

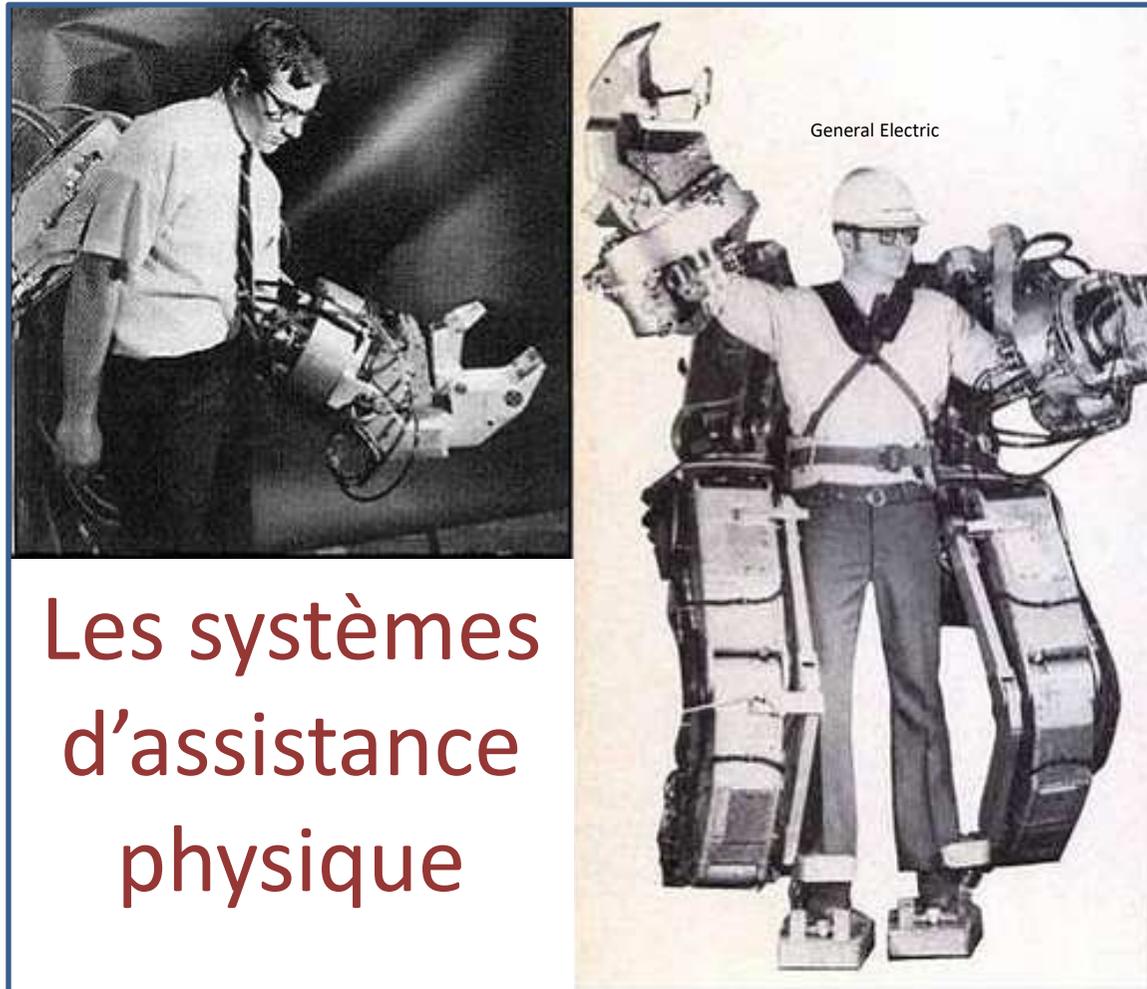


Systemes d'assistance physique

Alain Balsiere
Référént équipements de travail

alain.balsiere@carsat-ra.fr

Systèmes d'assistance physique



**A partir du document INRS « 10 affirmations sur les exosquelettes »
et de la FAQ suivie sur www.inrs.fr**

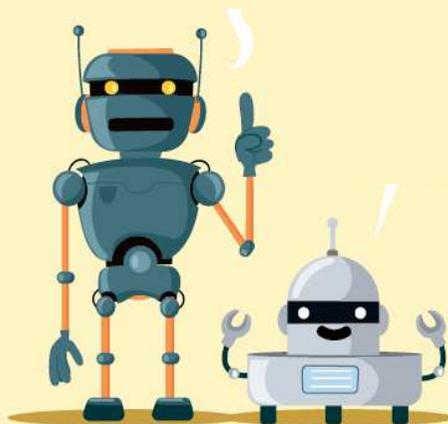
Systemes d'assistance physique

IDIÉE REÇUE N°1

«LES EXOSQUELETES SONT
TOUS DES ROBOTS.»

VRAI

FAUX



Systèmes d'assistance physique

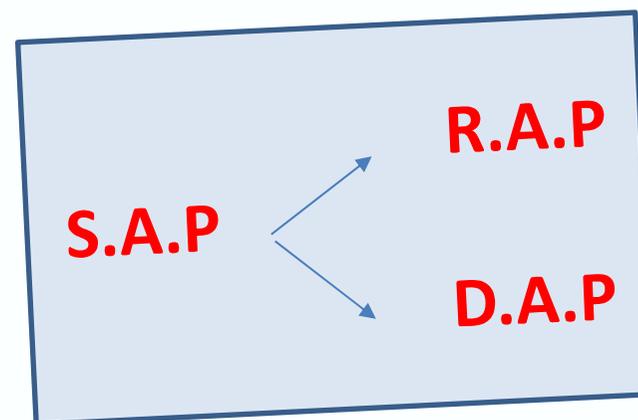
ergosquelettes

Cobots

Robots

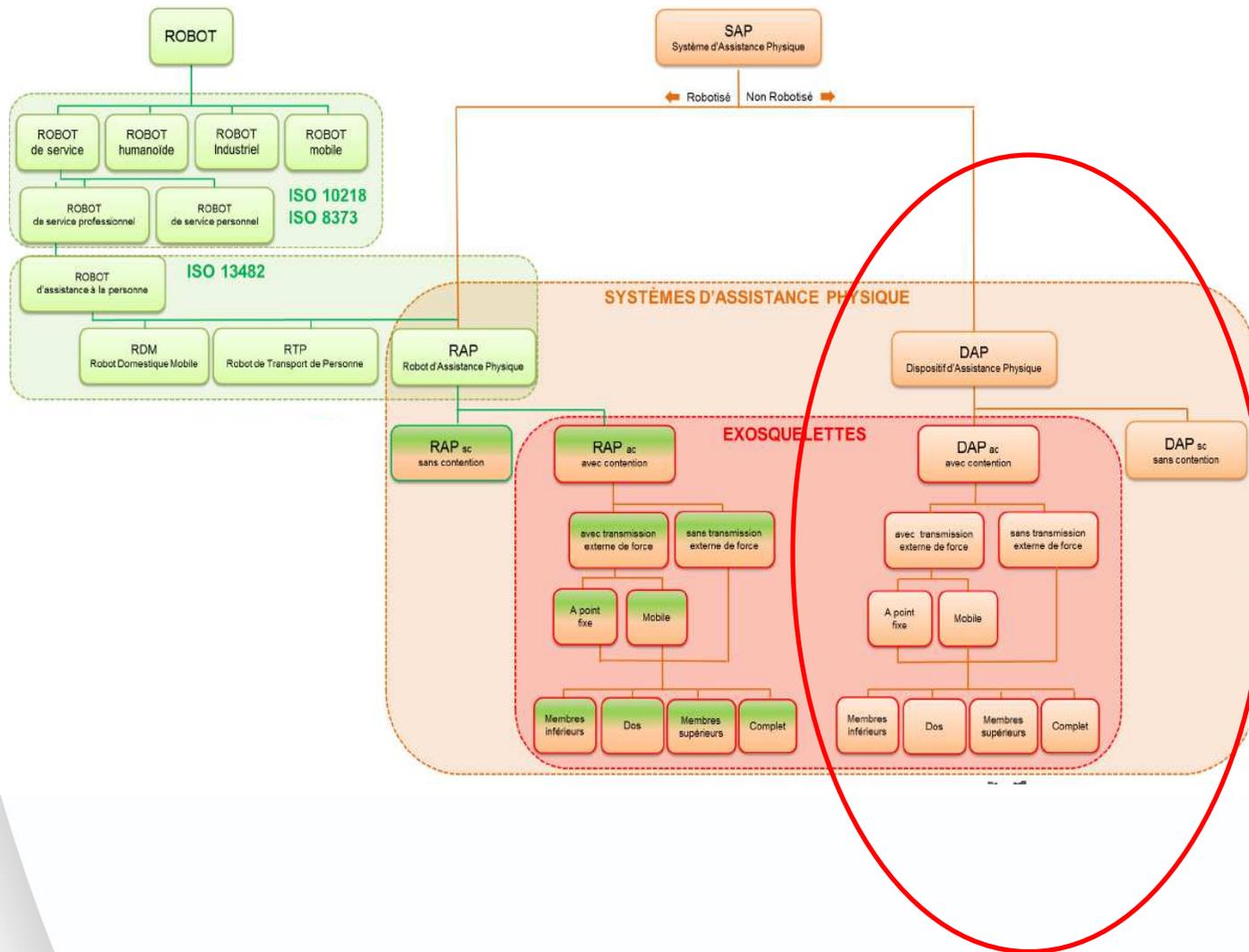
Robots collaboratifs

exosquelettes

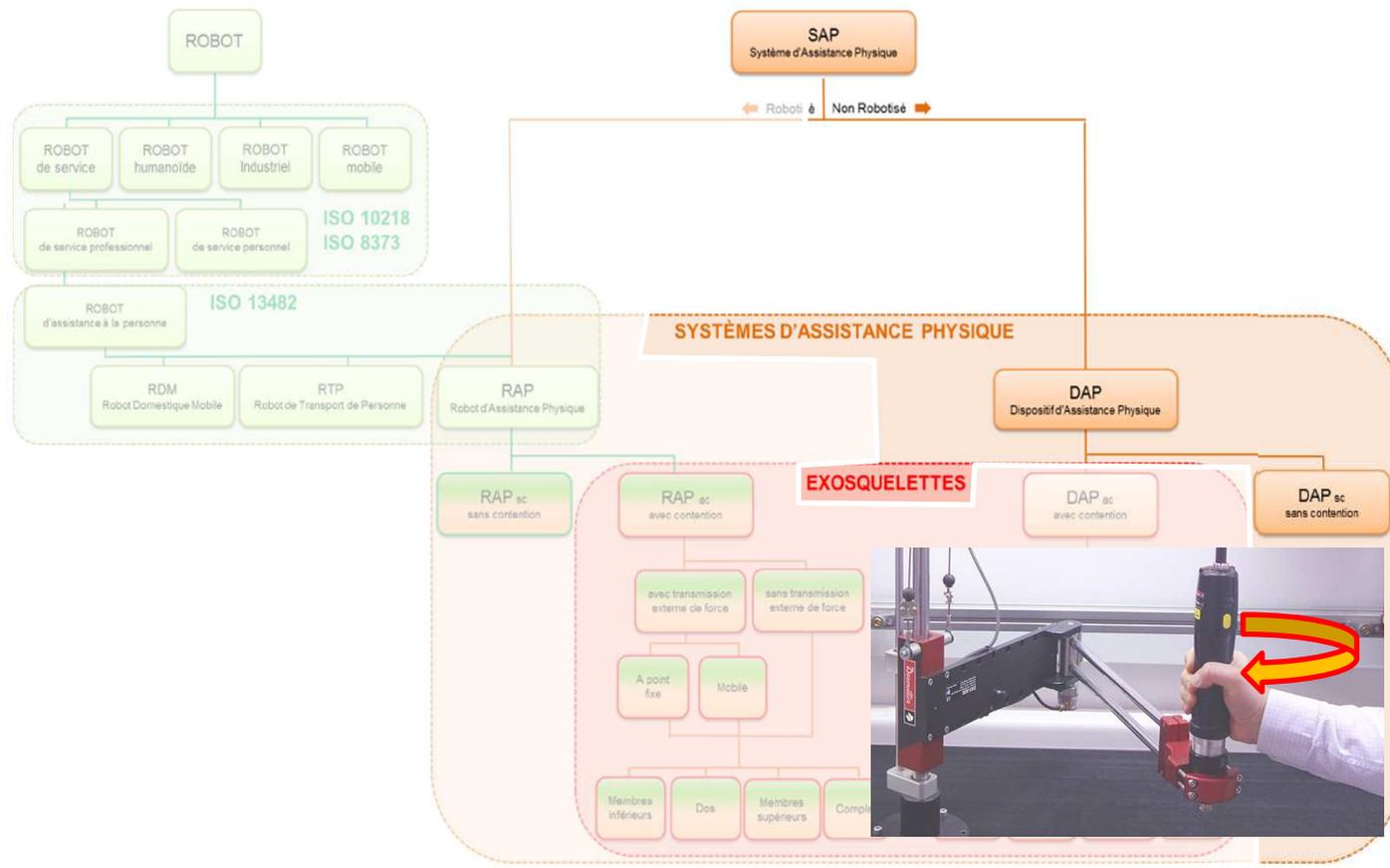


Source JC Blaise . J Marsot - INRS

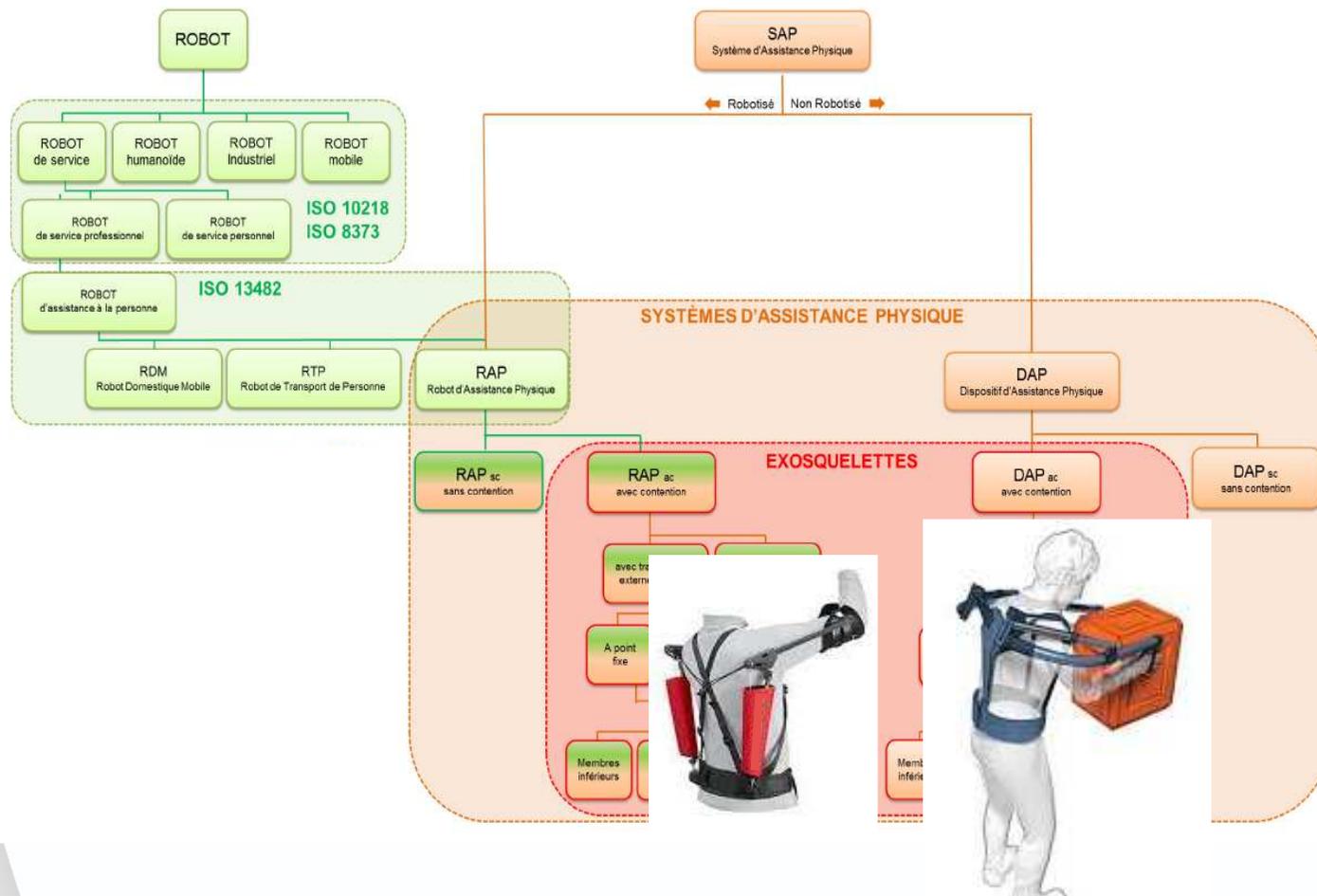
Systèmes d'assistance physique



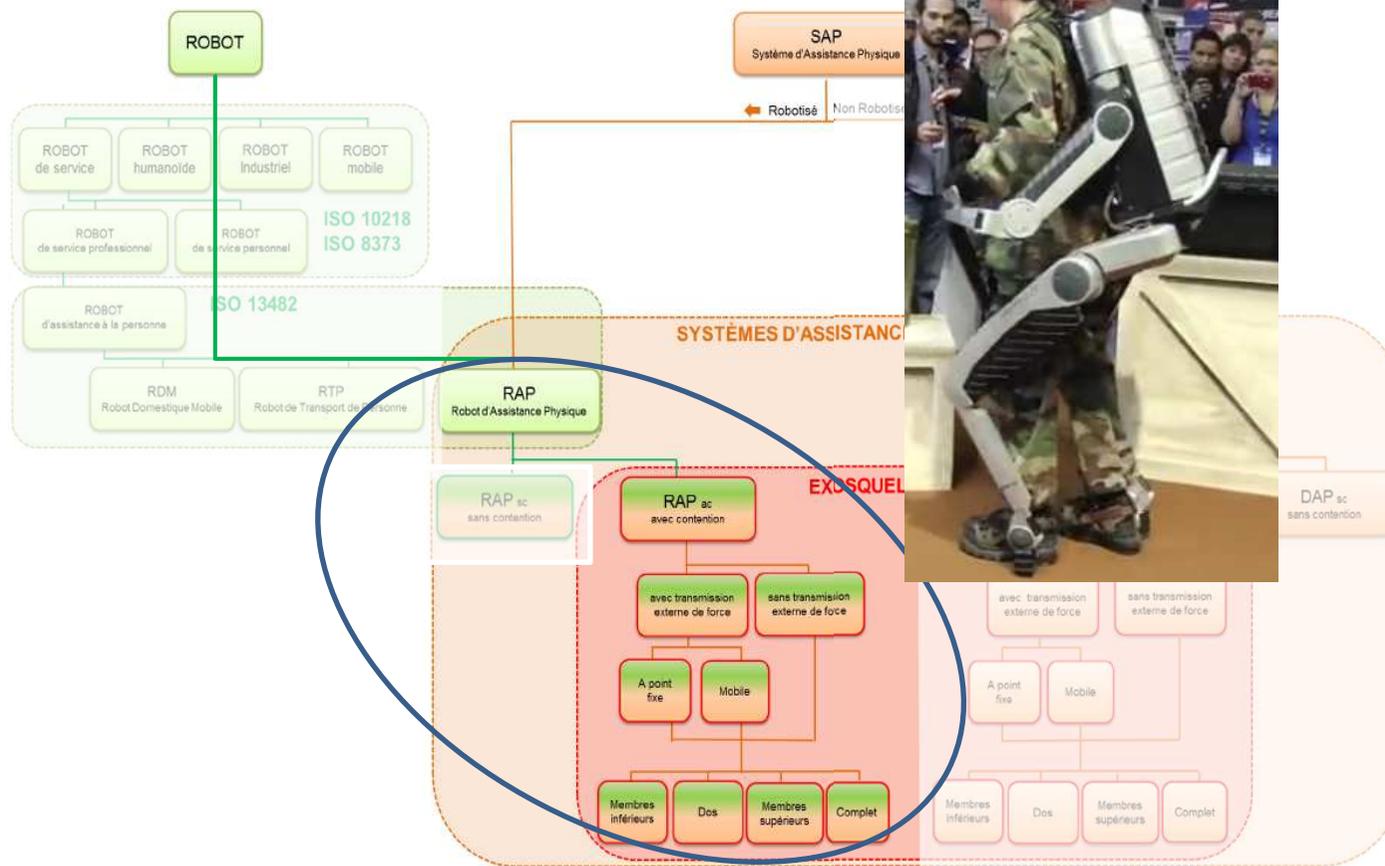
Systèmes d'assistance physique



Systèmes d'assistance physique



Systèmes d'assistance physique



Systèmes d'assistance physique



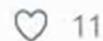
France Bleu Saint-Étienne Loire

@bleustetienne

Cette semaine se termine une étude sur près de 23 sujets, homme et femmes. Les exercices consistent à lever des poids, avec et sans #exosquelette. Une quarantaine de capteurs permettent de mesurer la fatigue musculaire et la consommation d'oxygène. @Univ_St_Etienne @RB_3D



1:05 PM · 10 févr. 2021



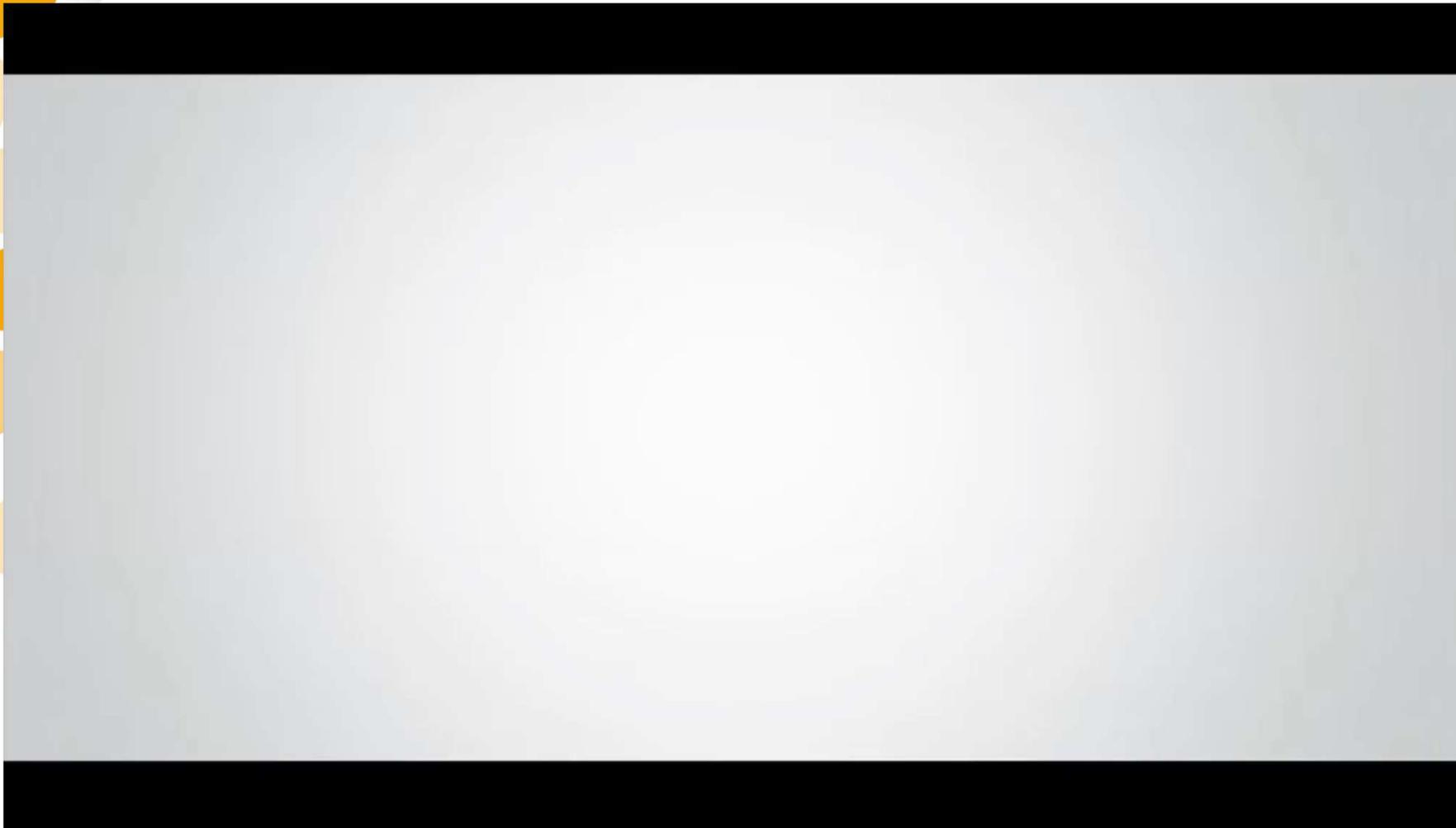
11



Voir les dernières informations sur le COVID-19 sur Twitter

clideo.com

Systemes d'assistance physique



Source : groupe Colas

Systemes d'assistance physique

IDÉE REÇUE N°2

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

VRAI FAUX



Systemes d'assistance physique



| PHASE 1 Aide à la décision | |
|---|--|
| Étape 1 | <p>► Analyse de la charge physique de travail et recherche de pistes de prévention</p> <p>Attendus : – Identifier les situations de travail qui peuvent bénéficier de solutions de prévention collectives et organisationnelles – Identifier les tâches qui peuvent bénéficier d'une assistance physique spécifique</p> |
| Étape 2 | <p>► Description détaillée des tâches pouvant bénéficier d'une assistance physique spécifique</p> <p>Attendus : – Identifier les caractéristiques spécifiques des tâches sélectionnées</p> |
| Étape 3 | <p>► Validation collective des caractéristiques de l'exosquelette</p> <p>Attendus : – Lister des critères objectifs à intégrer au cahier des charges – S'accorder sur l'exosquelette le plus adapté</p> |
| Choix d'un exosquelette potentiellement adapté | |

Systemes d'assistance physique



agroalimentaire exosquelette

Vous réfléchissez à un exosquelette ?

Dans le cadre du programme « Santé & Performance » le **Comité Auvergne-Rhône-Alpes Gourmand** et ses partenaires animent l'action « Exosquelette en agroalimentaire » pour **informer et accompagner les entreprises sur l'acquisition et l'intégration des exosquelettes.**

Nous vous proposons

- Un accompagnement sur la démarche d'acquisition et d'intégration d'un exosquelette, basée sur les préconisations de l'INRS*.
- Une **veille technologique** des solutions proposées, pour les industries agroalimentaires.
- Des **webinaires** pour s'informer, se questionner, comprendre la démarche, entendre les retours d'expériences.



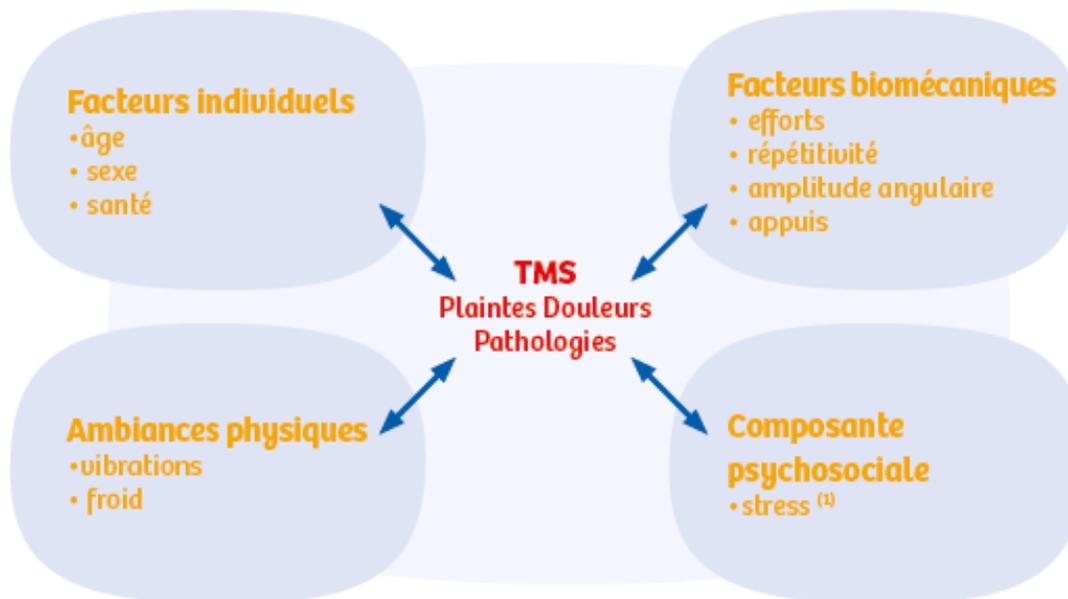
Notre accompagnement pour acquérir et intégrer un exosquelette

*Pour en savoir plus, brochure INRS : ED6315

Le projet est cofinancé par la DRAAF/DINARD et le Comité ARAG est en partenariat avec la CARSAT Rhône-Alpes depuis 2009 ainsi qu'avec l'ADIV depuis 2017.

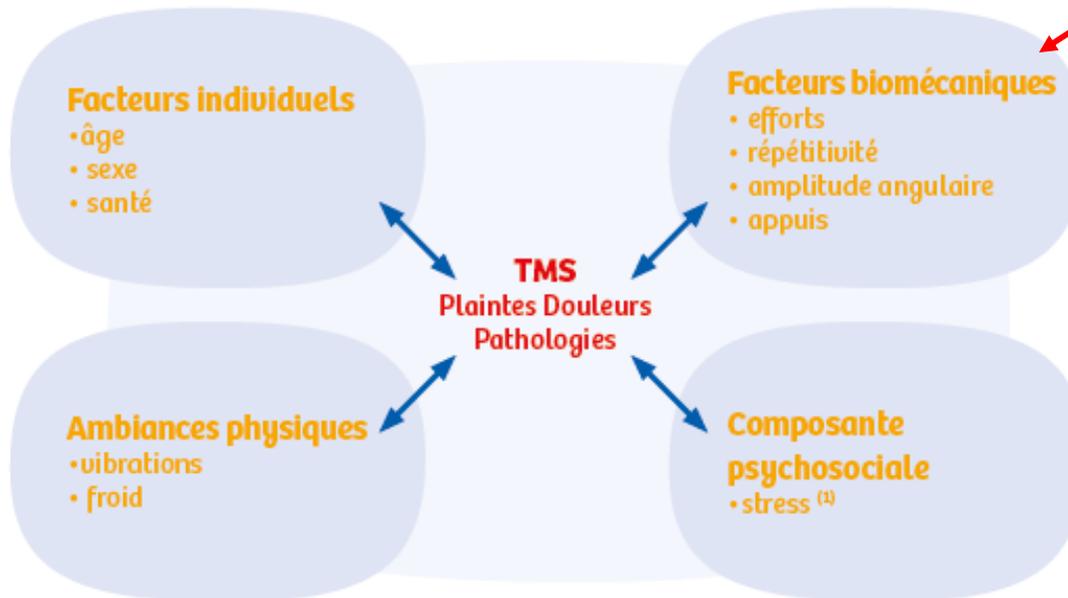
Pour tous renseignements, contactez Françoise Molegnani
f.molegnani@comite-arag.fr
06 23 02 80 47

Facteurs de risques des TMS



Systemes d'assistance physique

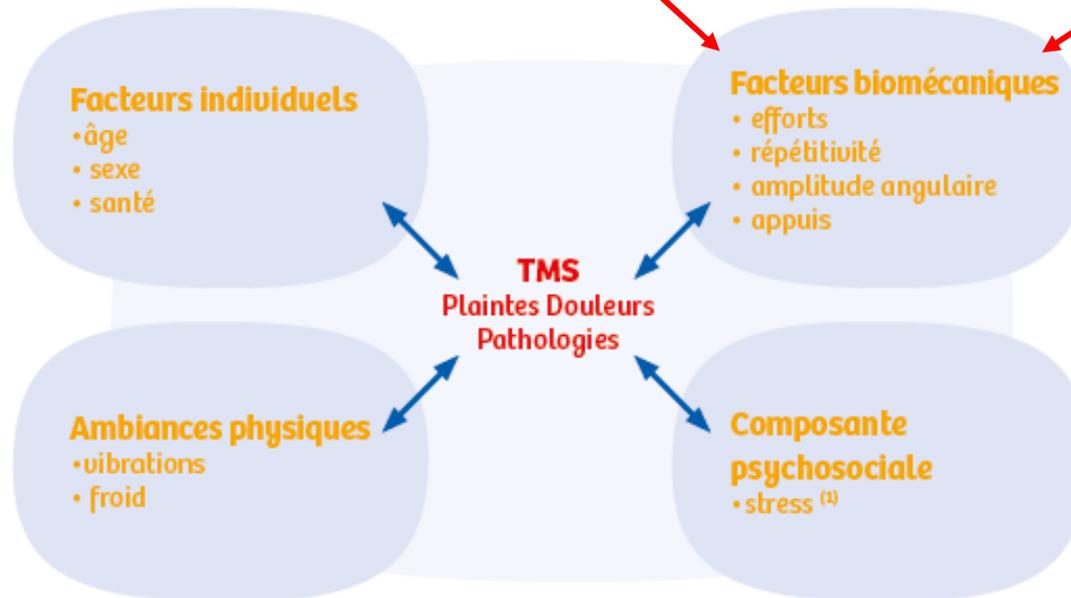
Facteurs de risques des TMS



Systemes d'assistance physique

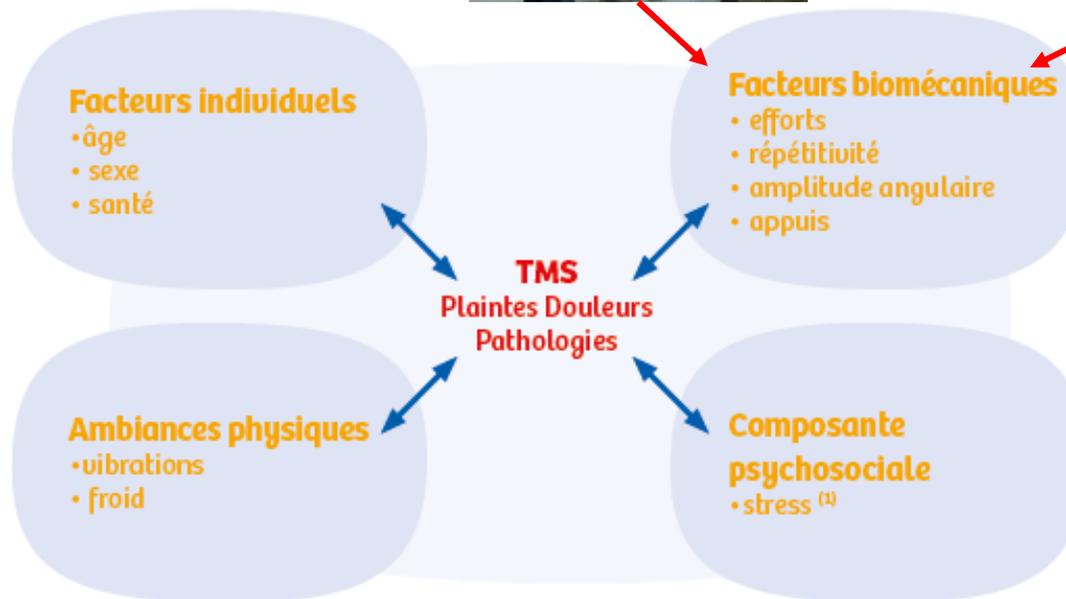


Facteurs de risques des TMS



Systèmes d'assistance physique

Facteurs de risques des TMS



Point FAQ INRS

Les exosquelettes réduisent-ils le risque de troubles musculosquelettiques (TMS) ?

Les exosquelettes peuvent, dans certains cas précis, limiter certaines contraintes biomécaniques comme les efforts musculaires excessifs ou les postures contraignantes. Mais cela ne suffit pas à éliminer tous les risques d'apparition de TMS, qui sont le résultat de plusieurs causes : **répétitivité des gestes, postures contraignantes, efforts, stress, organisation du travail, climat social dans l'entreprise**. Il est à noter que ces équipements peuvent en outre déplacer certaines contraintes sur d'autres parties du corps à l'origine d'autres TMS.

Systemes d'assistance physique

IDÉE REÇUE N°3

«LES EXOSQUELETES LIMITENT
LES EFFORTS PHYSIQUES.»

VRAI

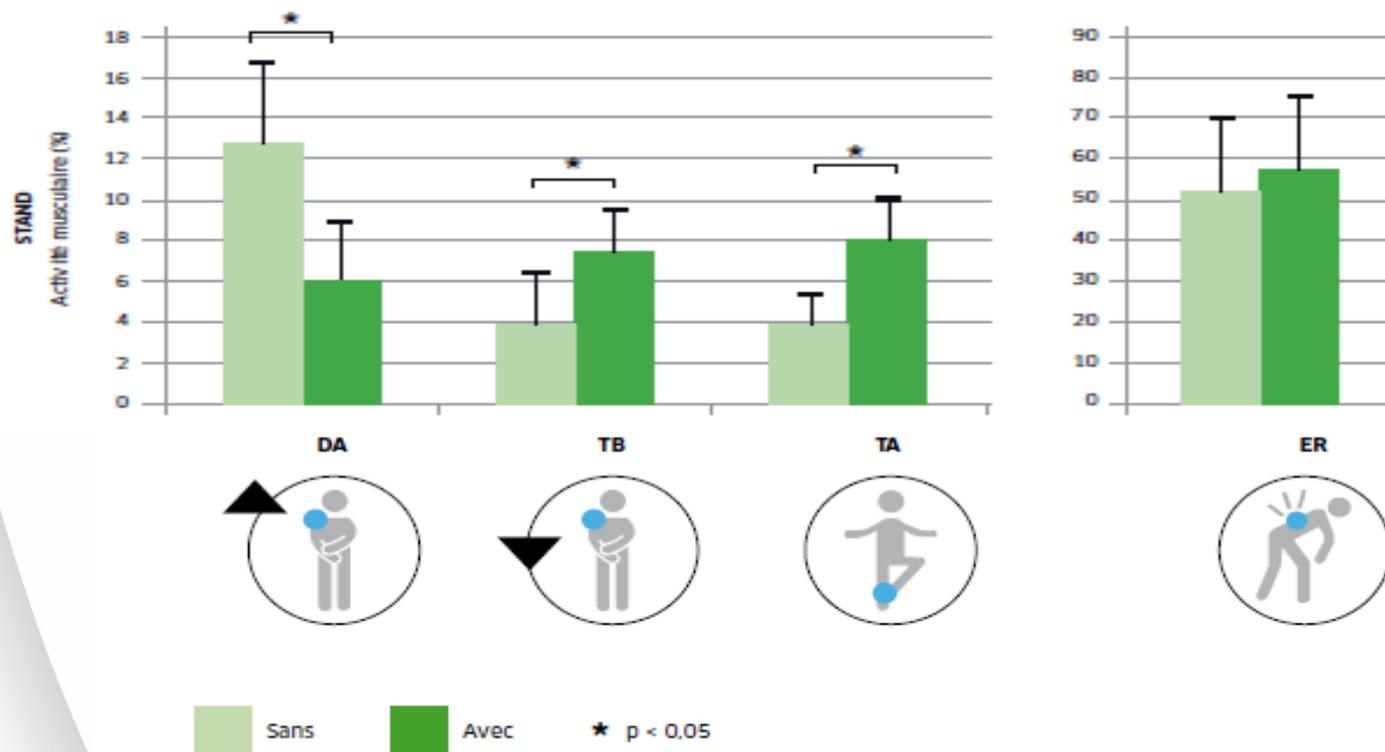
FAUX



Systèmes d'assistance physique



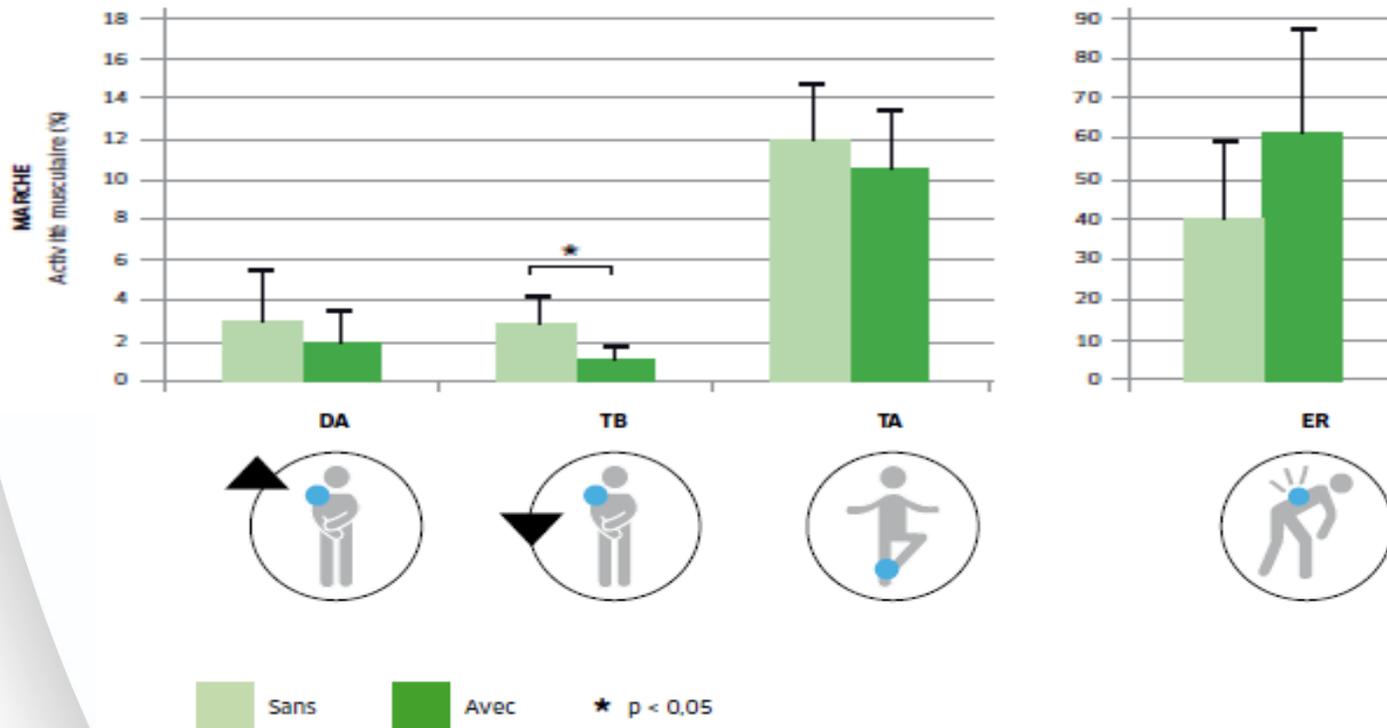
Source NT INRS n° 251 Juin 2018



Systèmes d'assistance physique



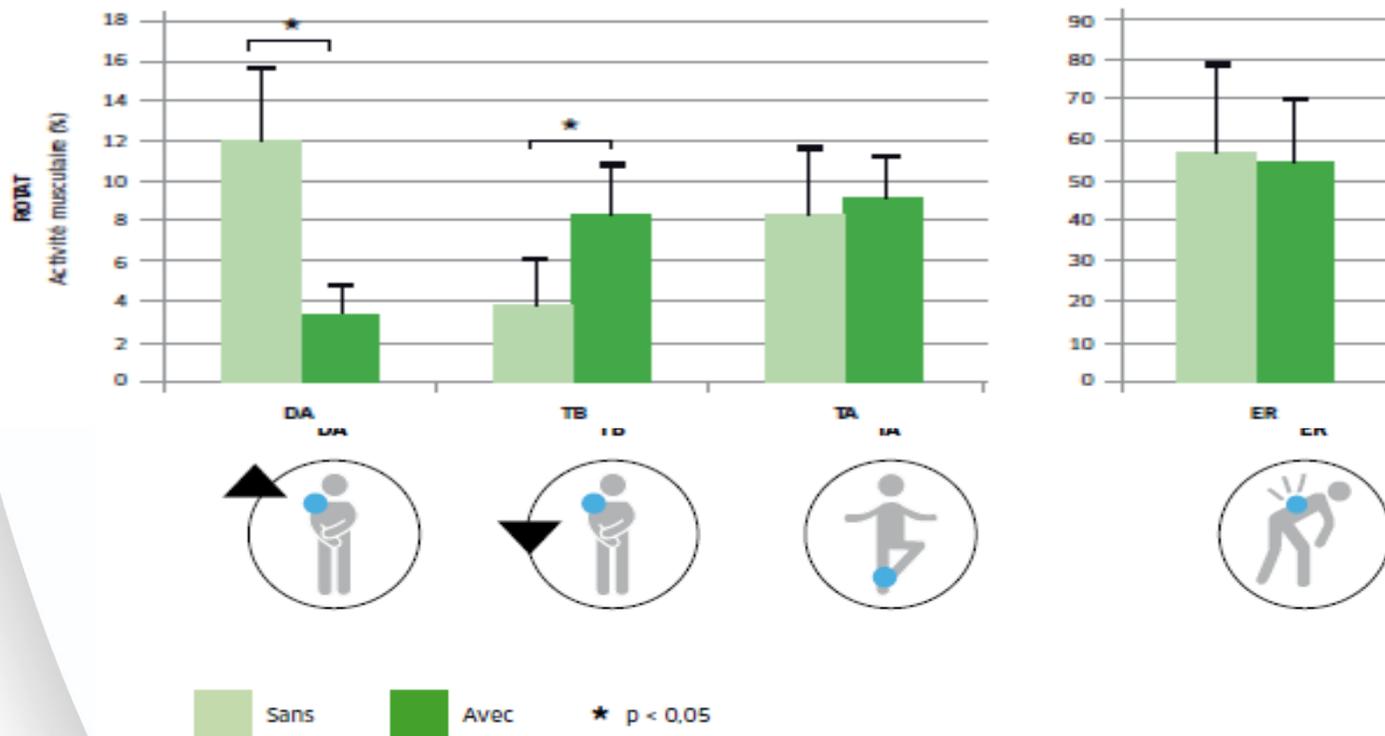
Source NT INRS n° 251 Juin 2018



Systèmes d'assistance physique



Source NT INRS n° 251 Juin 2018



Point FAQ INRS

Dans l'état actuel des connaissances, quels sont les gestes pour lesquels un exosquelette apporte le plus de bénéfices ?

À ce jour, les exosquelettes ont majoritairement été conçus pour **soulager les efforts inhérents à l'élévation des bras et au redressement du corps** après une flexion du buste. Les bénéfices apportés par ces technologies en termes de réduction des efforts musculaires ont été démontrés uniquement lors de ces deux types d'effort, sous certaines conditions.

Les apports dépendent directement de l'adéquation entre les caractéristiques techniques de l'exosquelette et les caractéristiques de la tâche (posture, poids des charges manipulées...) **L'évaluation de l'interaction homme-exosquelette-situation de travail est donc indispensable**

Systèmes d'assistance physique

IDÉE REÇUE N°4

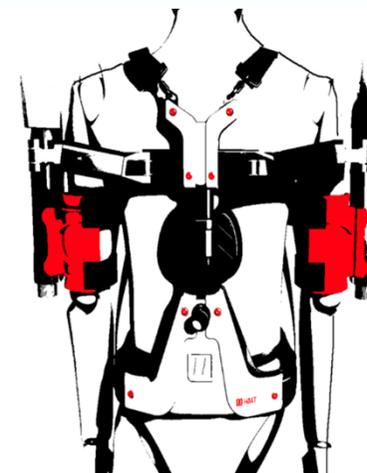
«LES EXOSQUELETES AUGMENTENT
LA FORCE DU SALARIÉ.»

VRAI

FAUX



Systèmes d'assistance physique



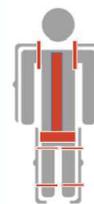
Systemes d'assistance physique



Facteurs biomécaniques:

- Amplitude
- Effort **Répartition**
- Répétitivité
- Appuis

Les exosquelettes peuvent-ils aider à porter des objets lourds (supérieurs à 15 kg) ?



- Structure membres inférieurs
- Bras « zéro G »
- Contrepoids

Cela dépend du type d'exosquelette. Ces technologies sont conçues pour fournir localement (au niveau du dos, des épaules, des coudes, ou des poignets, etc.) un supplément de force lors d'un mouvement spécifique, grâce à un moteur, un élastique ou un ressort. La question est de savoir comment les efforts sont ensuite transmis. Certains exosquelettes sont reliés au sol ou à un point fixe ; dans ce cas, les efforts sont transférés vers l'extérieur du corps et il est alors possible de soulever des objets lourds (> 15 kg). **Pour les autres modèles, les efforts restent intégralement supportés par l'opérateur, seules la répartition et la localisation des efforts sont modifiées.** Dans ce cas, il convient de respecter les normes en vigueur concernant les limites de charge et de contraintes physiques pour les tâches de manutention manuelle

Systemes d'assistance physique

IDÉE REÇUE N°5

«LES EXOSQUELETES CONVIENNENT
À TOUS LES SALARIÉS.»

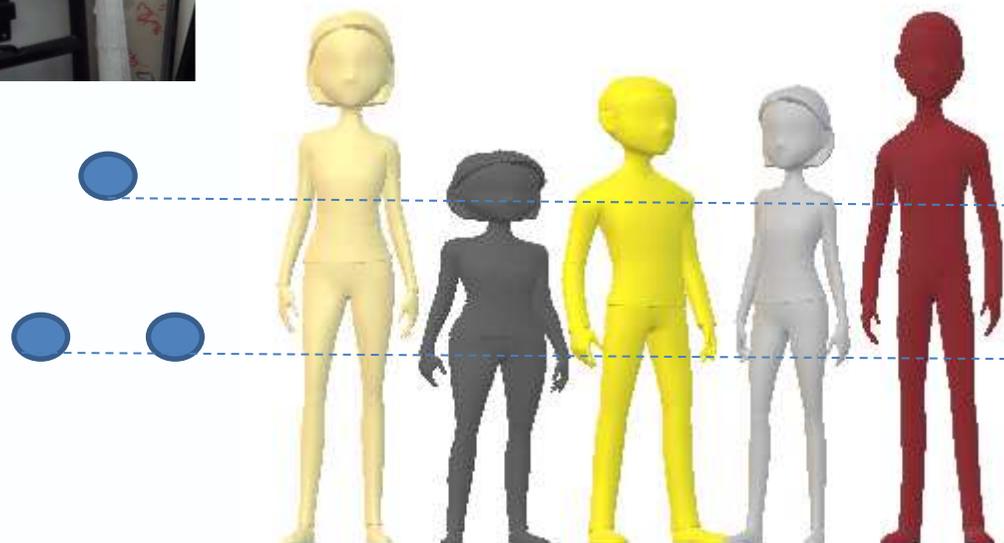
VRAI FAUX



Systèmes d'assistance physique



Variabilité interindividuelle



Point FAQ INRS

Un exosquelette mis au point pour un salarié est-il utilisable par d'autres salariés ?

C'est possible mais c'est loin d'être acquis. **Un exosquelette, selon ses caractéristiques (forme, fonctionnement, etc.), n'est pas systématiquement adapté** à la morphologie de chacun (genre, taille, poids) ou à certains problèmes de santé d'ordre locomoteur, cardiovasculaire ou cutané par exemple. Il est également possible que certaines personnes ne puissent pas utiliser correctement, confortablement ou sans risque, un modèle mis au point pour un autre salarié. **Une évaluation de l'aptitude à utiliser l'exosquelette apparaît nécessaire** afin de s'assurer qu'il convient aux caractéristiques des utilisateurs. **L'INRS préconise que le service de santé au travail soit associé à cette évaluation.**

Systèmes d'assistance physique

IDÉE REÇUE N°6

«LES EXOSQUELETTES NE PRÉSENTENT
AUCUN RISQUE POUR LES SALARIÉS.»

VRAI

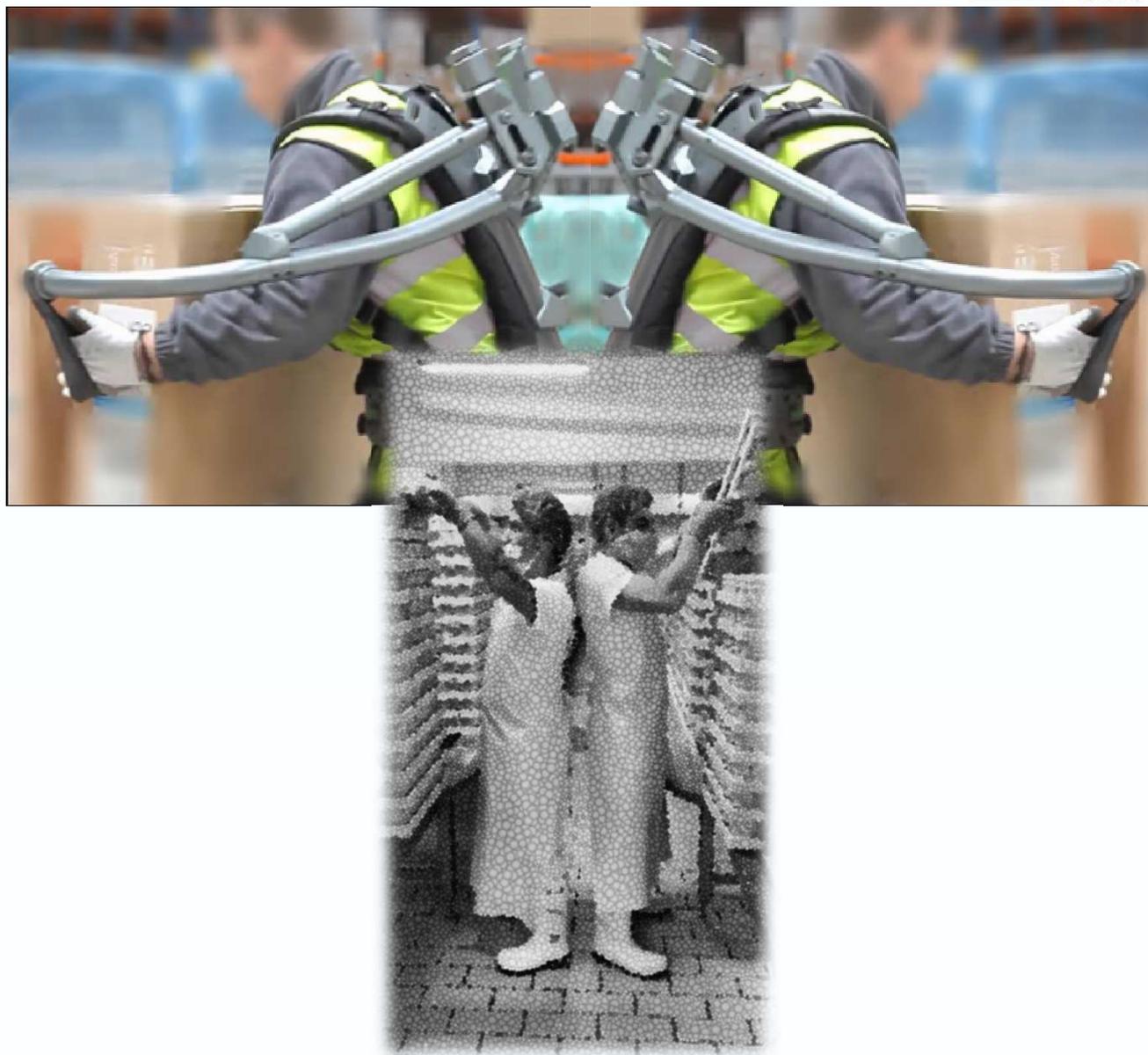
FAUX



Systemes d'assistance physique



Systemes d'assistance physique



Point FAQ INRS

Quels sont les principaux points de vigilance à prendre en considération lors de l'utilisation d'un exosquelette ?

Plusieurs risques potentiels ont été clairement identifiés lors de l'usage d'exosquelettes au travail :

- Risques mécaniques (collisions avec l'utilisateur ou un tiers, écrasement, lésion articulaire, abrasion, etc.)
- Risques liés à la charge physique (charge physique accrue, autres troubles musculosquelettiques, déséquilibre, contraintes posturales, perturbations sensorielles, désadaptation musculaire, etc.)
- Risques en lien avec la charge mentale (incidences sur l'expertise, augmentation de la charge attentionnelle, perte d'autonomie, appauvrissement du contenu du travail, etc.)

Systemes d'assistance physique

IDÉE REÇUE N°7

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

VRAI

FAUX



L'usage d'un exosquelette se construit à partir de :

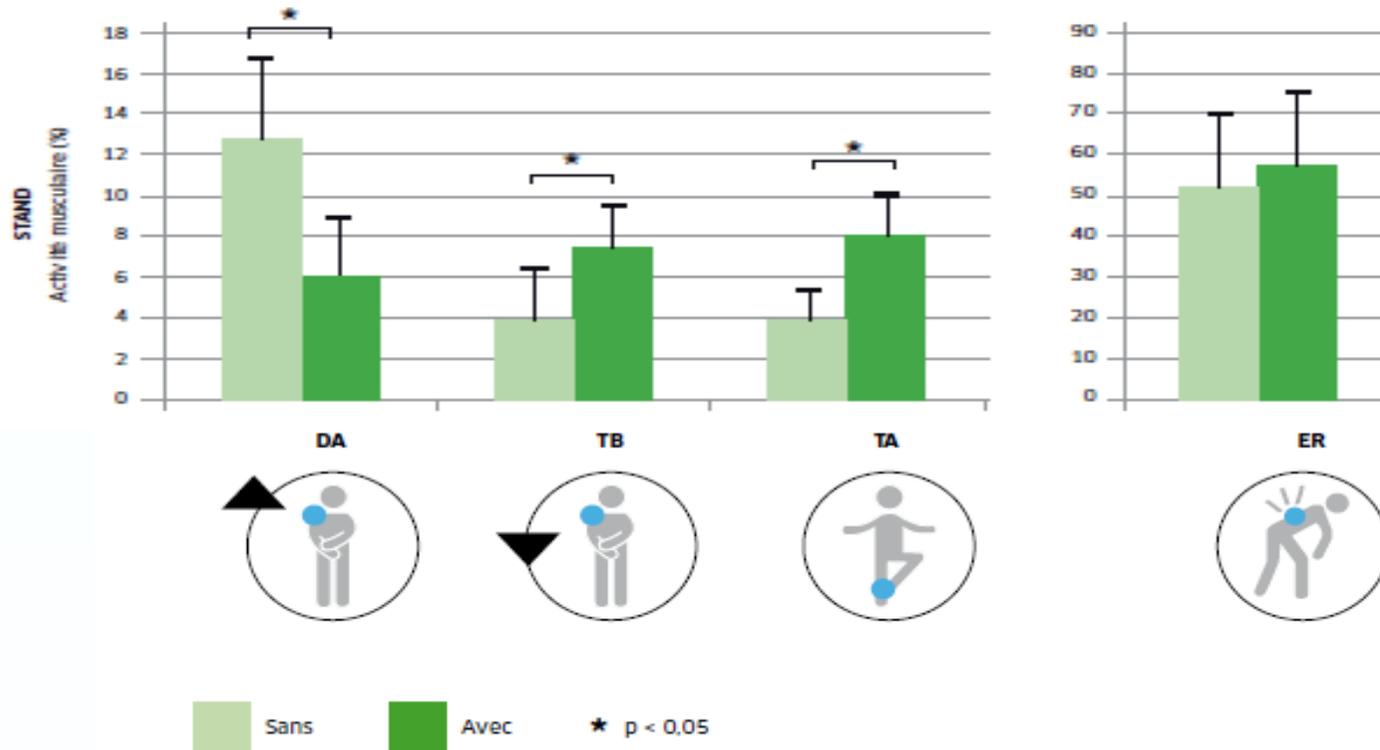
Ce qu'il permet de faire

Ce qu'il oblige à faire

Ce qu'il empêche de faire

Systèmes d'assistance physique

Source NT INRS n° 251 Juin 2018



Systèmes d'assistance physique



Systèmes d'assistance physique

agroalimentaire
exosquelette > SYNTHÈSE SUR LES EXOSQUELETTES
UTILISÉS OU DÉVELOPPÉS
EN AGROALIMENTAIRE

Schéma démonstratif des différents systèmes d'assistance physique dans l'agroalimentaire

| Type | Exo / DAP | Exo / DAP | Exo / DAP | Exo / DAP / RAP | Exo / RAP | Cobot RAP | Cobot RAP | Cobot RAP |
|--------------------------|---|---|--|---|---|---|---|--|
| Fabricant | Exhaus | Skelex | Noonee | CEA Tech | ADIV | ADIV | RB3D | Scott |
| Modèle | Worker | IP12 | Chairless Chair | | Exoscarne | Cobot Exoscarne | 4A350 | Cobot Scott |
| Photo |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Partie du corps assistée | Haut du corps / Dos | Haut du corps / Dos | Bas du corps / Pieds | Haut du corps | Haut du corps | Haut du corps | Haut du corps / Dos | Haut du corps |
| Application(s) | Port de charges (> 20 kg) Décrochage de carcasses Logistique à froid | Port de charges | travail assis | Ancrage de pannes | Déossage Découpe | Déossage Découpe | Port de charges : port de bacs | Assistance du bras de l'opérateur aux efforts de préhension/traction de la viande lors du déossage |
| Secteur agro | Adapté à la filière viande | Testé en fermes dans le cadre du projet Exotraite | Mis en place chez Briard | Mis en place chez Holvia | Conçu pour la filière viande | Conçu pour la filière viande | Testé dans un abattoir de volaille | Adapté à la filière viande |

Point FAQ INRS

Les exosquelettes peuvent-ils être utilisés pour toutes les tâches induisant des efforts musculaires et/ou des postures contraignantes ?

Non, les exosquelettes offrent des performances d'assistance très spécifiques. L'intégration de ce type de technologie doit répondre à un besoin d'assistance physique identifié et clairement caractérisé (posture adoptée, poids manipulés, groupes musculaires sollicités...) et tenir compte de l'activité globale dans son environnement spécifique. Pour l'heure, ces technologies ne sont pas donc utilisables pour des tâches où les contraintes physiques sont de nature très variable.

Systemes d'assistance physique

IDÉE REÇUE N°8

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

VRAI FAUX



Systemes d'assistance physique



Phase de test hors production à intégrer obligatoirement

Systèmes d'assistance physique



Systemes d'assistance physique



Cadence imposée

| TÂCHE | STAND | |
|--------------|------------|------------|
| | SANS | AVEC |
| Exosquelette | | |
| Temps (s) | | |
| CC (bpm) | 52.1 ± 5.4 | 59.3 ± 8.2 |
| RPE (u.a.) | 13.4 ± 1.1 | 12.9 ± 1.4 |

↑ **TABLEAU 1** Durée de la tâche, coût cardiaque et effort perçu. La durée mesurée pour les tâches effectuées à cadence libre correspond à la réalisation de deux cycles pour ROTAT et de 20 m pour MARCHÉ. Le coût cardiaque (CC) est exprimé en battements par minute (bpm) et le niveau d'effort perçu (RPE) en unité arbitraire (u.a., de 6 à 20). * p < 0,05.

Systemes d'assistance physique



Cadence imposée

| TÂCHE | STAND | |
|--------------|------------|------------|
| | SANS | AVEC |
| Exosquelette | | |
| Temps (s) | | |
| CC (bpm) | 52.1 ± 5.4 | 59.3 ± 8.2 |
| RPE (u.a.) | 13.4 ± 1.1 | 12.9 ± 1.4 |



Cadence libre

| TÂCHE | ROTAT | |
|--------------|------------|--------------|
| | SANS | AVEC |
| Exosquelette | | |
| Temps (s) | 36.9 ± 6.7 | 47.6 ± 7.1 * |
| CC (bpm) | 66.6 ± 5.2 | 67.0 ± 7.4 |
| RPE (u.a.) | 13.3 ± 1.2 | 12.8 ± 1.7 |

↑TABLEAU 1 Durée de la tâche, coût cardiaque et effort perçu. La durée mesurée pour les tâches effectuées à cadence libre correspond à la réalisation de deux cycles pour ROTAT et de 20 m pour MARCHÉ. Le coût cardiaque (CC) est exprimé en battements par minute (bpm) et le niveau d'effort perçu (RPE) en unité arbitraire (u.a., de 6 à 20). * p < 0,05.

Systèmes d'assistance physique



Cadence imposée

Cadence libre

| TÂCHE | STAND | | MARCHE | | ROTAT | |
|--------------|------------|------------|------------|--------------|------------|--------------|
| | SANS | AVEC | SANS | AVEC | SANS | AVEC |
| Exosquelette | | | | | | |
| Temps (s) | | | 14.0 ± 1.2 | 14.7 ± 1.1 | 36.9 ± 6.7 | 47.6 ± 7.1 * |
| CC (bpm) | 52.1 ± 5.4 | 59.3 ± 8.2 | 49.3 ± 9.7 | 46.0 ± 4.5 | 66.6 ± 5.2 | 67.0 ± 7.4 |
| RPE (u.a.) | 13.4 ± 1.1 | 12.9 ± 1.4 | 13.6 ± 1.5 | 11.2 ± 2.2 * | 13.3 ± 1.2 | 12.8 ± 1.7 |

↑TABLEAU 1 Durée de la tâche, coût cardiaque et effort perçu. La durée mesurée pour les tâches effectuées à cadence libre correspond à la réalisation de deux cycles pour ROTAT et de 20 m pour MARCHE. Le coût cardiaque (CC) est exprimé en battements par minute (bpm) et le niveau d'effort perçu (RPE) en unité arbitraire (u.a., de 6 à 20). * p < 0,05.

Point FAQ INRS

Porter un exosquelette a-t-il des conséquences sur le rythme cardiaque ?

Oui. Cela peut être le cas lors de certaines tâches de manutention en particulier, à cause du poids du système. Par exemple, une augmentation du coût cardiaque, de l'ordre de 15 % en moyenne, a été observée à l'occasion d'une étude récente portant sur l'usage d'un exosquelette d'assistance des bras lors d'une tâche de manutention de caisse. Le poids de l'exosquelette était d'environ 9 kg (cf. Desbrosses et al., 2017, HST).

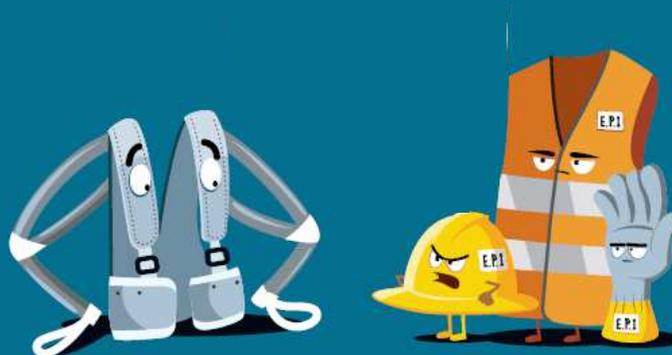
Systemes d'assistance physique

IDÉE REÇUE N°10

«LES EXOSQUELETES SONT DES ÉQUIPEMENTS
DE PROTECTION INDIVIDUELLE.»

VRAI

FAUX



Point FAQ INRS

Les exosquelettes sont-ils des équipements de protection individuelle?

Non. Pour être certifié comme équipement de protection individuelle (EPI), il est nécessaire d'en démontrer l'efficacité contre un risque en termes de santé ou sécurité (ED6077). Pour l'heure, aucun fabricant, à notre connaissance, ne revendique le statut d'EPI pour les exosquelettes ou ne s'est engagé dans une démarche de certification en ce sens. Notons que dans ce cas précis, le principal objectif serait de réduire les risques de survenue de TMS. Or, pour l'heure, il n'existe pas, à notre connaissance, de preuve scientifique quant à l'efficacité de ces technologies pour réduire ces risques. Par ailleurs, il serait également nécessaire de statuer sur la manière d'évaluer la diminution du risque. L'élaboration de normes serait alors nécessaire afin de certifier ces technologies.

Systèmes d'assistance physique

Une intégration réussie ?



Point FAQ INRS

A-t-on des retours d'expérience sur l'intégration d'exosquelette dans le secteur du BTP ?

Oui, l'INRS a notamment mené une étude dans une entreprise spécialisée dans les métiers d'arts dans le bâtiment. Celle-ci a permis de recueillir des informations quant à l'intégration réussie d'un exosquelette dans une tâche de ponçage et d'embellissement de plafonds en plâtre. L'exosquelette était destiné à des experts réalisant des tâches impliquant une charge physique élevée, liée à l'usage de ponceuses énergisées portées mains au-dessus de la tête sur des périodes prolongées. **Avant d'être intégré en situation réelle de travail, l'exosquelette a subi plusieurs adaptations, suite aux discussions menées entre les opérateurs et leurs responsables.** Les opérateurs ont indiqué exercer moins de force sur l'outil, adopter des postures moins sollicitantes et constater la disparition de certaines douleurs. Son utilisation a entraîné des évolutions dans les stratégies des opérateurs comme dans l'organisation du travail. Cet exemple repose sur une activité très spécifique. L'adéquation entre les besoins d'assistance liés à la tâche de travail et les performances d'assistance fournies par l'exosquelette doivent être évalués pour chaque situation de travail.

Mise en œuvre de la méthode



- 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.

Les missions du groupe

- S'assurer que les **principes généraux de prévention** sont respectés ;
 - Éviter les risques,
 - Évaluer les risques,
 - Combattre les risques à la source,
 - Adapter le travail à l'Homme,
 - Tenir compte de l'évolution de la technique,
 - Remplacer ce qui est dangereux par ce qui l'est moins,
 - Planifier la prévention
 - Donner la priorité aux mesures de protection collective
 - Donner les instructions appropriées aux salariés,

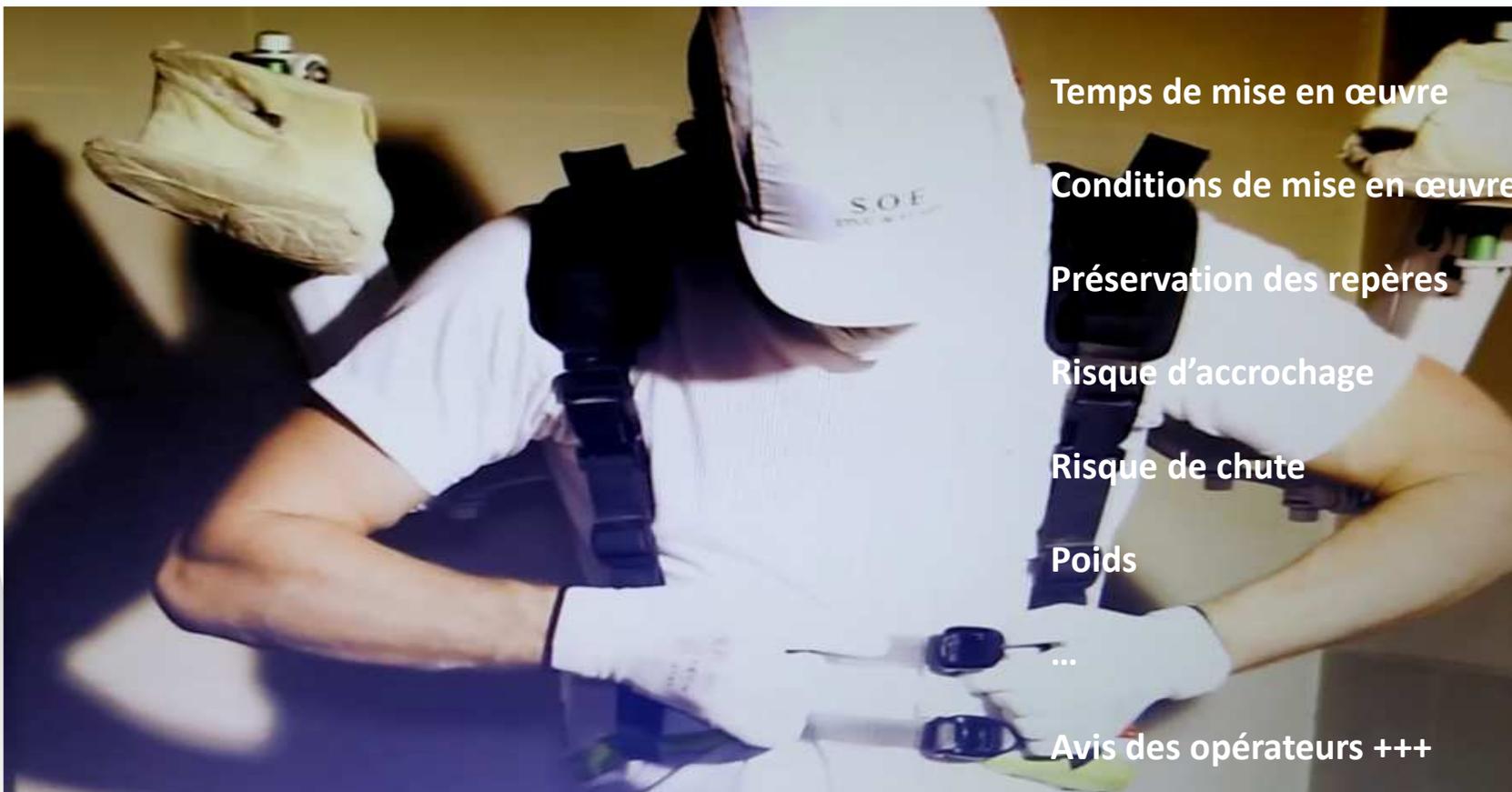
Systemes d'assistance physique



Systemes d'assistance physique



Systemes d'assistance physique



Systèmes d'assistance physique



La
documentation
disponible
(INRS)



Exosquelettes au travail : 6 points de vigilance

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

1 Les frottements et les pressions répétés de l'exosquelette sur certaines parties du corps peuvent être à l'origine d'**INCONFORT ET/OU D'IRRITATIONS DE LA PEAU**.



2 Certaines activités réalisées à l'aide d'exosquelettes exigent une attention accrue qui peut s'accompagner d'une **AUGMENTATION DU STRESS**.



6 Le poids des exosquelettes et la gêne associée lors de la réalisation de certains mouvements peuvent conduire à une **AUGMENTATION DES SOLlicitATIONS CARDIOVASCULAIRES**.



3 Les exosquelettes, de par leur encombrement et leur structure, présentent des **RISQUES DE COLLISION** avec une tierce personne ou des éléments de l'environnement.



5 L'usage des exosquelettes modifie la répartition des efforts et peut ainsi contribuer à l'apparition de **NOUVELLES CONTRAINTES BIOMÉCANIQUES**, facteurs de risque de troubles musculo-squelettiques (TMS).



4 Les exosquelettes sont susceptibles de modifier la perception des efforts et d'entraver les gestes, ce qui peut se traduire par un **DÉSÉQUILIBRE ET/OU DES MOUVEMENTS INCONTRÔLÉS**.



Pour en savoir plus :
www.inrs.fr/exosquelettes



10 idées reçues sur les exosquelettes

Exosquelettes au travail : 6 points de vigilance

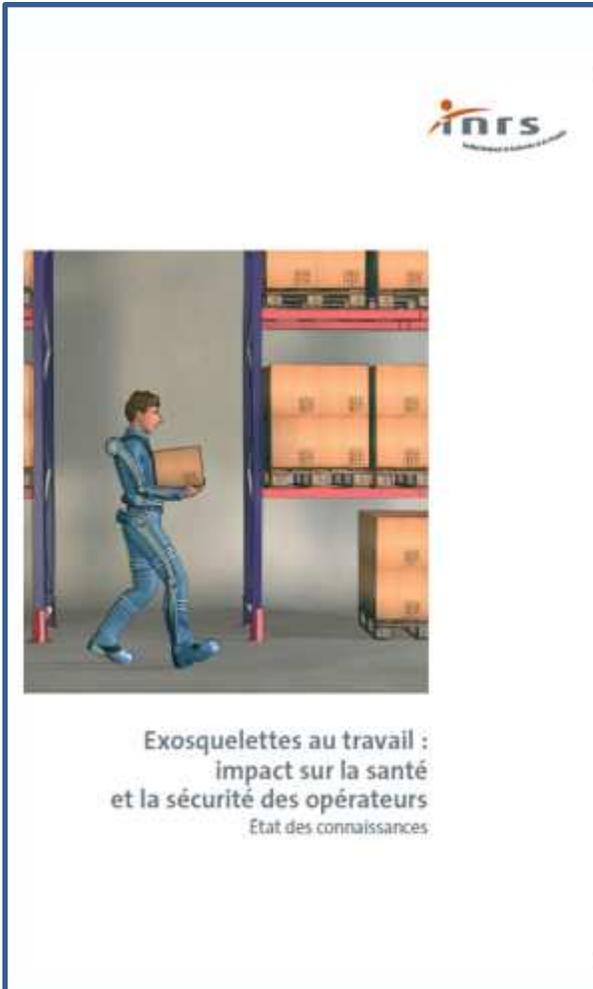
Les exosquelettes peuvent soulager les opérateurs mais... leur usage n'est pas sans risque.



1. Les frottements et les pressions répétés de l'exosquelette sur certaines parties du corps peuvent être à l'origine d'**INCONFORT ET/OU D'IRRITATIONS DE LA PEAU.**
2. Certaines activités réalisées à l'aide d'exosquelettes exigent une attention accrue qui peut s'accompagner d'une **AUGMENTATION DU STRESS.**
3. Les exosquelettes, de par leur encombrement et leur structure, présentent des **RISQUES DE COLLISION** avec une tierce personne ou des éléments de l'environnement.
4. Les exosquelettes sont susceptibles de modifier la perception des efforts et d'antraver les gestes, ce qui peut se traduire par un **DÉSÉQUILIBRE ET/OU DES MOUVEMENTS INCONTRÔLÉS.**
5. L'usage des exosquelettes modifie la répartition des efforts et peut ainsi contribuer à l'apparition de **NOUVELLES CONTRAINTES BIOMÉCANIQUES**, facteurs de risque de troubles musculo-squelettiques (TMS).
6. Le poids des exosquelettes et la gêne associée lors de la réalisation de certains mouvements peuvent conduire à une **AUGMENTATION DES SOLlicitATIONS CARDIOVASCULAIRES.**

Pour en savoir plus : www.inrs.fr/exosquelettes

Systemes d'assistance physique



inrs

Exosquelettes au travail :
impact sur la santé
et la sécurité des opérateurs
État des connaissances



inrs

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

Carsat Retraite
& Santé
au travail
Rhône-Alpes



Carsat Rhône-Alpes
69436 Lyon Cedex 03



www.carsat-ra.fr