



**Laurent
KERANGUEVEN**

Département ECT

Pôle AGST



**Jean-Jacques
ATAIN KOUADIO**

Département HT

Labo EPAP

Matinale Bretagne Supply Chain 05 octobre 2021



Prévention des TMS : quelle place pour les exosquelettes ?

Hardiman, 1968



LE CONCEPT D'EXOSQUELETTE

Applications médicales



Mobilité



Viteckova et al., 2013

Augmentation



Applications militaires



Gregorczyk et al., 2010

Mudie et al., 2018

Assistance physique



Applications industrielles



Définition

Un exosquelette, qu'est ce que c'est ?



Ils sont portés par l'utilisateur
(à contention / « wearable »)



Ils offrent une aide au mouvement
« Assistance Physique »



DAP: Dispositif d'Assistance Physique
RAP : Robot d'Assistance Physique

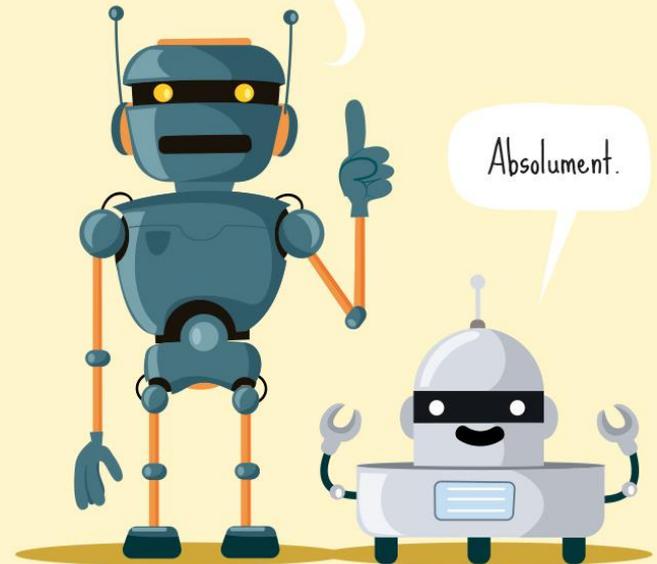
IDÉE REÇUE N°1

« LES EXOSQUELETES SONT
TOUS DES ROBOTS. »

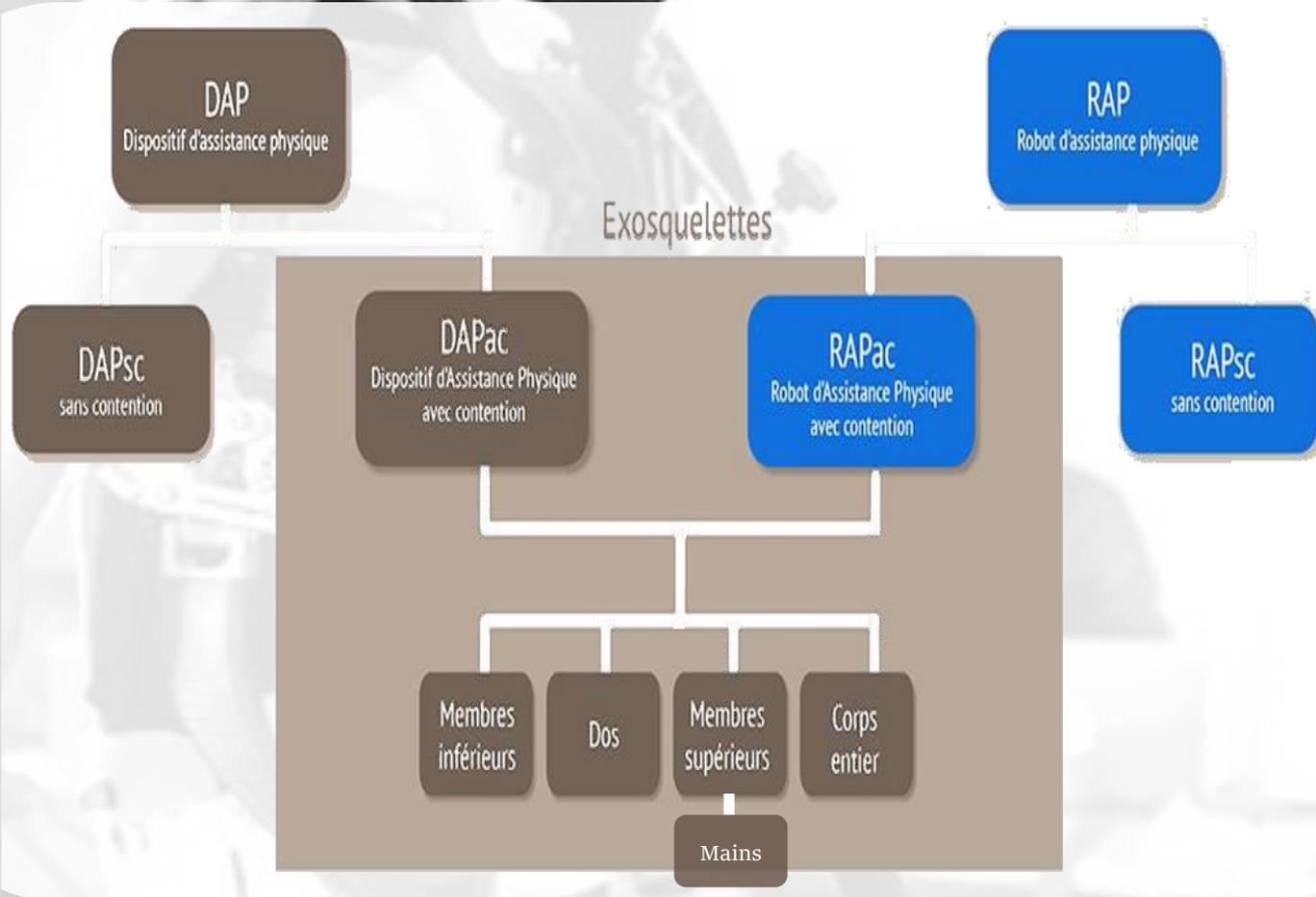
VRAI

FAUX

Et inversement, tous les robots
ne sont pas des exosquelettes.



Classification



Quel type d'assistance physique robotisée

Risques TMS



Situation de travail

++

AUTOMATISATION

--

ROBOTISATION

Opérations MANUELLES



Robot industriel

--

BESOIN A-P RESIDUEL

++

PREVENTION



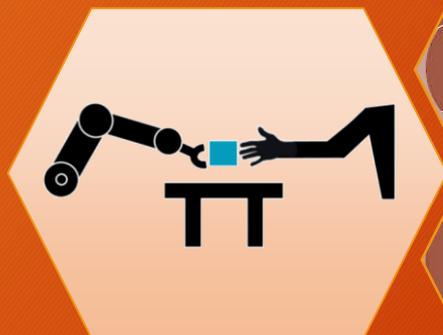
Risques Machines

Risques liés à l'interaction
Homme Système technique

Risques AP



PREVENTION



Partage d'espace, Collaboration indirecte, directe...



RAPsc

Collaboration directe
guidé manuellement sans contention

Besoin d'Assistance
Niveau de mobilité



RAPac

« Exosquelette »

Collaboration
directe
avec contention

--

COLLABORATION SYSTÈME-HUMAIN

++



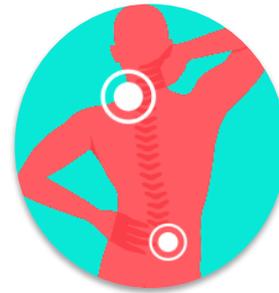
APPLICATIONS PROFESSIONNELLES

Qui ?



Entreprises de toutes tailles, tous secteurs

Pourquoi ?



Charge Physique
Prévention TMS

de Looze et al., 2016



Pas d'aménagement
Pas d'automatisation

Fox & Kotbella, 2018
Gibbs, 2016

Pour quelles
tâches ?



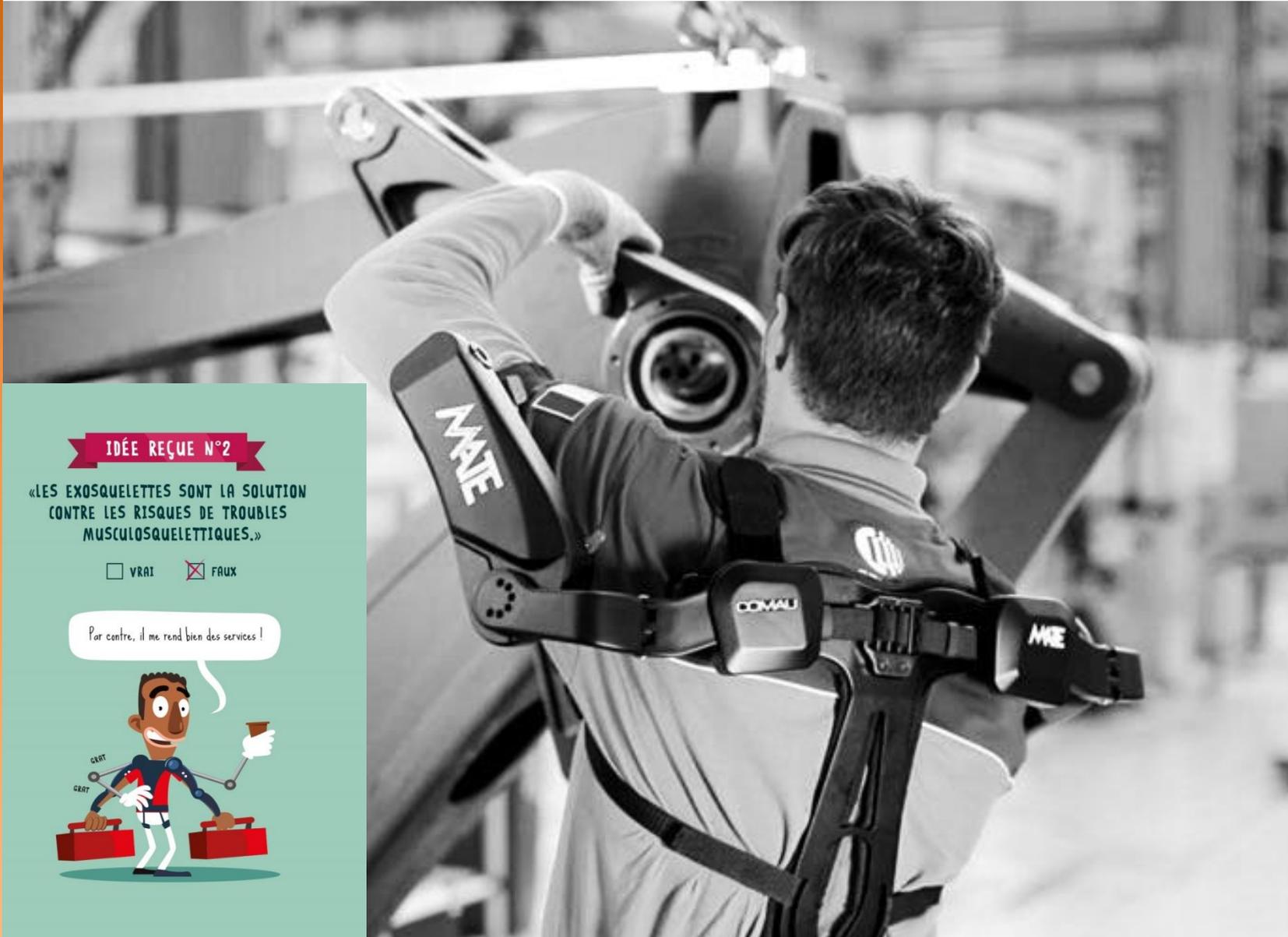
Manutention

e.g.: Graham et al., 2009
Theurel et al., 2018



Postures contraignantes

e.g.: Urley & Fathallah 2013
Bosh et al., 2016



IDÉE REÇUE N°2

«LES EXOSQUELETES SONT LA SOLUTION
CONTRE LES RISQUES DE TROUBLES
MUSCULOSQUELETTIQUES.»

VRAI FAUX

Par contre, il me rend bien des services !



EXOSQUELETES ET TMS?

TMS

Les exosquelettes sont ils une solution ?

Theurel & Desbrosses Transaction on Ergonomics and Human Factors, 2019
Theurel & Claudon ED6311, INRS



FORCE

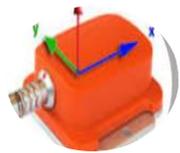
Autres facteurs :
Répétitivité, Posture



Autres
Conséquences



Autres facteurs de
risques de TMS
(RPS, Organisation...)



Coordination motrice, activité
musculaire, posture, équilibre, ...

IDÉE REÇUE N°2

«LES EXOSQUELETES SONT LA SOLUTION
CONTRE LES RISQUES DE TROUBLES
MUSCULOSQUELETTIQUES.»

VRAI

FAUX

Par contre, il me rend bien des services !





REVUE DE LITTERATURE

Lombalgie

Facteurs de risque



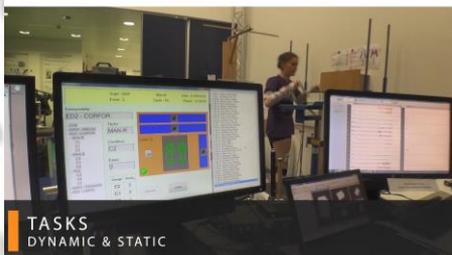
Effort des muscles du dos

Burock & Sorock, 1997
Dreistadt et al., 2016



Fatigue musculaire

Hoogendoorn et al., 2002



Exosquelette "dos"

Bénéfices et limites

- 10-44 % pour tâches de soulèvement De looze et al., 2016
 - 57 % pour les postures maintenues Koopman et al., 2019
- Amplitudes des bénéfices ?**

Consensus



Masse ?

Abdoli & Stevenson 2006



Conception / raideur?

Frost et al., 2019



Tâche / Posture ?

Koopman et al., 2019

Pas de Consensus



Laboratoire

Bosch et al., 2016
Lotz et al., 2009
Godwin et al., 2009



Terrain

Dewi & Komatsuzaki, 2018

----- Tâches < 2h00 ! -----



Tendinopathies de l'épaule

Facteurs de risque



Efforts musculaires

Cote & Bennet, 2010
Marras et al., 2006
Stauber, 2004



Efforts ressentis



Coordination & Cinématique

Conflit sous-acromial ?

Bey et al., 2007
Hebert et al., 2002



SUBACROMIAL SPACE
ECHOGRAPHY

Exosquelettes (Mb Sup)

Bénéfices et limites

Activité du muscle Deltoidé Antérieur

↘ Perception de l'effort local

Consensus



OHW

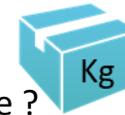
Hysusamen et al., 2018
Rasheidi et al., 2014
Kim et al., 2018

...



Soulèvement

Theurel et al., 2018



Masse ?

Rasheidi et al., 2014



Conception ?

Alabadulkarim & Nussbaum, 2019

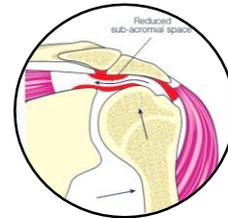
Questions ?

↗ activité des muscles antagonistes

contribution ≠ des fléchisseurs de l'épaule

Rasheidi et al., 2014

Activité des muscles de la coiffe ? – Cinématique articulaire ?





Exosquelette "dos"

Réductions efforts des muscles du dos



Adéquation entre les **demandes de la tâche** (posture et charge) et la **conception de l'exo**

Stratégie et contrôle postural?



Exosquelette "MS"

Reduction de l'activité des **muscles fléchisseurs** de l'épaule



CSA ?

Impact sur la posture et conséquences pour les lombalgies?



Perspectives



Conséquences posturales?
Contrôle du mvt ?

Cinématique articulaire ?



Adaptations chroniques ?



Jean THEUREL
Chercheur / Physiologiste
INRS



Kevin Desbrosses
Chercheur / Physiologiste
INRS



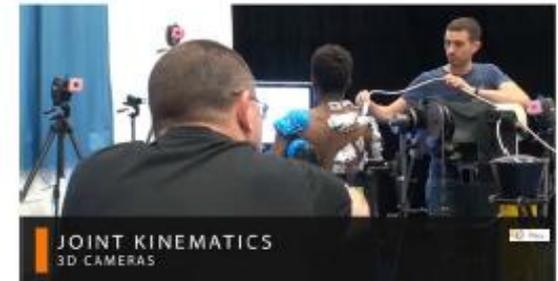
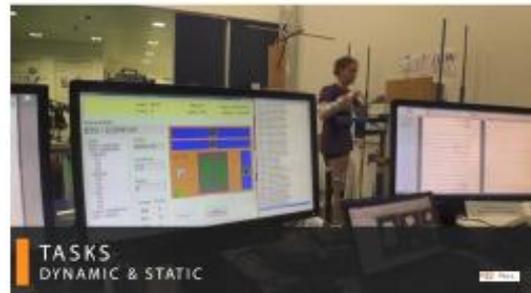
Mathilde Schwartz
Attachée d'études
INRS

Expérimentations

Essai de 4 exosquelettes

Expérimentations

Laboratoire de biomécanique / INRS



<https://youtu.be/-zna8NDcJYk>

EXPERIMENTATIONS (INRS 2018-2019)

LES EXOSQUELETES APPORTENT UNE ASSISTANCE TRÈS SPÉCIFIQUE ET LOCALISÉE



Position de travail
Plage angulaire

Conception de l'EXO
Point de contact
Masse
Raideur
Equilibre antéro-postérieur

Charge manipulée

QUELS EXOSQUELETES POUR QUELLES TÂCHES

?

INTERETS



LIMITES

IDÉE REÇUE N°8

«LES EXOSQUELETES SONT IMMÉDIATEMENT
UTILISABLES EN SITUATION DE TRAVAIL.»

VRAI

FAUX

Euh... Envoyez la sécurité, Régis est resté coincé avec son exosquelette.





L'INTEGRATION EN ENTREPRISE ?

Une approche spécifique

Proposition d'une méthodologie d'action



JJ Atain Kouadio
Expert d'assistance



L Kerangueven
Expert d'assistance



E Turpin-Legendre
Physiologiste



Triple objectifs :

- Accompagner l'entreprise dans sa prise de décision d'acquisition d'un exosquelette
- Procéder à toutes les étapes d'évaluation nécessaires à l'identification des apports et des limites que pourraient générer l'intégration d'un exosquelette
- Créer les conditions permettant l'intégration optimale de l'exosquelette dans la situation de travail et l'acceptation de la technologie par les utilisateurs

Mise en œuvre de la méthode

Se poser collectivement les bonnes questions



- Démarche participative qui mobilise la direction et l'ensemble des acteurs concernés
- Elaboration d'un "groupe pluridisciplinaire" : direction, production, qualité, instances représentatives du personnel, service de santé au travail, préventeurs, opérateurs, etc.

Structure de la méthode

Phase 1

Aide à la décision

Choix d'un exosquelette potentiellement adapté

Phase 2

Evaluation de l'interaction Homme-Exosquelette

Intégration d'un exosquelette effectivement adapté

Phase 3

Retour d'expérience

Effets à court, moyen et long terme

A
C
C
E
P
T
A
T
I
O
N



Phase 1
Aide à la décision

Phase 2
Evaluation de l'interaction Homme-Exosquelette

Phase 3
Retour d'expérience

Phase 1



Aide à la décision

Les questions préalables à se poser



Quelle est la problématique de l'entreprise ?



Peut-on éliminer les problèmes à la source ?



Dispose t-on de moyens de prévention collective ?



Les technologies d'assistance physique peuvent elles convenir comme moyen de prévention individuelle ?

Analyse de l'activité des salariés

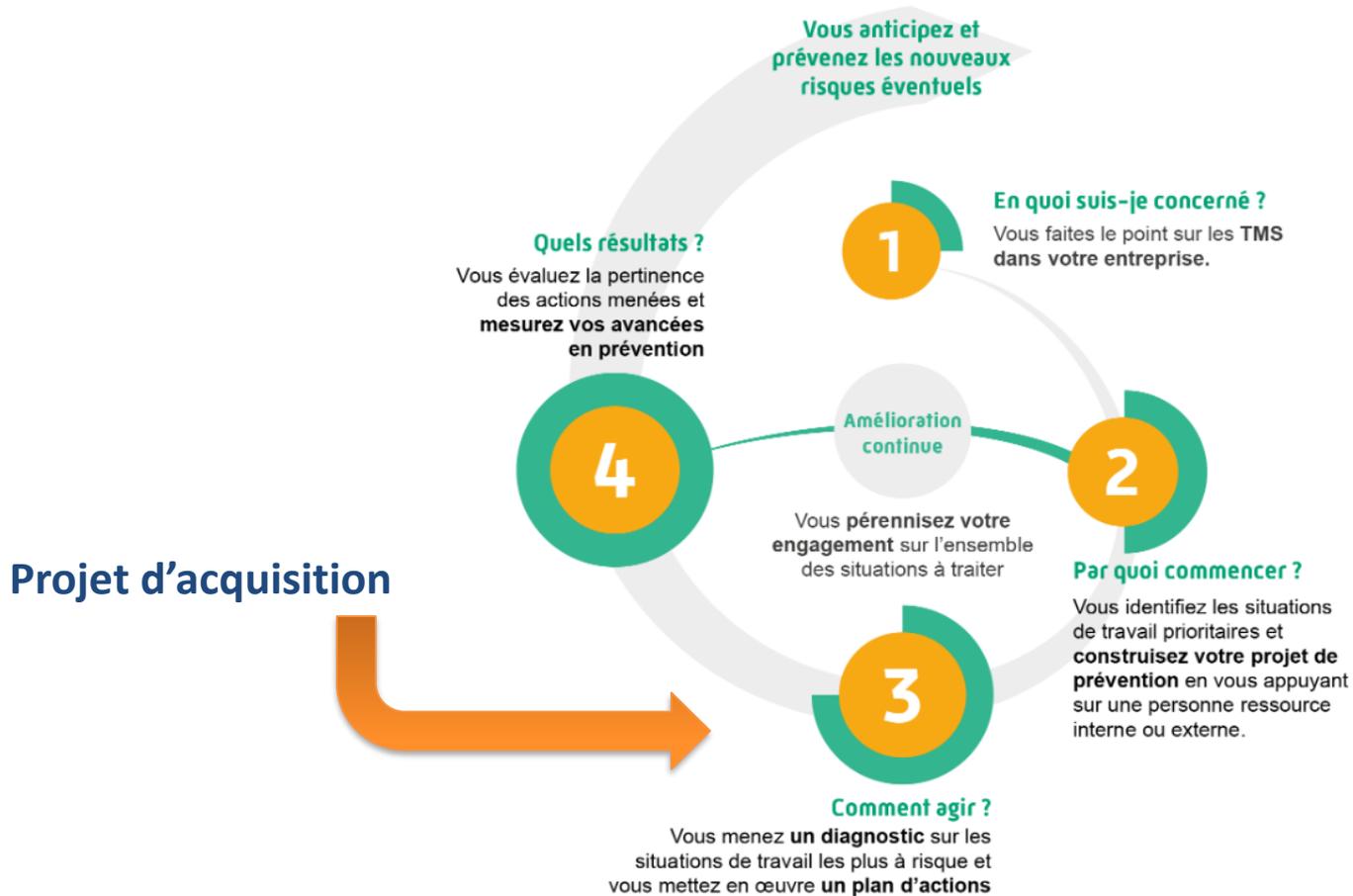


- Compréhension fine de l'activité des salariés
- Identification des facteurs de risques et des déterminants de l'activité
- Recherche de pistes de prévention



Identifier les tâches nécessitant une assistance physique spécifique

S'inscrire dans une démarche de prévention



www.ameli.fr/entreprise

Caractérisation du besoin d'assistance physique

IDÉE REÇUE N°7

«LES EXOSQUELETTES SONT ADAPTÉS À
TOUTES LES SITUATIONS DE TRAVAIL.»

Ah non, par exemple, pour peindre
les détails... C'est un carnage !



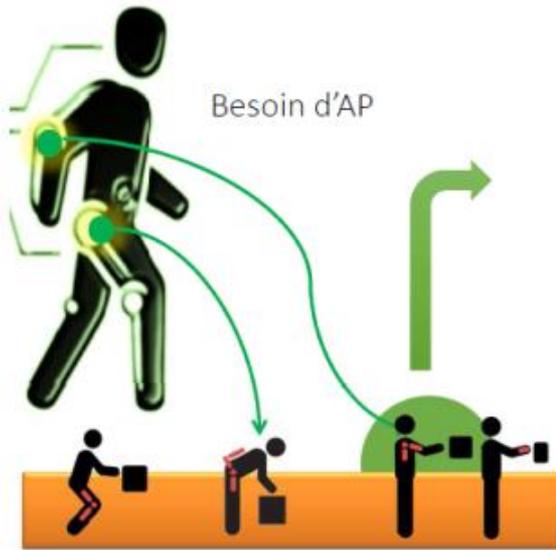
© Vainui de Castelbajac pour l'INRS

Spécificités de la tâche de travail ?

- Identification des zones à soulager
- Description des caractéristiques physiques
- Description des caractéristiques de l'environnement
- Description de l'organisation du travail

Caractérisation des fonctions de l'exosquelette

Intégrer des critères objectifs dans un cahier des charges



- Zones corporelles nécessitant une assistance
- Fonctions d'assistance souhaitées
- Conditions de réalisation de la tâche
- Besoins de réglages spécifiques



Modèle d'exosquelette



Impliquer l'utilisateur final !

Repères méthodologiques pour la sélection d'un exosquelette

Nouveau guide disponible (ED 6416)

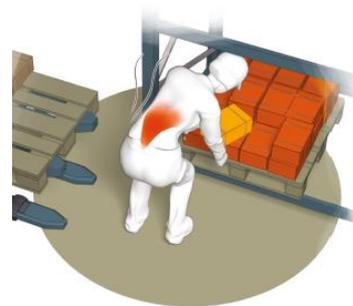


Figure 3.



Figure 4.

Moyens de prévention
Équipements | Outils de travail

Repères méthodologiques pour la sélection d'un exosquelette professionnel

ED 6416 |
Juillet 2021

Brochure INRS élaborée par K. Desbrosses, L. Kerangueven,
M. Schwartz et J. Theurel, en collaboration avec C. Duval.



Figure 12.



Figure 13.

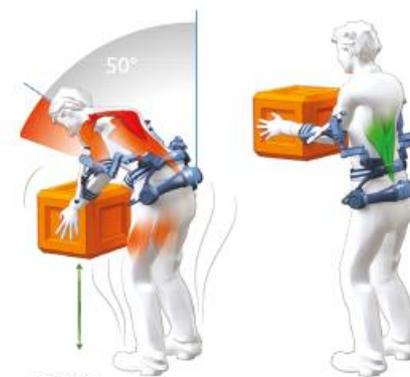


Figure 18.

Phase 2



Evaluation de l'interaction homme/exosquelette

Proposition de critères d'évaluation

- **L'appropriation** : l'opérateur s'approprie l'équipement dans son environnement de travail
Fluidité du mouvement, maîtrise de l'équipement, ...
- **L'utilité** : la tâche est réalisée avec succès
Tenue des délais, respect de la qualité de l'opération, ...
- **L'utilisabilité** : la facilité d'emploi de l'équipement
Facilité de mise en place, de réglages, d'utilisation, ...
- **L'impact** : effets sur les stratégies opératoires de l'utilisateur, sur l'environnement et le collectif de travail
Contraintes physiques, répartition temporelle des tâches, ...
- **La sécurité** : les risques pour la sécurité de l'opérateur, les collègues et l'environnement
Risques de blessures, dégradation de l'exosquelette, ...

La prise en compte du **ressenti des opérateurs** est indispensable pour chacun des critères

Familiarisation et apprentissage(s)



- Découverte progressive de l'exosquelette
 - Nouveaux repères (fluidité des mouvements, réglages, ressenti, ...)
 - Identification des moments où les phases d'assistance physique sont actives
-
- Apprentissage (Exo – tâche – environnement)
 - Reconfiguration de la situation de travail
 - Décision d'intégration définitive (ou non) de l'exosquelette



Phase 1
Aide à la décision

Phase 2
Evaluation de l'interaction Homme-Exosquelette

Phase 3
Retour d'expérience

Phase 3



Retour d'expérience

Retour d'expérience et suivi dans le temps

Remettre en question les apports du système



L'évaluation doit interroger différentes dimensions liées :

- Aux opérateurs (santé, plaintes, satisfactions, ...)
- À la structure (AT, absentéisme, turn-over, ...)
- À l'activité (changements techniques, humains et organisationnels, ...)

maintien ? modification ? abandon ?



déploiement à d'autres situations de travail ?





Liën Wioland
Psycho-ergonome



JJ Atain Kouadio
Expert d'assurance



Hugo Bréard
Doctorant INRS



ANNEXE 2 Questionnaire pour les utilisateurs ou ex-utilisateurs

Concernant l'utilisation de l'exosquelette (une seule réponse possible) :

- Vous en utilisez en dans votre travail actuellement
- Vous en avez déjà utilisé un dans votre travail mais vous avez décidé de ne plus l'utiliser (direction, changement de poste...)
- Autre (préciser la raison) :

Dans tous les cas, pouvez-vous nous indiquer les éléments suivants :

- La marque de l'exosquelette utilisé :
- Le type d'exosquelette utilisé (une seule réponse possible) :
 - Exosquelette des membres supérieurs (bras/épaule)
 - Exosquelette de l'ensemble du corps
 - Exosquelette des membres inférieurs
 - Autre (préciser le type) :
- Depuis combien de temps l'utilisez-vous dans votre travail ou combien de temps l'avez-vous utilisé (en jours, semaines, mois ou années) ?
..... jour(s) ou semaine(s) ou mois ou année(s)
- Combien de temps en moyenne l'utilisez-vous ou l'avez-vous utilisé par jour (en minutes ou en heures) ?
..... minutes/jour ou heures/jour
- Généralement sur une journée de travail, vous portez (noteriez) l'exosquelette :
 En continu En plusieurs séquences (préciser le nombre) :
- Le nombre de jours d'utilisation sur une semaine :
..... jour(s)

Dans le cadre de ce questionnaire, vous trouverez une suite d'affirmations concernant votre expérience avec l'exosquelette. Pour chaque affirmation qui suit, veuillez donner votre avis en cochant la case correspondante sur une échelle de réponses en cinq points, **fortement d'accord** = Pas du tout d'accord = Neutre = Pas du tout d'accord = Fortement d'accord.

LA MISE EN PLACE ET LES RÉGLAGES DE L'EXO

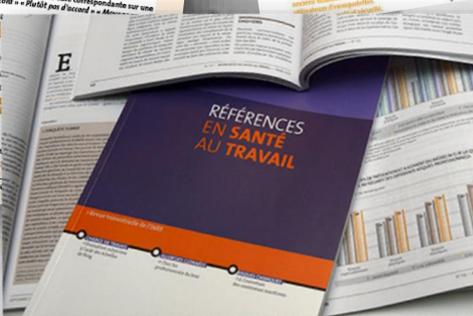
48. Je trouve que l'exosquelette sera facile à mettre en place.
 Pas du tout d'accord Plutôt pas d'accord Moyennement d'accord Plutôt pas d'accord Pas du tout d'accord

49. Durant ma journée de travail, je dois régler les réglages de l'exosquelette.
 Pas du tout d'accord Plutôt pas d'accord Moyennement d'accord Plutôt pas d'accord Pas du tout d'accord

L'UTILISATION DE L'EXO

50. Globalement, je trouve que l'exosquelette est facile à utiliser.
 Pas du tout d'accord Plutôt pas d'accord Moyennement d'accord Plutôt pas d'accord Pas du tout d'accord

51. Je trouve que l'effort de mes mouvements facilement avec l'exosquelette.
 Pas du tout d'accord Plutôt pas d'accord Moyennement d'accord Plutôt pas d'accord Pas du tout d'accord

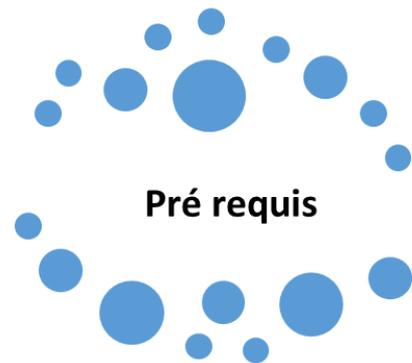


Acceptabilité

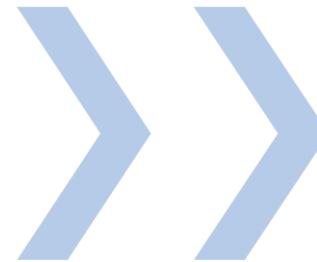
Acceptation

Environ la moitié des nouvelles technologies ne parvient pas à trouver sa place

(Lucas, (1978) ; Compeau et al., (1991) ; Paré et al., (1995), Dickie (2002))



De l'idée d'acquérir un exosquelette
à la démarche d'intégration



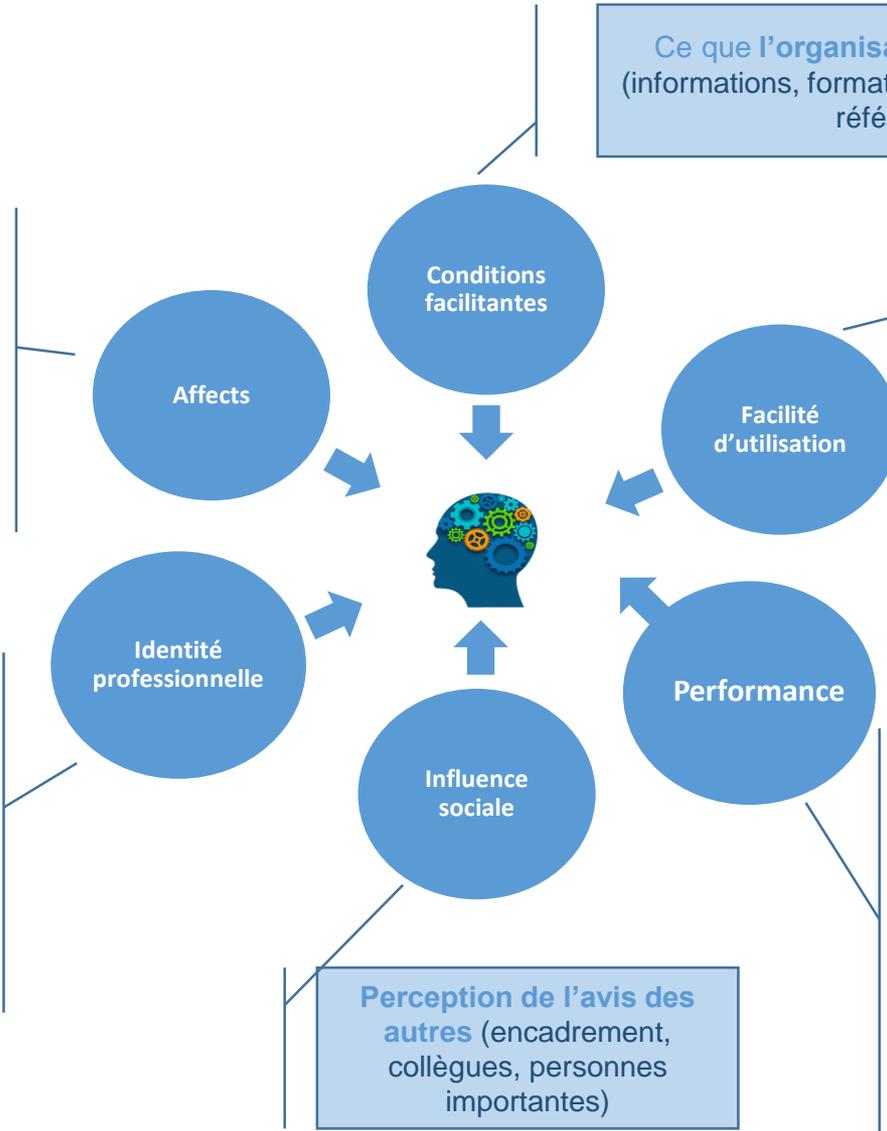
Processus psychologiques
déterminant l'adoption ou le rejet
d'une technologie

De l'acceptabilité (futur
utilisateurs) à l'acceptation
(utilisateurs)



Ressenti de l'opérateur
(agréable, aimer travailler avec, confiance, anxiété, nervosité, isolement, enthousiasme)

Effets sur la construction de l'identité au travail
(dev. nvelles compétences, perte compétences, reconnaître son travail, exo a sa place, valorisation du métier)



Ce que l'**organisation** met en place
(informations, formation, procédure, suivi, référent)

Utilisation du système & efforts
(mise en place, apprentissage, concentration, réajustement, utilisation, déplacement, mouvement, gestes, empêché de travailler)

Amélioration de la performance (efficacité, productivité, qualité, vitesse)
sa santé et sa sécurité au travail (travailler en sécurité, efforts physiques, fatigue, gênes et douleurs, conditions de travail)

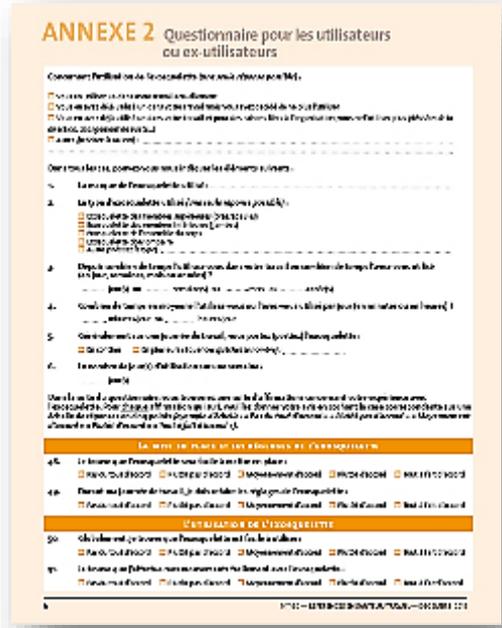
Perception de l'avis des autres (encadrement, collègues, personnes importantes)

WIOLAND L., DEBAY L., ATAIN KOUADIO J-J

Modèle de l'acceptation (INRS)



6 dimensions
45 items
20 min



QUESTIONNAIRE

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

AUTEURS :

A. Gay, J. Goineau, M.C. Houlliez, M. Bury, L. Wieland, I.I. Atain Kouadio, H. Bréard*

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



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 musculo-squelettiques (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 robotisées, à l'aide d'un comité de pilotage pluridisciplinaire. Cet article présente leur retour d'expérience.

MOTS CLÉS

Exosquelette / Trouble musculo-squelettique / TMS / Ergonomie / Organisation du travail / Technologie avancée / Pathologie ostéo-articulaire / Pathologie péri-articulaire / Charge physique / Ajustement physique

CONTEXTE

LES EXOSQUELETTES : GÉNÉRALITÉS

Depuis quelques années, le développement des nouvelles technologies d'assistance physique, et plus particulièrement des exosquelettes, s'accroît. Les entreprises s'équipent 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 musculo-squelettiques (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 régisseurs d'enrobé. En 2010, l'entreprise a collaboré avec un ergonomiste 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 régisseurs d'enrobés et conçu



© Christian Podroiti (Colas)

Références en Santé au Travail
TF 291

Points de vigilance



Points de vigilance...



...quand on intègre un exosquelette



- Chaque nouvelle technologie constitue une rupture majeure
 - L'intégration et le déploiement sont des étapes cruciales



- > Valider l'usage d'un exosquelette en situation de production durant une période suffisante sans dégradations des conditions de travail
- > Valider que l'opérateur bénéficie du potentiel d'assistance physique de l'exosquelette
- > Poursuivre l'évaluation de l'interaction Homme-exosquelette
- > Accompagner les équipes pour leur donner l'opportunité de construire de nouveaux repères individuels et pour le collectif de travail

- Capitaliser les retours d'expériences
- Suivre l'ensemble du processus "durant" mais aussi "après" l'intégration de toutes nouvelles technologies "

DE L'INTEGRATION AU DÉPLOIEMENT ?

Dispositif d'assistance physique de type Exosquelette



Ou comment évaluer l'interaction avec l'opérateur ?

LA NORME que vous appliquez dans votre entreprise, C'EST VOUS QUI LA REDIGEZ !

La normalisation concerne tout type d'entreprise, sans critère de taille, dans tous les secteurs d'activité.

Participer directement au développement des normes, c'est contribuer à définir les règles volontaires de votre secteur. C'est se doter d'un puissant levier pour orienter le marché en faveur des pratiques qui vous semblent préférables.

Vous êtes le réseau d'experts sur lequel AFNOR s'appuie pour défendre les intérêts français au cœur des structures de normalisation européenne (CEN-CENELEC) et internationale (ISO-IEC). Son influence y est à la fois technique et stratégique, essentielle pour les entreprises françaises car 90% des normes que vous utilisez sont d'origine mondiale ou européenne.

Contexte et enjeux

Les évolutions technologiques récentes ont permis de faire apparaître de nouveaux systèmes d'assistance physique à contention issus à l'origine du monde médical qui peuvent, soit constituer une alternative à l'automatisation de tâches pénibles, soit répondre à des situations restées jusqu'à maintenant sans solution satisfaisante, soit aider le retour au travail de personnes à capacités fonctionnelles réduites ; ces dispositifs d'assistance physique ou exosquelettes sont des structures externes revêtues par un utilisateur et destinées à la réduction de la charge physique et des facteurs de risques biomécaniques de TMS.

Aujourd'hui le déploiement de dispositifs ou robots d'assistance physique de types exosquelettes se fait dans de multiples domaines (industrie, logistique, transport, BTP, travaux agricoles ou forestiers, militaire, maintenance, aide à la personne, sécurité civile, rééducation, loisirs...).

Pour évaluer l'interaction de ces nouveaux systèmes d'assistance physique à contention avec les hommes qui en sont équipés (réponse au besoin d'assistance, acceptabilité par l'utilisateur, obtention de la performance attendue de l'utilisateur...), que ce soit au stade de leur conception ou au stade de l'achat par les utilisateurs, il devenait indispensable de proposer aux acteurs concernés (concepteurs, opérateurs et utilisateurs) des méthodes adaptées et partagées, afin d'en maîtriser les enjeux.

Depuis 2017, une Plateforme d'échange et d'expérimentations rassemble divers acteurs ayant la volonté de présenter des cas d'usages d'exosquelettes, et de partager sur les bonnes pratiques et les méthodes déployées pour en faciliter l'intégration.

L'esprit de cercle de rencontres professionnelles s'appuyant sur la force du réseau était né !

afnor
NORMALISATION

Projet de norme NF X35-800 « Recommandations ergonomiques pour l'intégration des dispositifs et robots d'assistance physique (DAP et RAP) à contention »

sociaux

NORMALISATION



SE DOCUMENTER WWW.INRS.FR

Une offre d'information complète

→ S'informer en amont

Décrypter les idées reçues

Approfondir ses connaissances

Identifier les risques

ED 6295

ED 6295

ED 6311

ED 6311

NT 62

NT 62

Exosquelettes au travail : 6 points de vigilance

Infographie

Une offre d'information complète

➔ Agir en entreprise

L'essentiel à retenir avant l'acquisition d'un exosquelette

Structurer sa démarche d'acquisition et d'intégration

Evaluer l'acceptabilité / Favoriser l'acceptation

Rôle des services de santé au travail



Vidéo dessinée

Acquisition et intégration d'un exosquelette en entreprise
Guide pour les préventeurs

ED 6315

Processus d'acceptabilité et d'acceptation des exosquelettes : évaluation par questionnaire
ANNEXE 2 Questionnaire pour les utilisateurs ou ex-utilisateurs

TF 274

Les exosquelettes pour prévenir les troubles musculosquelettiques et rôle des services de santé au travail

TC 175

Sélection d'un exosquelette
Repères méthodologiques pour la sélection d'un exosquelette professionnel

ED 6416

Une offre d'information complète

➔ Bénéficiaire de retour d'expérience

Table ronde télévisée

Journée technique

Reportages en entreprise

Les Rendez-vous
Le XX novembre 2019
travail sécurité
LES EXOSQUELETTES
Quels sont les intérêts et les limites des exosquelettes pour la prévention des TMS ?
Comment bien préparer leur arrivée dans l'entreprise ?
Travail & Sécurité propose une nouvelle table ronde en ligne. Des experts en prévention et des entreprises répondront à vos questions sur cette problématique.
POSEZ VOS QUESTIONS DÈS À PRÉSENT
SUIVEZ L'ÉMISSION EN DIRECT
OU EN REPLAY
Inscription sur : inrs-rendezvous-ts.fr

AGENDA & SERVICES

Congrès
EXOSQUELETTES AU TRAVAIL : INTÉRÊTS ET LIMITES POUR LA PRÉVENTION DES TMS?
Paris, France, 26 novembre 2019
Compte rendu de la journée technique organisée par l'INRS

Développes pour réduire la charge physique et les troubles musculosquelettiques (TMS), les exosquelettes ont récemment fait naître un espoir légitime d'amélioration des conditions de travail. Révisés par les opérateurs pour les assister dans l'exécution de leurs mouvements, ils sont conçus pour limiter les efforts musculaires associés à la réalisation d'une tâche professionnelle. L'utilisation de ces nouvelles technologies d'assistance physique pose toutefois des questions relatives à la santé et la sécurité des utilisateurs. L'INRS a organisé une journée technique pour échanger sur ces questions et faire le point sur les limites et les intérêts de ces dispositifs.

EXOSKELETONS AT WORK: BENEFITS AND LIMITS FOR PREVENTION OF MSDS
Summary of the technical seminar held by INRS on 26 November 2019 – developed to reduce physical load and musculoskeletal disorders (MSDs), exoskeletons have recently given birth to a legitimate hope of improving working conditions. Worn by operators for manual support, they are designed to limit the muscular efforts associated with performing job tasks. The use of these new physical support technologies however, raises questions about the health and safety of users. INRS held a technical seminar to discuss these matters and review the limits and benefits of these mechanisms.

Le 26 novembre 2019, l'INRS a organisé une journée technique consacrée aux exosquelettes, aux intérêts et aux limites de ces dispositifs et aux enjeux de leur utilisation. Cette journée a permis de faire le point sur les limites et les intérêts de ces dispositifs. L'INRS a organisé une journée technique pour échanger sur ces questions et faire le point sur les limites et les intérêts de ces dispositifs.

Sur le terrain de la prévention, les exosquelettes ont été développés pour réduire la charge physique et les troubles musculosquelettiques (TMS), les exosquelettes ont récemment fait naître un espoir légitime d'amélioration des conditions de travail. Révisés par les opérateurs pour les assister dans l'exécution de leurs mouvements, ils sont conçus pour limiter les efforts musculaires associés à la réalisation d'une tâche professionnelle. L'utilisation de ces nouvelles technologies d'assistance physique pose toutefois des questions relatives à la santé et la sécurité des utilisateurs. L'INRS a organisé une journée technique pour échanger sur ces questions et faire le point sur les limites et les intérêts de ces dispositifs.

travail sécurité
LE MAGAZINE DE L'INRS POUR LA PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS

DOSSIER
Les exosquelettes

UNE JOURNÉE AVEC
Une infirmière du travail et ergonomiste

EN IMAGES
Uningis, Le fabricant au service de la mécanique

EN ENTREPRISES
Réaménagement de locaux. Un projet d'entreprise construit avec tous

RETOUR SUR
La reconnaissance des exosquelettes professionnelles

EN ENTREPRISE

EXOSQUELETTES
Tester, se tromper... et réussir

Chez Bridor, la prévention des risques professionnels passe par une réflexion globale qui peut aboutir à envisager l'usage d'exosquelettes. Certains seront retenus, d'autres non. Quelle que soit la décision, elle sera prise avec les salariés qui auront testé les nouveaux équipements.

IMPOSSIBLE DE BATER la bande de Bridor, le fabricant de l'INRS depuis la vintaine, est un spécialiste de la prévention des risques professionnels. C'est un métier, moderne pour répondre à une demande toujours plus importante. Un travail manuel avec les salariés offre de nouvelles idées de solutions pour améliorer les conditions de travail.

Sur les tapis roulants des chaînes de montage, les opérateurs sont en contact avec les exosquelettes. Sur une surface de 2000 m² sont installés 150 exosquelettes qui permettent de travailler à 100 tonnes de force. Chaque jour, 100 personnes utilisent ce site qui emploie 800 personnes. Pour améliorer les conditions de travail, les exosquelettes ont été introduits, en expérimentant sur un groupe de travail et un ergonome. C'est le langage qui a permis la participation de 100 salariés à l'élaboration de la prévention des risques professionnels. Cette gestion a abouti à de très nombreux résultats : réduction des plaintes, baisse des absences, amélioration de la qualité, réduction des coûts de la prévention.

LE SITE BRIDOR de Servon-sur-Vilaine date de 1995. Si de très nombreux équipements ont été développés, les conditions de travail et notamment la prévention des TMS, sur certains postes peuvent amener une réflexion d'exosquelettes. Des essais sont en cours, avec les salariés, et vont faire de l'entreprise un terrain d'expérimentation.

LES EXOSQUELETTES
Le coût de l'exosquelette est de 1000 à 1500 euros. Le coût de l'exosquelette est de 1000 à 1500 euros. Le coût de l'exosquelette est de 1000 à 1500 euros.

Un reportage de [travail sécurité](http://travail_sécurité)

Replay disponible sur Youtube

CC32

TS n°810, novembre 2019

TS n°829, septembre 2020

Essais d'exosquelettes chez Bridor, Servon-sur-Vilaine

Un reportage de [travail sécurité](http://travail_sécurité)

Diaporama sonore



Une offre d'information complète

→ Une FAQ : <https://www.inrs.fr/risques/exosquelettes/faq.html>

Acquisition d'un exosquelette

- + 1. Combien coûte un exosquelette ?
- + 2. Quel est le poids d'un exosquelette ?
- + 3. Quelle est la durée de vie d'un exosquelette et quels sont les besoins de maintenance ?
- + 4. Combien d'exosquelettes sont actuellement disponibles sur le marché ? L'offre évolue-t-elle ?
- + 5. Existe-t-il des systèmes de location longue durée d'exosquelettes ?

Performance

- + 15. Le recours aux exosquelettes ne risque-t-il pas d'entraîner une hausse de la durée d'activité ?
- + 16. Dans l'état actuel des connaissances, quels sont les gestes pour lesquels un exosquelette apporte le plus de bénéfices ?

Port de charges

- + 17. Avec le recours aux exosquelettes, peut-on envisager d'augmenter le poids des charges manipulées ?
- + 18. Les exosquelettes peuvent-ils aider à porter des objets lourds (supérieurs à 15 kg) ?

Statut des exosquelettes

- + 7. Les exosquelettes sont-ils des équipements de protection individuelle ?
- + 8. Les exosquelettes sont-ils des machines ?
- + 9. Des travaux de normalisation visant à encadrer la conception et l'utilisation d'exosquelettes sont-ils en cours ?

Risques et effets sur la santé

- + 10. Quels sont les principaux points de vigilance à prendre en considération lors de l'utilisation d'un exosquelette ?
- + 11. Porter un exosquelette a-t-il

Accompagnement et formation

- + 25. Comment favoriser l'acceptation ?
- + 26. Combien de temps faut-il pour
- + 27. Une formation spécifique sur elle nécessaire pour les Sauveteurs ou proposera-t-il des formations ?

Organisation

- + 28. L'intégration d'un exosquelette collectifs de travail ?
- + 29. Un exosquelette mis au point pour un salarié est-il utilisable par d'autres salariés ?

Environnement et situations de travail

- + 19. Des exemples d'intégrations réussies d'exosquelettes ont-ils été observés ?
- + 20. L'exosquelette est-il adapté au travail en zone Atex (atmosphère explosible) ?
- + 21. Les exosquelettes ont-ils un intérêt dans le cadre du maintien dans l'emploi ? Y-a-t-il des contre-indications au port d'un exosquelette vis-à-vis d'une pathologie ou d'un handicap ?
- + 22. Existe-t-il des exosquelettes dédiés aux aides-soignants ? En particulier, ces dispositifs qui semblent pouvoir soulager les salariés exposés aux manutentions de charges sont-ils adaptés à la mobilisation des personnes ?
- + 23. A-t-on des retours d'expérience sur l'intégration d'exosquelette dans le secteur du BTP ?
- + 24. Du point de vue de l'hygiène alimentaire, les exosquelettes sont-ils adaptés au secteur de l'agro-alimentaire ?



M

erci pour votre attention

EXO 
GROUPE



laurent.kerangueven@inrs.fr



jean-jacques.atain-kouadio@inrs.fr