur le marché des solutions d'assistance passive au port de charge. Sa concrétisation est, depuis, attendue dans les ateliers avec autant de curiosité que d'impatience. Sur le site de Florange nord de l'équipementier Thyssenkrupp Presta France, en Moselle, on assemble des colonnes de direction pour l'automobile. Et les besoins sont réels.

Grâce aux évaluations ergonomiques réalisées dans l'entreprise, qui dispose de sa propre méthode d'analyse de postes pour en définir les niveaux de pénibilité, des priorités d'actions ont été fixées. En fin de ligne de production, un poste de réception, de contrôle et d'emballage de la colonne complète nécessitait notamment que l'on s'y attarde, du fait des cadences – 400 pièces par heure en moyenne – et des contraintes posturales. « L'automatisation était difficile à envisager, d'autant que les deux opérateurs présents ont ici une véritable valeur ajoutée qui est le contrôle final du produit », explique Guillaume Burgat, responsable avant-projet et chef de projet sur



REPÈRES

> 217 POSTES ont été analysés avec l'outil interne d'évaluation ergonomique. L'entreprise dispose ainsi d'une cartographie précise des situations de travail et a déterminé ses priorités d'action.

le développement d'exosquelettes. Les premiers essais, réalisés avec les exosquelettes existant dans le commerce, ne donnent pas satisfaction. Un partenariat est alors conclu avec un concepteur dans l'idée de développer un exosquelette actif. « L'opérateur va lui-même activer ou désactiver l'assistance », reprend le chef de projet. Mais le parcours n'est pas simple.

Michel Pascual, technicien méthode en charge de la démarche ergonomie chez Thyssenkrupp Presta France, établit d'abord un cahier des charges, cadrant la mission de l'opérateur et les besoins. Après une phase d'essais avec un premier prototype, des questions émergent, notamment autour de l'impact de l'exosquelette sur le corps de la personne qui le porte. « Nous nous sommes tournés vers la faculté des sciences du sport de Nancy pour mener une véritable évaluation scientifique du poste de contrôle et d'emballage de la colonne », poursuit Guillaume Burgat.

Cet après-midi de juin, une campagne d'expérimentation est en cours dans les locaux du CHRU

Brabois, à Nancy, au Centre d'expertise MéMoSim's (métrologie, modélisation, simulation en sport et en santé), cœur de l'unité Ergosim de l'université de Lorraine. Josselin Perz, moniteur de ligne ayant déjà occupé plusieurs postes à fortes contraintes dans l'entreprise, s'équipe des différents capteurs et porte les mêmes EPI que dans l'atelier. Il fait partie des six opérateurs volontaires sélectionnés par Michel Pascual au sein de Thyssenkrupp Presta France: des hommes et femmes représentant différents morphotypes pour le protocole d'essais. « J'ai pris le soin de relever toutes les cotes du poste – hauteur de palettes, écarts angulaires, espaces de circulation... – pour que soient recréés en laboratoire de façon la plus réaliste possible l'environnement de travail et les conditions de production. Au cours des expérimentations, nous reproduisons les cadences de l'atelier et même un enregistrement sonore replongera l'opérateur dans son ambiance de travail », décrit Michel Pascual.

« Ce qui nous réunit, c'est la compréhension de l'humain sous toutes ses facettes. J'ai conçu le

TROIS SITES EN MOSELLE

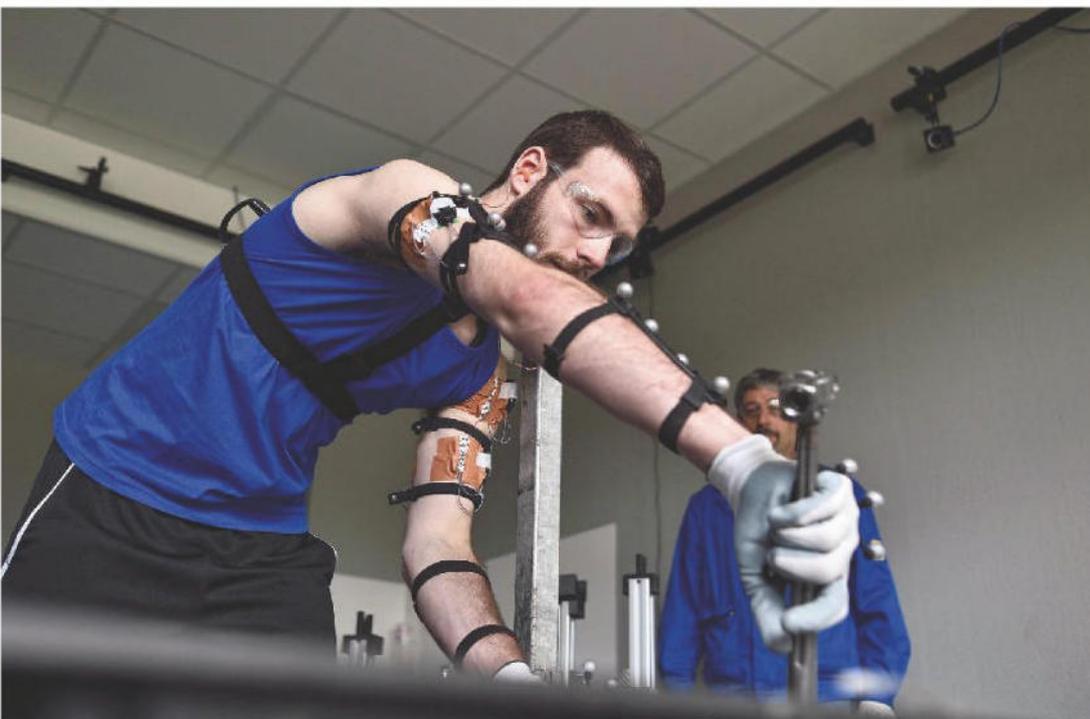
Plus de 850 personnes plus des intérimaires travaillent sur les trois sites dont dispose Thyssenkrupp pour la production de systèmes de direction automobile. Fameck et Florange nord sont spécialisés dans l'assemblage de colonnes de direction. Florange sud est dédié aux crémaillères de direction assistées par un moteur électrique. Intégré au programme industrie du futur de l'entreprise, le projet exosquelette a fait l'objet de présentations aux membres du CSSCT depuis son origine, avec des échanges réguliers avec le médecin du travail et la Carsat.

LES SOLUTIONS DE DEMAIN

L'usine de demain se pense aujourd'hui. Un projet stratégique de l'université de Lorraine s'intéresse à l'impact des nouveaux dispositifs de collaboration avec l'homme au regard des enjeux de l'industrie du futur. Cette action exploratoire, qui rassemble plusieurs laboratoires, vise à étudier cette problématique dans trois axes complémentaires: santé, organisation et adaptation des systèmes.

plan d'expériences de manière à identifier aussi bien les nouvelles sollicitations biomécaniques que les contraintes de l'interaction homme-exosquelette », précise Fabien Clanché, responsable scientifique du projet à l'Université

rieurs, du dos, des jambes afin de quantifier les efforts fournis. Enfin, on s'intéresse au positionnement et à l'équilibre de l'opérateur », explique Guillaume Mornieux, le biomécanicien de l'équipe. Il est difficile de concevoir une solution



© Patrick Delapierre pour l'INRS

de Lorraine. Les expérimentations, menées par une équipe pluridisciplinaire, durent quatre heures, avec trois phases de mesures complétées par des entretiens avec une psychologue.

De l'atelier au laboratoire, entre ressenti et mesure

« Pour chaque tâche de maintenance, nous enregistrons les amplitudes articulaires, d'abord sans puis avec le prototype d'exosquelette. Nous mesurons l'activité musculaire des membres supé-

qui aide sur tous les fronts. L'expérimentation doit permettre de mesurer les perturbations éventuelles induites par le port de l'exosquelette.

« J'ai d'abord rencontré les opérateurs sur site, pour comprendre leur vécu et la représentation mentale du travail. Il faut faire le lien entre le ressenti et la mesure », insiste Karine Duclos, psychologue à l'université de Lorraine. Après chaque enregistrement, la psychologue s'isole pour un entretien avec Josselin Perz.

Six opérateurs volontaires ont été sélectionnés pour participer aux expérimentations. Elles permettront de concevoir l'exosquelette le plus adapté possible à l'activité.

« Avec l'exosquelette, le mouvement est bien accompagné. La sensation est particulière au début, mais on s'y fait », commente ce dernier. « Nous passons au crible tous les aspects du poste de travail pour sortir un bilan objectif et subjectif, avec et sans exosquelette », observe avec intérêt Laurent Hannewald, coordinateur Hygiène sécurité et conditions de travail de Thyssenkrupp Presta France sur les trois sites mosellans.

L'entreprise veut une cartographie des zones d'efficacité de l'exosquelette pour chaque tâche, en fonction des différents morphotypes. « Ils sont allés très loin dans leur réflexion, en particulier sur les contraintes (inconfort, modifications de l'équilibre...) qui peuvent naître du port de l'exosquelette. Et depuis le début, les opérateurs sont associés », souligne Julien Allias, contrôleur de sécurité à la Carsat Alsace-Moselle. Il faut dire que l'enjeu est de taille. « Cette expérimentation doit nous permettre d'objectiver nos maux et nous aider à orienter notre panel de solutions ergonomiques. Il faut rester ouvert à tout », insiste Guillaume Burgat.

En fonction des résultats, des modifications devront sans doute encore être apportées sur l'exosquelette. D'autres questions se poseront ensuite, liées au temps d'habillage, au stockage de l'exosquelette ou même au choix des matières et des couleurs. « La démarche réclame du temps et peut de ce fait générer des frustrations », indique Laurent Hannewald. À nous d'avoir la pédagogie nécessaire pour qu'elle soit comprise et aboutisse à une solution efficace et acceptée par tous. ■ G. B.

UN POSTE PRIORITAIRE

À la suite de l'évaluation ergonomique globale, la recherche de solutions d'aménagement pour le poste de contrôle et d'emballage des colonnes de direction a été jugée prioritaire. Une colonne finie, de 4,5 à 9 kg, est délivrée toutes les 8 secondes sur la ligne. Les opérateurs réalisent plusieurs points de contrôle qualité sur la pièce puis la déposent dans un blister, placé dans un rack déplacé en zone de stockage. Comme ils sont deux, le temps de cycle par opérateur

est de 16 secondes. Outre les cadences, les contraintes liées aux postures et au port de charges sont importantes. L'automatisation étant difficile pour des raisons techniques et financières, l'entreprise s'est intéressée aux technologies d'assistance physique dont les exosquelettes. D'autres postes pourraient en bénéficier. L'expérimentation menée avec l'université de Lorraine donne l'opportunité de procéder à une évaluation scientifique de la situation de travail.

Les tireurs au râteau à l'aube d'une nouvelle ère

Colas met la technologie au service de ses tireurs au râteau. L'Exopush, un exosquelette codéveloppé avec la start-up RB3D, est déployé dans plusieurs agences en France et à l'international. L'objectif : améliorer les conditions de travail et le confort des compagnons, qui ont été associés au processus de conception.

EN CETTE CHAUDE MATINÉE de juillet, le chantier a démarré tôt. Un chantier d'enrobé d'apparence classique, dans le centre-ville de Nancy, mais dont l'un des acteurs porte un équipement qui attire l'œil... Max Necker est tireur au râteau, un métier éminemment physique, qui n'a que très peu évolué en 80 ans. Chargé de mettre en œuvre manuellement l'enrobé sur la chaussée, il est équipé de l'Exopush, un exosquelette d'assistance à l'effort codéveloppé par Colas avec la société bourguignonne RB3D. Le dispositif comprend un manche télescopique détectant l'intention de mouvement et relié à un capteur de force qui multiplie par cinq la poussée exercée, ainsi qu'une jambe de force pour reporter les efforts au sol.

« Pour le moment, je ne l'utilise qu'une heure. On relève ce qui va, ce qui ne va pas. Je pense que ça va vraiment améliorer les conditions de travail, qu'il s'agisse des postures ou des efforts à fournir. Et tant mieux, car étaler 60 tonnes d'enrobé à la main dans la journée, ça use », explique Max Necker. Autour de lui, l'enthousiasme n'est pas encore partagé par tous. « Je n'y crois pas à leur truc », marmonne un pelleteur, estimant que tout cela perturbe trop l'organisa-

tion. « Il y a des contraintes de mouvement liées à l'équipement qui reste un peu encombrant. Il faut que l'équipe apprenne à travailler différemment », explique Christian Osvald, le chef de chantier.

L'Exopush est un projet qui a mis du temps à arriver à maturité. « Dès 2010, nous réfléchissions, avec un physiothérapeute, à un dispositif permettant de soulager les compagnons. Je suis allé voir ce qui se faisait au Japon, aux États-Unis. Puis j'ai rencontré la société française RB3D sur le salon InnoRobo, en 2011 », se souvient Marc Maranzana, directeur Open innovation et numérique chez Colas. Basée à Auxerre, la start-up travaille alors sur le développement d'exosquelettes pour l'armée et cherche des cas d'application civile. Le challenge est d'autant plus grand qu'il ne s'agit pas ici de postes de travail fixe.

Des retours collaborateurs précieux

« Chaque chantier est un prototype. Tout change : la configuration, le matériel, les conditions environnementales... Nous sommes allés rencontrer les équipes, les observer, faire des mesures. Il était nécessaire de bien caractériser les tâches pour

voir ce que nous pouvions leur apporter », évoque Serge Grygorowicz, fondateur et dirigeant de RB3D. En parallèle, les travaux pour la défense se poursuivent et la technologie évolue. La phase d'échanges avec Colas, en France et en Suisse, conduit à l'élaboration des premiers prototypes. « Rapidement, nous les avons mis dans les mains de futurs utilisateurs sur le terrain. Les compagnons devaient être au cœur du processus de cocreation », reprend Marc Maranzana.

Au cours des phases de recherche et de développement, les retours des collaborateurs sont précieux. Il faut aller vers un exosquelette plus fonctionnel, plus efficace, mais également plus léger et plus maniable. La première version pesait plus de 40 kg contre à peine 8,4 kg pour la plus récente. En 2017, une présérie d'une quinzaine d'équipements arrive dans les agences. « Le harnais se fixe désormais sur la cuisse et non plus la hanche. C'est plus confortable. Un bloqueur installé sur la jambe de fixation permet également de moins ressentir le poids », constate Max Necker sur la dernière version testée.

« Nous avons une technologie

UNE APPROCHE COLLECTIVE

Depuis février 2019, différentes configurations de chantiers Colas sur lesquels l'Exopush est mis en œuvre ont fait l'objet de travaux d'observation menés par une équipe de l'INRS.

« Nous rencontrons les différents intervenants et avons des discussions autour de l'exosquelette. Nous animons également des confrontations collectives sur la base de séquences filmées, afin que chacun s'exprime », retrace Anaïs Ferry, en stage en psychologie du travail à l'INRS. Ces échanges, alors que l'entreprise est en phase

d'appropriation de la technologie, contribuent à la réflexion collective autour des réponses à apporter. « Sur de tels métiers, qui ont peu évolué jusqu'à présent, il faut laisser le temps à chacun de retrouver ses repères. Les évolutions techniques sur l'exosquelette se poursuivent en période de déploiement, explique Jean-Jacques Atain-Kouadio, ergonomiste à l'INRS. Les opérateurs sont formés à un outil qui n'est peut-être pas définitif. Sans cesse, il est nécessaire de réajuster les repères. »

mûre, prête à être déployée. Mais nous n'imaginions pas que l'innovation allait à ce point percuter l'organisation, reprend Marc Maranzana. Chaque agence a sa propre méthode d'appréhension des chantiers. Certaines ont immédiatement accepté l'Exopush, d'autres non. Nous avons donc lancé des études portant sur les interactions autour de l'outil et réfléchi à une stratégie d'intégration de l'exosquelette dans l'organisation. » Bien accompagner son

introduction sur le chantier, mais également s'intéresser aux situations dans lesquelles il est utilisé. Au niveau national, Colas, a récemment nommé un agent chargé du déploiement.

Retour à Nancy. Bernard Jung, chargé de prévention et instructeur Exopush pour Colas Nord-Est consacre une partie de son activité au suivi sur le terrain des opérateurs formés à l'exosquelette. Avec 30 ans d'exploitation derrière lui, il peut parler aux équipes libre-

ment. Il connaît le métier. « Ici, le tireur au râteau est convaincu. Il constate que, grâce à l'exosquelette, il a un réel gain postural avec une inclinaison de buste réduite. En revanche, les habitudes du collectif sont un peu bousculées. Avec l'équipe, il faut réfléchir à la façon de trouver un nouveau mode d'organisation », note-t-il.

Un outil de séduction

Pour réussir la transition, toute la chaîne hiérarchique doit être mobilisée. Du chef de centre au chef de chantier et bien sûr les compagnons. « Si ces conditions ne sont pas réunies, on va dans le mur », insiste Bernard Jung. Autre erreur à ne pas commettre : dédier l'outil à une seule personne. « Nous avions au départ un volontaire qui était devenu l'"homme exosquelette". Cela a créé des jalousies, si bien que lui-même a pris du recul, indique Jean-Luc Travkine, adjoint d'exploitation Colas Nord-Est. Nous avons donc recherché de nouveaux volontaires. Depuis peu, nous réfléchissons même à des formations d'équipes. »

En aucun cas, le dispositif ne doit être imposé. « L'Exopush n'est pas destiné à être utilisé en permanence », ajoute Audrey Gay, chargée de prévention Colas Nord-Est. C'est l'un des enseignements fondamentaux des phases d'essais. Pour ne pas être perçu comme une contrainte, l'exosquelette n'est sorti que lorsque la configuration du chantier et la quantité de travail sont telles qu'il apporte une vraie valeur ajoutée. Avec un enjeu d'amélioration des conditions de travail, Colas perçoit le potentiel de séduction vis-à-vis des jeunes générations, que cette nouvelle dimension technologique pourrait attirer vers le métier. ■ G. B.



La première version de l'Exopush pesait plus de 40 kg contre à peine 8,4 kg pour la plus récente. La façon dont il se porte a également été modifiée pour plus de confort.

© Philippe Costano pour l'INRS

MOINS D'INCLINAISON

Les experts de Colas se sont intéressés à l'angle d'inclinaison du dos des tireurs au râteau pendant le travail. Avec un outil traditionnel, il est de 50 degrés (et parfois plus en fin de travail) contre 20 degrés lorsque l'opérateur utilise l'Exopush. La posture est donc moins contraignante, pour une maîtrise du geste équivalente, sans nécessité de forcer. Le rythme cardiaque est également sensiblement plus lent quand l'appareil est utilisé.

ÉVOLUTIONS

Au fil des développements, RB3D a allégé le poids de la machine par l'intégration de matériaux en carbone et aluminium et réduit la longueur de l'outil afin qu'il soit moins encombrant sur le chantier et se range facilement dans les véhicules. Certains ajouts récents, au niveau de la jambe de force, permettent à l'opérateur de s'équiper et se déséquiper plus rapidement et d'avoir une plus grande liberté de mouvement.

L'évaluation, une étape clé

Sur le site de Béthune, dans le Pas-de-Calais, le géant japonais du pneumatique Bridgestone a connu bien des évolutions, qu'il s'agisse des produits fabriqués ou des équipements mis en œuvre. Une évaluation de l'interaction homme-exosquelette a récemment eu lieu sur un poste de vulcanisateur. Elle a été riche d'enseignements.

À LIRE LA DOCUMENTATION technique, c'était la solution rêvée! Un exosquelette léger, facile à enfiler et à ajuster, composé d'un harnais et d'un système de plaques se positionnant au niveau des cuisses et du tronc. Il devait permettre aux vulcanisateurs de travailler le dos plus droit et les assister dans la manutention des pneus, réduisant ainsi les efforts physiques à fournir. Mais l'histoire ne sera pas tout à fait celle-là...

Nous sommes à Béthune, dans le département du Pas-de-Calais, chez Bridgestone, qui emploie 950 personnes. L'usine, spécialisée dans la fabrication de pneumatiques pour les véhicules de tourisme, SUV ou 4x4, produit 5 millions de pneus par an, soit de 15 000 à 16 000 par jour. Des solutions continuellement adaptées aux besoins des constructeurs. « *Le vulcanisateur est l'opérateur qui s'approvisionne en pneus verts – non cuits – dans le département assemblage, puis les positionne sur les tables de cuisson des presses à vulcaniser*, explique Pierre Maerte, responsable gestion industrielle. *Il manipule de nombreux pneus de taille et de poids importants.* »

En 2017, avec Alain Monstier, responsable sécurité et sûreté, il fait le constat de déclarations toujours nombreuses de troubles musculo-squelettiques (TMS) et d'accidents

du travail dans ce département. Les deux hommes s'intéressent au développement de nouvelles technologies d'assistance physique telles que les exosquelettes et à ce qu'elles pourraient apporter à l'activité, en particulier pour le poste de vulcanisateur.

Une phase d'évaluation indispensable

« *Avant d'envisager l'exosquelette comme solution de prévention, l'entreprise s'était interrogée sur les différentes pistes susceptibles de réduire la charge physique de travail* », précise Séverine Denis, contrôleur de sécurité à la Carsat Nord-Picardie. De nombreux amé-

clarations de douleurs dorsales récurrentes, reprend Pierre Maerte. *Il nous fallait trouver une aide pour l'opérateur qui extrait le pneu du chariot et le met sur la table de chargement.* »

L'aventure exosquelette commence donc, avec une étude de marché. À l'époque, peu d'industries travaillent avec ces solutions, peu sont en phase de développement et les recommandations d'utilisation font défaut. Il faut tout inventer. Après en avoir référé au centre technique Europe, la décision de mener une évaluation de ces systèmes sur le poste de vulcanisation à Béthune, est prise. L'entreprise sélectionne alors un modèle qui semble répondre aux contraintes métier et achète cinq exosquelettes. « *Une phase d'évaluation était indispensable. Il fallait s'assurer que les équipements soulageraient efficacement le dos, mais aussi qu'ils n'allaient pas générer d'autres risques pour la sécurité, l'organisation du travail, ni même des douleurs sur d'autres parties du corps* », souligne Alain Monstier.

En février 2019, l'évaluation est lancée pour déterminer l'impact sur les conditions de travail du vulcanisateur. Au niveau Europe et localement, des équipes projet sont constituées. « *Nous avions des prérequis. Les opérateurs devaient*

« *L'analyse du besoin n'avait peut-être pas été suffisamment fine.* »

nagements avaient déjà permis de faire évoluer le poste: amélioration des stockages de façon à limiter les déplacements, tables de chargement à trois positions ajustables en hauteur, chariots pour pneus grande dimension sur un niveau... « *Nous étions néanmoins confrontés, comme dans nos autres usines européennes, à des*

FORMATION

Neuf volontaires suivis par le médecin du travail ont participé à l'évaluation de l'interaction homme-exosquelette sur le poste de vulcanisateur. Tous ont suivi une formation sur l'usage et les réglages de l'équipement, dispensée par le fabricant. Un formateur interne, Christophe Gallois, a également été formé: « *L'exosquelette ne fait pas de nous un surhomme. Il y a plein de choses à savoir, en termes de réglage ou d'utilisation, pour éviter par exemple qu'il nous déséquilibre.* »

CARACTÉRISER LE BESOIN

À Béthune, les préventeurs ont identifié un secteur qui a bénéficié d'aménagements mais où les opérateurs restent soumis à d'importantes contraintes physiques. Il s'agit d'un poste sur lequel des lots de gomme issus des différents process de fabrication sont récupérés, positionnés sur des palettes et réintroduits dans des mélangeurs. L'activité est répétitive et la tâche centrée sur la machine. Elle pourrait mieux bénéficier de l'utilisation de l'exosquelette et va faire l'objet d'une analyse approfondie.



© Grégoire Maisonneuve pour INRS

être partie prenante, sur la base du volontariat, et formés. Nous devons nous entourer d'experts internes, mais également du Centre technique des industries mécaniques (Cetim) pour la coordination, de la Carsat, de l'INRS et, bien sûr, du médecin du travail, explique Pierre Maerte. Les experts ont consacré du temps à l'observation des conditions d'usage et questionné les opérateurs. Enfin, nous avons mis en place un protocole de tests subjectifs et objectifs. »

« Il était intéressant pour nous de mieux comprendre les pratiques des entreprises en matière d'acquisition et d'intégration d'exosquelettes pour proposer des options méthodologiques », pré-

cise Jean-Jacques Atain-Kouadio, ergonomiste à l'INRS. Mais rapidement, l'enthousiasme retombe. « Il me semble que l'exosquelette est bien pensé et qu'il peut être très utile, mais il ne convient pas à l'activité », déclare Romuald Delattre, vulcanisateur. Un avis partagé par les autres testeurs : l'équipement génère plus de contraintes qu'il n'apporte de bénéfices et ne peut être utilisé à 100 % de ses capacités. Personne ne se transforme en Superman.

« Des stratégies d'évitement... »

Il faut dire que l'exosquelette contrarie un peu la marche. Or le poste nécessite de nombreux

Les opérateurs ont validé l'intérêt de l'exosquelette pour la réduction des efforts. En revanche, il n'est pas adapté au poste de vulcanisateur, caractérisé par une succession de tâches courtes.

déplacements. Du coup, si les sollicitations sont moindres au niveau du dos, elles sont plus fortes sur les jambes. Par ailleurs, le vulcanisateur effectue une succession de tâches, le dispositif ne soulageant que l'une d'elles. « Certains opérateurs développaient des stratégies d'évitement, adoptant de mauvaises postures à cause de l'exosquelette », poursuit Alain Monstier. Face à ce constat, l'évaluation est interrompue, sans même procéder aux tests objectifs. « L'analyse du besoin n'avait peut-être pas été suffisamment fine. Il aurait sans doute fallu, avant de se lancer, réaliser d'autres mesures objectives sur les opérateurs avec l'ergonome du service de santé au travail pour connaître précisément les muscles sollicités au cours de l'activité », reconnaît Pierre Maerte.

Pour autant, l'expérience, au niveau Europe comme localement, n'est pas vécue comme un échec. Elle est même riche d'enseignements. Car l'enjeu est désormais de réussir le coup d'après. Réorientant son projet, l'entreprise est repartie sur l'identification de situations de travail qui pourraient bénéficier de ce type de solution. Un poste plus sédentaire, assez répétitif et générant des sollicitations au niveau dorsal, a été identifié. Il pourrait faire l'objet d'une analyse ergonomique approfondie avant – peut-être – une nouvelle phase d'évaluation. Et pour les vulcanisateurs, les recherches se poursuivent. Nouvel exosquelette ou solution d'un autre type : les préventeurs ne s'interdisent rien. Chemin faisant, l'entreprise a enrichi ses connaissances et s'est construit une méthodologie d'intégration solide. ■ G. B.

ENSEIGNEMENTS

Les exosquelettes achetés ne seront pas utilisés par les vulcanisateurs. Néanmoins, cette expérience a permis à l'entreprise d'améliorer ses connaissances :

- Il est impératif que les opérateurs soient partie prenante d'un tel projet. Même si certains ont pu regarder avec amusement les collègues portant les exosquelettes participer aux essais dans l'usine, la technologie suscite de l'intérêt et beaucoup sont motivés par le projet.
- L'équipement nécessite des réglages précis à contrôler

régulièrement. Les utilisateurs doivent être bien formés.

- L'exosquelette est monotâche : il apporte une aide sur un point précis.
- Pour chaque activité qui pourrait bénéficier de ce type d'aide, il convient de bien caractériser le besoin d'assistance physique et d'étudier l'adéquation entre l'activité et l'exosquelette.
- L'évaluation des contraintes sur la personne en situation d'activité réelle est indispensable.

L'homme préservé plutôt que l'homme augmenté

La SNCF veut mettre un frein à la pénibilité des travaux de maintenance du matériel roulant ferroviaire. Développé avec la société Ergosanté Technologie pour répondre aux exigences de travail, un exosquelette modulaire, façon couteau suisse, arrive dans les technicentres. Objectif : préserver la santé physique de l'agent, sans chercher à en faire un surhomme.

EN MATIÈRE DE NOUVELLES technologies d'assistance physique, la SNCF se défend d'avoir cédé à un quelconque effet de mode. Si un exosquelette, développé en partenariat avec la société Ergosanté Technologie, et visant à réduire la charge physique des agents de maintenance du matériel roulant ferroviaire, est sur le point d'être commercialisé, il est loin d'être sorti du chapeau. Avant de se lancer, d'autres solutions, plus classiques, ont été envisagées. Au technicentre de maintenance

de Chambéry, Sébastien Marmillod s'apprête à remplacer des semelles et garnitures de freins. Une opération particulièrement éprouvante physiquement. Équipé de la toute dernière version de l'exosquelette encore en phase de test, il descend en fosse. « Le dispositif est assez ergonomique. Même en environnement contraint, je conserve de la souplesse dans mes déplacements. Tout est fluide, y compris lorsqu'il faut donner des coups de marteau, souligne l'agent de maintenance. Une

semelle de frein pèse 12 kg, qu'il faut porter à bout de bras. Avec l'exosquelette, on ne s'en rend plus compte. Et quelle évolution depuis le prototype que j'ai testé l'année dernière! »

Le couteau suisse de l'agent de maintenance

C'est en 2014 que la SNCF a identifié les nouvelles technologies d'assistance physique que sont les exosquelettes et les robots collaboratifs comme axes de progrès potentiels. Yonnel Giovanelli, responsable du pôle ergonomie et facteurs organisationnels et humains à la Direction du matériel, prend en charge, dès 2015, un projet d'expérimentation. Il réalise de nombreuses études ergonomiques, effectue un tour d'horizon complet du marché et teste les exosquelettes disponibles qui, pour l'essentiel, sont encore encombrants, lourds et difficiles à régler seul. « Je n'ai pas trouvé d'exosquelette adapté à nos exigences de travail et à l'extrême diversité des situations rencontrées par nos agents, explique-t-il. C'est pourquoi nous avons eu l'idée de concevoir un exosquelette modu-

📷 Même en environnement contraint, lors des interventions en fosse, le dispositif permet à l'opérateur de conserver une souplesse dans ses déplacements.



© Guillaume J. Pissson pour l'INRS

BESOIN ET SUIVI

L'analyse de l'existant a permis d'établir un cahier des charges fonctionnel avec cinq critères principaux retenus pour l'exosquelette : la légèreté, la facilité d'utilisation, l'adaptabilité aux différentes méthodologies, le caractère modulaire et le coût. Localement, le médecin du travail donnera son aval pour l'utilisation de l'exosquelette et assurera un suivi. La présence du préventeur d'établissement et un suivi national régulier permettront d'apprécier l'évolution dans le temps de la situation et d'identifier de nouveaux cas d'usage.

MAINTENANCE

La maintenance de l'exosquelette nécessite plusieurs niveaux d'intervention : au quotidien par l'utilisateur, des vérifications régulières de l'établissement, un check-up complet chez le fabricant avec une régularité à définir.



© Guillaume J. Plisson pour l'INRS

laire de type couteau suisse, que l'opérateur règle lui-même pour modifier l'assistance en fonction de la tâche à réaliser. »

L'exosquelette que porte Sébastien Marmillod réunit à lui seul cinq fonctions : assistance à l'extension des cervicales, au maintien des bras en l'air, à la flexion du tronc vers l'avant, à la manutention (jusqu'à 15 kg) et au port des outils lourds. En grande partie composé d'éléments imprimés en 3D, il reste relativement léger – autour de 6,5 kg – et s'adapte aux différentes morphologies. « Je sais quels réglages faire et à quel moment. C'est assez intuitif. Et puis ça donne une dimension technologique intéressante à un travail parfois ingrat », évoque l'opérateur.

Toutes les nuits, les agents de maintenance contrôlent en binôme deux rames de 7 ou 8 voitures. « Le changement des semelles de frein est une opération très courante, que je ne suis plus en mesure de réaliser sans l'exosquelette, m'étant blessé à l'épaule lors d'un accident du travail », poursuit-il. Dans beaucoup d'entreprises, les activités de maintenance restent accidentogènes. Nombreux sont

les opérateurs qui souffrent à leur poste de travail. Pour la SNCF, s'intéresser aux nouvelles technologies d'assistance physique n'a jamais été un prétexte pour répondre au fantasme de l'homme augmenté. Oubliez Iron man, ici, on parle d'homme préservé.

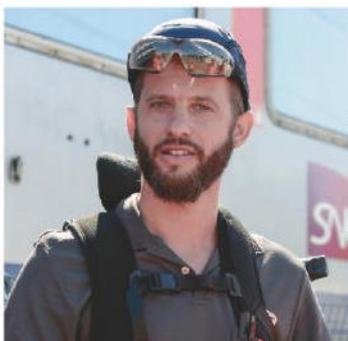
Intégrer des critères organisationnels et humains

Dès 2017, un groupe pluridisciplinaire (service des méthodes, ergonome, psychologue du travail, médecin du travail, utilisateurs...) a été formé pour suivre la conception technique et les tests des différents prototypes sur le terrain, avec plusieurs dizaines d'agents. Ces retours ont permis au partenaire Ergosanté Technologie de faire évoluer la solution. Jusqu'à la version testée aujourd'hui. « Il fallait avancer avec prudence car le port de l'exosquelette n'est pas neutre pour le corps et le fonctionnement des muscles. On n'en connaît pas les effets à moyen et long termes. Dans la démarche de conception, nous avons intégré, au-delà des données purement techniques, les critères

📷 L'exosquelette multiassistance permet notamment de réduire les efforts pour porter des pièces lourdes telles que les semelles de frein.

organisationnels et humains », souligne Yonel Giovanelli.

À la veille du déploiement dans les technocentres, l'ergonome est plus que jamais convaincu de la nécessité de continuer à œuvrer pour la mise en place d'une culture exosquelette dans l'entreprise. Il faut démythifier l'objet. Très tôt, il a d'ailleurs veillé à associer les organisations syndicales au projet. Les tests ont été réalisés avec des opérateurs équipés de capteurs pour les mesures physiologiques et biomécaniques, mais également via des questionnaires visant à évaluer le ressenti des agents. « Il fallait aller dans les établissements. Au niveau national, on ne connaît pas la situation projetée. Un exosquelette n'est pas un EPI. Ce n'est pas une clé de 12. C'est une interface entre l'agent et le travail », insiste l'ergonome. Chaque organisation a des risques et des contraintes qui lui sont propres. En fonction des cas, l'exosquelette pourra être dédié à un agent, à une équipe, à une tâche... Rien n'est prédéterminé. Pour cadrer sa démarche d'intégration, la SNCF demande aux établissements de rédiger une méthode de sécurité commune. Cela vaut pour l'exosquelette développé avec Ergosanté Technologie comme pour toutes les nouvelles technologies d'assistance physique qui seront proposées. Sont-elles adaptées à la situation ? Quels en sont les avantages et les inconvénients ? De quelle façon nécessitent-elles de requestionner le travail ? Dans chaque cas, les réponses devront se construire avec le collectif. En s'assurant de rester, du point de vue de la sécurité, globalement au moins équivalent à la situation antérieure, sans générer d'autres risques. ■ G. B.



© Guillaume J. Plisson pour l'INRS

MAINTIEN DANS L'EMPLOI

Au cours d'une intervention de maintenance, Sébastien Marmillod s'est gravement blessé à l'épaule. « J'ai été sorti du roulement de nuit car je ne suis plus en mesure de changer les semelles de frein. Du coup, j'ai perdu mes primes. C'est ma vie professionnelle et ma vie personnelle qui en pâtissent », explique-t-il. S'il fait partie des premiers testeurs de l'exosquelette, ce n'est pas un hasard. Il en va de son maintien dans l'emploi. « Avant d'avoir un problème, on se sent costaud », poursuit l'opérateur de maintenance. Surtout quand on est jeune. Il y a encore un vrai travail de prise de conscience à faire. L'exosquelette n'est pas un jouet. Pour tous, il peut permettre de se préserver. À mon niveau, c'est ce que j'essaie de transmettre. »