

Déploiement d'un exosquelette robotisé : retour d'expérience par l'entreprise Colas

AUTEURS :

A. Gay¹, J. Goineau¹, M.C. Houilliez², M. Bury³, L. Wioland⁴, J.J. Atain Kouadio⁴, H. Bréard⁴

1. Entreprise Colas

2. Service interentreprises de santé au travail du Bâtiment, des travaux publics et activités connexes de la Lorraine

3. Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) Nord-Est

4. Département Homme au travail, INRS

EN
RÉSUMÉ

Les tâches exigeantes physiquement qui ne peuvent être ni mécanisées ni automatisées sont connues pour exposer les travailleurs à des contraintes biomécaniques importantes. Ces dernières constituent des facteurs de risque de survenue des troubles musculosquelettiques (TMS). Pour y faire face, les entreprises expérimentent aujourd'hui de nouvelles approches de prévention complémentaires à celles existantes et ayant fait la preuve de leur efficacité. C'est dans cette logique que l'entreprise Colas a engagé une démarche de déploiement d'exosquelettes robotisés, à l'aide d'un comité de pilotage pluridisciplinaire. Cet article présente leur retour d'expérience.

MOTS CLÉS

Exosquelette / Trouble musculosquelettique / TMS / Ergonomie / Organisation du travail / Technologie avancée / Pathologie ostéo-articulaire / Pathologie péri-articulaire / Charge physique / Astreinte physique

CONTEXTE

LES EXOSQUELETTES : GÉNÉRALITÉS

Depuis quelques années, le développement des nouvelles technologies d'assistance physique, et plus particulièrement des exosquelettes, s'accélère, les entreprises s'en équipant de plus en plus. Les exosquelettes sont conçus pour assister physiquement les opérateurs dans la réalisation d'une tâche afin de réduire leur exposition aux contraintes physiques [1]. Les entreprises les perçoivent comme des dispositifs pouvant contribuer à améliorer les conditions de travail, en permettant en particulier de réduire l'exposition des opérateurs aux facteurs de risque biomécaniques de troubles musculosquelettiques (TMS). Un exosquelette peut être « actif » lorsqu'il est actionné par un système robotisé et « passif » lorsqu'il fonctionne par restitution d'énergie mécanique grâce, entre autres, à des matériaux particuliers, des systèmes à ressorts ou des élastiques [2].

COLAS ET LES EXOSQUELETTES : HISTORIQUE

Implanté dans une cinquantaine de pays, le groupe Colas est le leader mondial de la construction, de l'entretien et de la maintenance des infrastructures de transport. En 2009, l'entreprise a débuté une recherche de nouvelles solutions techniques suite à une demande de l'agence Colas de Genève qui souhaitait améliorer les conditions de travail des travailleurs manuels et en particulier celles des régleurs d'enrobé. En 2010, l'entreprise a collaboré avec un ergonome afin de réfléchir sur un dispositif technologique et l'année suivante, Colas s'est mis en relation avec RB3D, entreprise spécialisée dans la robotique collaborative, afin de concevoir un exosquelette d'assistance à l'effort. Cet exosquelette était initialement destiné aux opérateurs (appelés compagnons) chargés de la mise en œuvre manuelle des enrobés sur la chaussée. RB3D a alors réalisé les premières études afin de caractériser les tâches des régleurs d'enrobés et conçu

Déploiement d'un exosquelette robotisé : retour d'expérience par l'entreprise Colas

les prototypes de l'exosquelette actif baptisé Exopush. En 2013, le maquettage a débuté. En 2014, un premier prototype a été testé puis un travail de co-construction entre RB3D et les équipes Colas s'est mis en place pour améliorer la facilité d'utilisation, l'ergonomie, ou encore la mobilité de l'Exopush. Pour chaque prototype, des essais ont été réalisés sur le terrain avec les utilisateurs de l'entreprise. En 2018, après 8 mois d'expérimentation au sein de 6 établissements Colas, l'Exopush a enfin atteint un niveau de maturité technologique qui a permis d'envisager son déploiement à plus grande échelle.

LES CHANTIERS D'ENROBÉS

Selon les situations, les chantiers d'enrobés peuvent être réalisés de façon mécanisée ou manuelle. La différence réside dans l'utilisation, ou non, d'engins de chantier pour la mise en œuvre des enrobés. Pour les chantiers mécanisés, la mise en œuvre des matériaux bitumineux se fait à l'aide d'un finisseur. Les camions bennent les matériaux dans la trémie du finisseur, qui ensuite répartit et pré-compacte les matériaux sur une largeur définie. Ensuite les enrobés appliqués sont compactés au moyen d'engins. Dans certaines conditions, des chantiers ne peuvent pas être intégralement mécanisés : par exemple, en milieu urbain, dans le cas des trottoirs ou des allées piétonnes. Dans ces situations, les enrobés sont amenés par des camions bennes sur le chantier, puis généralement approvisionnés au lieu d'application à l'aide de brouettes ou de chargeuses. Ils sont versés sous forme de « tas » plus ou moins importants qu'il faut d'abord dégrossir, puis répartir et étaler manuellement à l'aide de pelles et raclettes par les « tireurs de râteau » (régleurs

d'enrobé). Ces derniers répandent les enrobés en respectant les quantités à employer, enlèvent l'excès, complètent les vides, et effectuent manuellement le nivellement de la surface à l'aide de la raclette (en bois ou en aluminium) en veillant à l'uniformité des couches (photo 1). Ces opérations constituent des réglages « fins ». Dans ces conditions, les régisseurs d'enrobés sont soumis à des contraintes physiques de l'ensemble de leur corps. Ces tâches de manutention manuelle qui imposent également des postures sollicitantes pour l'ensemble du corps dans le cas des poussées effectuées avec leur râteau, constituent des facteurs de risques de TMS. Dans ce contexte l'Exopush est appréhendé comme une solution de préservation de la santé des opérateurs, en permettant de réduire les sollicitations physiques.

L'EXOPUSH

L'Exopush est un exosquelette robotisé, ou râteau « cobotisé », qui se compose d'un harnais, d'une jambe de force qui reporte le poids de charge au sol afin de réduire les efforts, améliorer la posture et le confort de l'utilisateur et d'un manche télescopique qui détecte l'intention de l'utilisateur et amplifie son geste en fonction de son besoin (photo 2). Il peut démultiplier par cinq les efforts de l'opérateur. L'objectif est de réduire les efforts à fournir et la répétitivité des opérations. Avec l'Exopush, les efforts sont transférés à travers le système directement vers le pied en limitant l'impact sur le dos, ce dernier étant assisté par une jambe de force. Il réduit ainsi les postures excessives, l'angle d'inclinaison du dos passant de 50° (avec un outil traditionnel) à 20°. Enfin, l'outil



Photo 1 : Mise en œuvre manuelle d'enrobés sans dispositif d'assistance physique



© Christian Pedrotti (Colas)

Photo 2 : Mise en œuvre d'enrobés avec l'Exopush

étant plus large, il permet de déplacer plus de matériau et de diminuer la fréquence gestuelle de l'ordre de 30 %. Le système est alimenté par une batterie permettant une autonomie de 6 heures de travail.

DÉBUT DU DÉPLOIEMENT ET PREMIERS ENSEIGNEMENTS

Au cours de l'année 2018, 33 Exopush ont été déployés au sein de différents établissements du groupe. Une fois la démarche d'intégration validée par l'usage de l'exosquelette sur les sites pilotes, le déploiement consiste à la dupliquer à plus grande échelle (dans les différents établissements du groupe ou sur les différentes situations de travail identifiées comme ayant besoin de ce type d'assistance physique).

Dans un premier temps, une réunion d'information a été réalisée au

sein des établissements. Ensuite, la formation des utilisateurs identifiés par le responsable de l'établissement a été dispensée par un collaborateur Colas. Ce collaborateur était entièrement dédié à cette mission pour l'ensemble de l'entreprise. La formation à destination de l'utilisateur comportait une partie théorique sur les objectifs du projet et l'apport de l'Exopush, suivie d'une partie pratique portant sur son utilisation.

Suite à ces premiers déploiements, le constat a été fait par Colas, au travers des taux d'utilisation, que l'adoption n'était pas instantanée et que le changement d'habitude nécessitait du temps. Ainsi, une nouvelle phase d'observation sur le terrain par les équipes Colas, avec l'appui d'un psychologue du travail et d'étudiants de l'École des Mines pour les aspects techniques, a été réalisée. Dans un premier temps, il est apparu que des adaptations de l'outil étaient nécessaires. Un travail a donc été effectué par RB3D sur la modification du harnais en insérant un pivot dans le dos pour un meilleur équilibrage des tensions sur les épaules. L'accroche de l'Exopush a été positionnée sur la jambe et non plus sur la hanche afin d'éviter tout déséquilibre et des raclettes plus larges et plus légères ont été proposées aux utilisateurs, avec pour objectif d'améliorer leur ressenti.

POURSUITE DU DÉPLOIEMENT

Fort de ces enseignements, Colas a décidé de poursuivre le déploiement en l'organisant autour de deux actions : constitution d'un comité de pilotage pluridisciplinaire pour la mise en œuvre d'une analyse pluriannuelle des retours

d'expérience des utilisateurs et un accompagnement rigoureux de l'ensemble des salariés concernés.

CONSTITUTION D'UN COMITÉ DE PILOTAGE ET ACCOMPAGNEMENT DU DÉPLOIEMENT

En 2018, la poursuite du déploiement a été l'occasion pour Colas, à l'initiative de la Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail – CARSAT – Nord-Est, de solliciter l'INRS pour faire un point sur les connaissances disponibles en matière d'intégration des exosquelettes. Plusieurs réunions d'informations et d'échanges se sont déroulées. Elles concernaient les intérêts et les limites des exosquelettes pour la prévention des TMS, des points méthodologiques quant à la démarche d'intégration et de déploiement [3] mais également les travaux exploratoires de l'INRS sur l'acceptation de ces technologies.

Ainsi, afin d'organiser au mieux ces échanges, un comité de pilotage pluridisciplinaire rassemblant divers acteurs clés, internes et externes à Colas, a été créé en 2019, constitué de représentants de Colas, du service de santé au travail, de la CARSAT, de l'INRS et de RB3D. La poursuite du déploiement de l'Exopush au sein de nouveaux établissements est donc désormais suivie par ce comité qui se réunit 4 fois par an et qui permet de concentrer les informations pour faire avancer les intérêts, les connaissances et les prises de décisions.

Le **service de santé au travail** a apporté son expertise dans le domaine de la physiologie de l'individu et dans la surveillance des éventuelles conséquences pathologiques, aussi bien physiques que psychologiques, concernant les salariés, en particulier les utilisateurs de l'Exopush. Il relaye également les commentaires exprimés

Déploiement d'un exosquelette robotisé : retour d'expérience par l'entreprise Colas

par les utilisateurs lors de leurs visites de suivi de l'état de santé. De plus, il contribue au suivi des indicateurs santé dans le temps pour documenter les effets à moyen et long termes de l'usage de l'Exopush. La **CARSAT Nord-Est** veille à la prise en compte de la problématique exosquelette dans le cadre plus général de la prévention des risques professionnels. Les exploitants et préventeurs de **Colas** partagent leurs remontées terrain, les éventuelles difficultés rencontrées par les collaborateurs au quotidien (utilisateurs, collègues, membres de l'encadrement) mais également les réussites identifiées dans certains établissements. **L'INRS**, au travers d'études qu'il réalise chez Colas, approfondit, en termes de connaissances et d'analyse, la caractérisation des conséquences de l'usage de ces nouvelles technologies sur la charge physique de travail des opérateurs en situation ou encore la question du processus d'acceptation de ce dispositif par les compagnons. **RB3D** est à l'écoute de toutes ces remontées et se les approprient pour faire évoluer techniquement l'Exopush afin qu'il puisse répondre au mieux aux exigences de tous.

Par ailleurs, le comité de pilotage a constaté que l'exosquelette avait un impact beaucoup plus important qu'envisagé initialement. En effet, l'Exopush constitue une vraie rupture technologique et les impacts psychologiques sur l'utilisateur, le collectif de travail et l'organisation de l'équipe n'avaient pas été suffisamment appréhendés. À l'origine, le régleur d'enrobés avait une position centrale et fondamentale dans l'équipe de mise en œuvre puisqu'il avait la charge de régler et de parfaire la surface de l'enrobé, avant son cylindrage ; lors de cette phase de finition, il était en quelque sorte celui qui garantissait

le rendu final et définitif (il pouvait être un « chef d'équipe bis »). En changeant l'activité réalisée par le régleur d'enrobé muni d'un Exopush, sa fonction au sein de l'équipe s'est modifiée. L'utilisation de l'Exopush a donc également un impact majeur sur les habitudes de l'équipe, ancrées depuis de nombreuses années. Ces modifications expliquent, par exemple, que certains régleurs d'enrobés utilisant l'Exopush se sont sentis isolés au sein de leur équipe. Au regard de ces constats, le comité de pilotage a souligné l'importance de revoir l'organisation des tâches, mais aussi accepter une nouvelle évolution de la hiérarchie au sein de l'équipe : le régleur d'enrobé n'en est plus le pivot mais il devient le principal opérateur de mise en œuvre initiale, en allégeant les efforts nécessaires au dégrossissage des tas d'enrobés pour les autres compagnons. Cela change alors le fonctionnement et les relations au sein de l'équipe.

D'autres points ont été également discutés au sein du comité de pilotage comme par exemple l'effort nécessaire au début de l'utilisation de l'Exopush pour réapprendre le geste : le compagnon étant moins penché vers l'avant, sa vision n'était plus la même, et il devait donc réapprendre à travailler autrement. Au final, certains utilisateurs ont abandonné assez vite, surtout quand ils ne bénéficiaient pas du soutien de leur hiérarchie ou de leur équipe.

Suite à ces différents échanges au sein du comité de pilotage, le déploiement s'est poursuivi autour de différentes actions visant à mieux comprendre les réalités du terrain, à renforcer et homogénéiser le dispositif d'accompagnement entre les établissements et ainsi améliorer les conditions de succès de l'intégration de l'Exopush

au sein des équipes. En amont, des **démonstrations** ont été réalisées, par exemple lors de journées sécurité organisées par les établissements, pour que tous les compagnons opérateurs puissent être sensibilisés sur le sujet. À cette occasion, ils pouvaient tester l'exosquelette et se rendre compte de l'effet de l'assistance physique. Un kit de déploiement a été élaboré avec l'objectif d'**impliquer l'ensemble de l'équipe** lors de l'arrivée de l'Exopush, ceci afin d'éviter que l'utilisateur ne se sente isolé. L'idée était de créer une dynamique pour que l'Exopush ne soit plus individuel mais au service du collectif afin que chacun comprenne son apport, ses limites et comment il pouvait contribuer à certaines activités sur les chantiers (par exemple pour dégrossir les « tas » d'enrobés sur les chantiers manuels qui seront ensuite gérés par les autres opérateurs). Toujours dans cette logique, avant l'arrivée de l'Exopush au sein d'un établissement, le chef d'établissement, le responsable d'exploitation et l'ensemble de l'encadrement étaient dorénavant systématiquement sensibilisés sur ce nouvel outil. La **formation terrain** sur deux jours a été approfondie et intégrée au programme de formation Colas, avec une partie théorique sur la création de l'Exopush, son intérêt, ses bénéfices pour le compagnon, suivie d'une partie pratique sur la manière de s'équiper, de se déséquiper et de l'utiliser, en atelier puis sur un chantier. Un compagnon qui va utiliser l'exosquelette suit la formation complète, et désormais les autres membres de son équipe en suivent également une partie. L'intégration des autres membres de l'équipe et du chef de chantier aux formations vise à créer une dynamique de groupe. Par la constitution d'un collectif

motivé, l'Exopush, outil individuel, pourrait devenir l'outil de l'équipe (autour duquel celle-ci organise son activité).

Un travail a également été réalisé pour sensibiliser les équipes à faire évoluer leur organisation lors de l'utilisation de l'outil. Ce travail permet à chacun de mieux comprendre et identifier les évolutions possibles de son rôle au sein de l'équipe. Par exemple, il a été mis en avant l'intérêt de tester l'intervention de l'utilisateur de l'Exopush en amont, c'est-à-dire pour venir dégrossir les matériaux avant la phase des « réglages fins » alors qu'il ne devait intervenir qu'au niveau des « réglages fins » après que d'autres opérateurs aient dégrossi les tas d'enrobé.

Au fil des utilisations, de nouveaux usages ont également été testés, notamment sur les matériaux granulaires.

Désormais, 83 Exopush sont en circulation en France dans 77 agences, 13 Exopush ont été déployés à l'international, et près de 250 personnes ont été formées. Un responsable de déploiement entièrement dédié à ce sujet a été nommé en 2019 pour piloter le déploiement en France.

EXEMPLE D'UNE ACTION MENÉE À L'INITIATIVE DU COMITÉ DE PILOTAGE

Suite à un comité de pilotage dans lequel il avait été exprimé par les exploitants et les préventeurs de Colas que certains compagnons avaient encore des réticences à l'encontre de l'Exopush, il a été décidé d'approfondir la question de son acceptation. Ainsi, le comité de pilotage a poursuivi les travaux avec l'INRS pour mener une étude sur ce sujet. L'acceptation peut se définir comme les processus psychologiques qui vont déterminer si un utilisateur va adopter ou rejeter une nouvelle technologie.

MÉTHODE

Un questionnaire sur l'acceptation des exosquelettes dans le cadre de la prévention des TMS, élaboré précédemment par l'INRS, a été adapté avec Colas aux spécificités de l'activité des tireurs d'enrobés et leurs collectifs de travail [4, 5]. Les réponses au questionnaire permettent d'avoir des pistes d'explication sur les raisons pour lesquelles certains salariés acceptent de travailler avec l'Exopush et d'autres non. Traiter de cette question permet par ailleurs d'identifier, de corriger et de prévenir des difficultés liées à l'interaction entre l'opérateur et le dispositif technique.

En raison du contexte (crise sanitaire liée à la pandémie de Covid-19 en 2020), un dispositif spécifique a été mis en place pour la passation des questionnaires. Les responsables d'agences ont participé à des visioconférences de présentation des objectifs du questionnaire et des conditions à mettre en place pour garantir le recueil des avis des compagnons. Une présentation du questionnaire a été faite aux ressources Colas (préventeurs, responsables de secteurs et chefs de chantiers) qui ont accompagné localement le recueil d'information. Ce questionnaire a ainsi été diffusé à l'échelle nationale au sein des équipes de Colas dotées d'un Exopush.

Le questionnaire comprend 45 questions et la passation dure une vingtaine de minutes. Il est structuré autour de six dimensions qui déterminent l'acceptation. La dimension « **utilisabilité** » correspond au degré selon lequel un opérateur pense que l'utilisation du système ne nécessite pas d'effort et qu'il est facile d'utilisation. La dimension « **utilité** » de l'exosquelette évalue le degré selon lequel un opérateur pense que

l'utilisation d'un système améliore sa performance au travail. Cette dernière est divisée en deux parties : performance du point de vue de la production et performance du point de vue de la santé et sécurité. Les « **conditions facilitantes** » correspondent à ce que l'organisation met en place en amont du déploiement des exosquelettes et une fois déployés. La dimension « **influence sociale** » est définie par le degré avec lequel un opérateur perçoit l'avis des autres concernant l'utilisation du dispositif. Les aspects sur « **l'identité professionnelle** » correspondent à la représentation que l'utilisateur se fait de lui-même en fonction des caractéristiques de son travail. Les « **affects** » correspondent au ressenti de l'utilisateur. Les modalités de réponses suivent une échelle en 5 niveaux avec un score associé allant de 1 (pas du tout d'accord) à 5 (tout à fait d'accord).

RÉSULTATS

De mai à juillet 2020, 78 tireurs d'enrobés qui utilisent ou ont utilisé l'Exopush ont été interrogés. Ils étaient en moyenne âgés de 37 ans et travaillaient depuis environ 12 ans au sein de Colas dont 9 années passées à leur poste actuel. Parmi eux, 91 % étaient en CDI et 9 % étaient intérimaires. Quelques résultats par dimension sont brièvement présentés à titre d'illustration.

Concernant l'utilisation de l'exosquelette, 62 % étaient favorables, 28 % défavorables et 10 % mitigés. Que les utilisateurs soient favorables ou défavorables à l'utilisation de l'Exopush, ils s'accordaient tous pour évaluer très positivement l'accompagnement mis en place par Colas lors des différentes phases d'intégration et de déploiement (dimension « conditions facilitantes »). Concernant les items des

Déploiement d'un exosquelette robotisé : retour d'expérience par l'entreprise Colas

autres dimensions, les favorables et défavorables trouvaient que l'Exopush est facile à mettre en place et à utiliser mais qu'il est complexe de se déplacer avec (dimension « utilisabilité »). Les défavorables ajoutaient avoir l'impression d'être empêchés de travailler comme ils le souhaitent. Même si les favorables estimaient leurs collègues et leur encadrement bienveillants vis-à-vis de l'utilisation de l'Exopush, ils soulignaient avoir l'impression que la qualité de leurs relations se dégrade quand ils l'utilisent (dimension « influence sociale »). Les défavorables percevaient leurs collègues et leur encadrement comme moyennement favorables à ce qu'ils utilisent l'Exopush. En revanche, ils partageaient le même ressenti quant à la qualité des relations avec leurs collègues et ajoutaient même avoir l'impression d'être regardés bizarrement par les passants dès qu'ils étaient équipés du dispositif. Qu'ils soient favorables ou non à l'Exopush, la performance en termes de productivité était considérée identique avec ou sans l'Exopush. Les défavorables soulignaient tout de même avoir l'impression de travailler moins vite et fournir un travail de moins bonne qualité. En termes de santé et sécurité, ils considéraient tous faire moins d'efforts physiques, être moins fatigués et que les gênes au niveau du dos et des bras étaient diminuées quand ils utilisaient l'Exopush (dimension « performance »).

Les favorables à l'Exopush considéraient que leur métier est valorisé par l'Exopush et qu'il a sa place dans leur métier (dimension « identité professionnelle »). Au final, ils disaient apprécier de travailler avec et avoir confiance dans le dispositif (dimension « affects »). À l'inverse, les défavorables déclaraient ne pas aimer travailler avec,

ne pas être enthousiastes et ne pas le trouver agréable à utiliser.

RESTITUTIONS ET DÉFINITION DE NOUVELLES ACTIONS

Ces résultats ont été restitués au comité de pilotage et les points bloquants et/ou facilitateurs identifiés ou confirmés y ont été discutés. L'ensemble du comité de pilotage a ainsi pu mieux appréhender les éléments de l'acceptation à intégrer lors du déploiement de cette technologie dans les établissements.

De nouvelles pistes d'actions ont été discutées au sein du comité. Par exemple, il a été décidé de poursuivre le travail avec les utilisateurs de l'Exopush en les impliquant dans des groupes de travail pour réfléchir à comment lever les points de blocage et renforcer les aspects favorables à la dynamique de déploiement tout en préservant la santé et la sécurité des utilisateurs. De même, il a été décidé de poursuivre et consolider les actions liées au travail collectif : par exemple, en communiquant au sein des équipes pour redéfinir les rôles et les tâches de chacun et améliorer l'organisation de l'équipe afin de maintenir la synchronisation des actions et éviter ainsi que l'utilisateur de l'Exopush gêne ses collègues. Un renforcement de l'accompagnement du déploiement de l'Exopush sur le terrain par les préventeurs de Colas a été décidé, tout comme le choix d'affecter l'Exopush aux chantiers les plus adaptés.

DE NOUVEAUX USAGES EN PHASE DE DÉPLOIEMENT

Actuellement, le déploiement de l'Exopush est encore en cours et fait l'objet de discussions au sein du comité de pilotage et dans les agences de Colas en France. Par exemple, de nouveaux usages de

l'Exopush ont été identifiés sur le terrain, ce qui peut amener Colas à ajuster encore certains éléments de sa démarche de déploiement tels que les messages véhiculés à propos des utilisations possibles du dispositif. Ces nouveaux usages testés par les utilisateurs concernent le réglage des matériaux dit « blancs » (gravas non traités, sans liant de bitume) qui nécessite également des efforts lors de leur mise en œuvre. Plus précisément, la cohésion et la viscosité apportées aux matériaux par le bitume dans les enrobés n'existe plus dans les matériaux blancs. L'étalement des tas – souvent plus gros – déversés, le dégrossissage de réglage des matériaux puis leur réglage fin sont également source d'efforts physiques, de fatigue et de contraintes posturales. Il apparaît donc que l'utilisation d'un Exopush lors de la mise en œuvre de « blancs » pourrait s'avérer également pertinente en termes de santé et sécurité au travail. Colas intègre ainsi ces nouveaux usages au fur et à mesure dans la démarche de déploiement. L'éventualité que de nouveaux usages du dispositif apparaissent encore est à anticiper et à intégrer pour ajuster au mieux la démarche de déploiement.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les premiers retours d'expériences sur le déploiement d'exosquelettes en entreprise et le projet Colas indiquent que celui-ci doit également s'organiser avec la même rigueur que les phases qui jalonnent l'intégration de l'exosquelette [3] au risque de faire émerger des difficultés de différentes natures (liées à l'organisation, au

collectif de travail...). Ainsi, il s'agit de créer les conditions permettant un déploiement maîtrisé par l'ensemble des acteurs de l'entreprise. Ceci implique en particulier de maintenir un comité de pilotage multidisciplinaire pour appréhender, suivre, ajuster et arbitrer au fur et à mesure des retours d'expérience du terrain les actions de déploiement. Pour cela il est nécessaire de tracer, documenter et formaliser les retours des utilisateurs. En d'autres termes il s'agit d'assurer la capitalisation des retours d'expérience (développement de nouveaux usages, réorganisation des collectifs et du travail, évolution des indicateurs santé et sécurité...) et de les mettre en débat au sein du comité de pilotage. Il faut également assurer une analyse critique de l'atteinte des objectifs, des moyens mis en œuvre, des résultats

obtenus et de l'impact en matière de prévention de la démarche exosquelette menée initialement par l'entreprise. Cette dernière doit ainsi valider l'usage de l'exosquelette en situation de production sur une durée suffisante sans dégradations des conditions de travail (sécurité, gênes, douleurs, fatigue, charge mentale...), ni perturbations gênant l'atteinte des objectifs de travail (efficacité, productivité, qualité, vitesse...) en s'appuyant sur de nombreuses itérations. L'arbitrage devra ainsi permettre de confirmer que l'opérateur bénéficie du potentiel d'assistance physique de l'exosquelette tout en conservant les aptitudes nécessaires pour exprimer son expertise professionnelle et consolider ses repères au sein du collectif de travail. À partir de ces critères, il peut être décidé de réajuster, de continuer ou non

le déploiement de l'exosquelette dans l'entreprise.

Ce retour d'expérience de Colas permet d'identifier des points de vigilance à considérer durant cette phase complexe. Ainsi, la phase de déploiement d'une nouvelle technologie telle qu'un exosquelette robotisé est une étape cruciale tant du point de vue de la réussite de cette étape, de l'acceptation de l'exosquelette par les utilisateurs, que du point de vue de la prévention des risques professionnels que son introduction pourrait générer. Des études et des retours d'expérience restent à conduire afin de compléter encore les points de vigilance identifiés compte tenu de la diversité des situations de travail et des organisations en entreprise, ou encore des différents types d'assistance par exemple.

POINTS À RETENIR

- Les conditions du déploiement d'une nouvelle technologie telle qu'un exosquelette robotisé constituent une étape cruciale.
- Un comité de pilotage pluridisciplinaire rassemblant les acteurs de la prévention internes et externes à l'entreprise doit être constitué pour accompagner ce déploiement.
- De nouveaux usages de l'exosquelette peuvent apparaître au cours de cette étape, impliquant des ajustements.
- Le déploiement implique d'assurer la capitalisation des retours d'expériences des utilisateurs et de les mettre en discussion au sein du comité de pilotage.

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 | BOSCH T, VAN ECK J, KNITEL K, DE LOOZE M - The effects of a passive exoskeleton on muscle activity, discomfort and endurance time in forward bending work. *Appl Ergon.* 2016 ; 54 : 212-17.
- 3 | 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 : 32 p.
- 4 | WIOLAND L, DEBAY L, ATAIN-KOUADIO JJ - Acceptation des exosquelettes par les opérateurs : étude exploratoire. Vu du terrain TF 264. *Réf Santé Trav.* 2019 ; 157 : 45-61.
- 5 | WIOLAND L, DEBAY L, ATAIN-KOUADIO JJ - Processus d'acceptabilité et d'acceptation des exosquelettes : évaluation par questionnaire. Vu du terrain TF 274. *Réf Santé Trav.* 2019 ; 160 : 49-76.