

Exosquelettes au travail Comment s'y préparer ?

Webinaire INRS - 19 juin 2018



■ Notre métier,
■ rendre le vôtre plus sûr

www.inrs.fr

Les intervenants

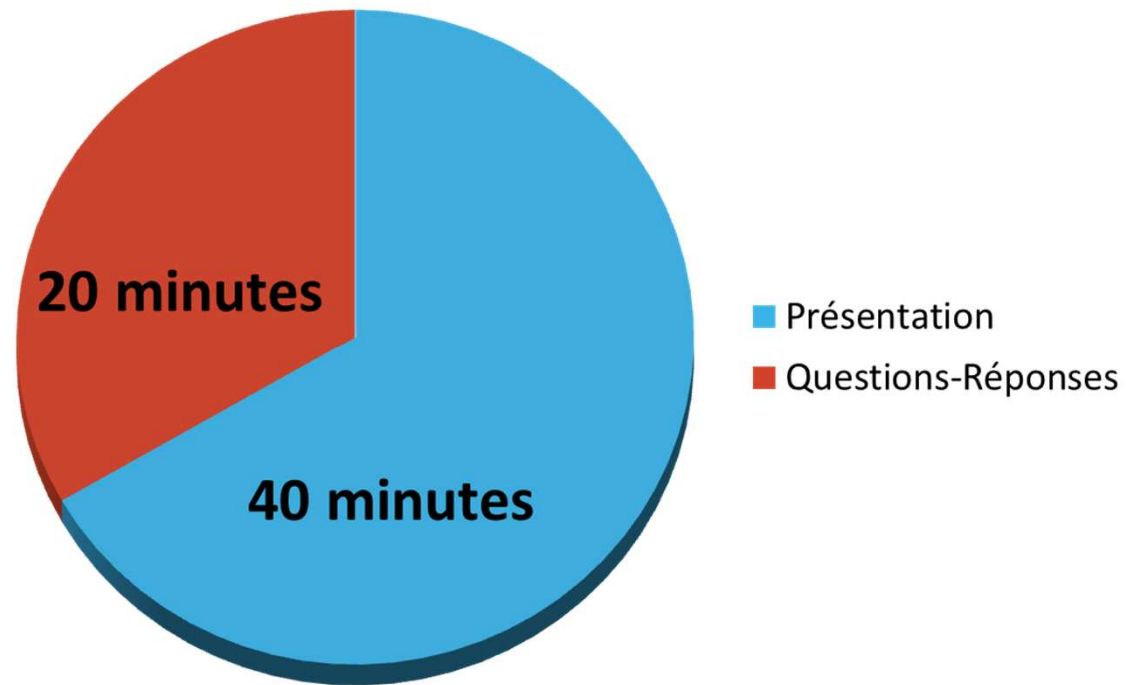


Jean Theurel
Physiologiste
INRS



Jean-Jacques ATAIN KOUADIO
Expert d'assistance
INRS

Durée





Sommaire

5 Le concept d'exosquelette

10 Quelles sont les attentes des entreprises ?

12 Etat des connaissances

27 Comment intégrer un exosquelette ?

40 Questions/réponses

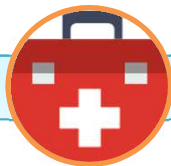
45 Pour en savoir plus

Le concept d'exosquelette

Le concept d'exosquelette



Hardiman 1968
Structure motorisée



Développement vers des
applications militaires et médicales



Innovations ?



Les exosquelettes industriels



Nouvelles technologies d'assistance physique

Ensemble des technologies utilisées afin d'apporter une aide physique à l'utilisateur dans l'exécution d'une tâche, par une compensation de ses efforts et/ou une augmentation de ses capacités motrices



Exosquelettes et autres technologies ...

- Bras manipulés,
- Robots collaboratifs,
- etc...

Les exosquelettes sont-ils tous des robots ?

The infographic is set against a large orange rounded rectangle. At the top, a purple ribbon contains the text 'IDÉE REÇUE N°1'. Below it, the main title reads '«LES EXOSQUELETES SONT TOUS DES ROBOTS.»'. A large blue robot with yellow eyes and a speech bubble says 'Négatif et tous les robots ne sont pas des exosquelettes.' A smaller white robot with a speech bubble replies 'Absolument.' To the left, a vertical grey bar has a green box labeled 'Dispos physique' and the word 'Nouvel' above it. To the right, a vertical grey bar has a dark grey oval labeled 'Robots' with an arrow pointing down to the text 'Autres types de robots'. A small copyright notice '© Vainui de Castebajac pour l'INRS' is on the right side of the orange area.

IDÉE REÇUE N°1

«LES EXOSQUELETES SONT TOUS DES ROBOTS.»

Négatif et tous les robots ne sont pas des exosquelettes.

Absolument.

Dispos physique

Nouvel

Robots

Autres types de robots

© Vainui de Castebajac pour l'INRS

Des technologies très variées

Membres supérieurs



Amazon



Levitare Tech



Exhaus

Main



Cyberdine

Dos



Innophys



Laevo

Membres inférieurs



Rb3D



Cyberdine

Source : exoskeletonreport.com

Quelles sont les attentes
des entreprises ?

Quelles sont les attentes des entreprises ?

- Réduire les troubles musculo-squelettiques (TMS)
- Réduire la charge physique
- Réduire les efforts, ...

Limites de la prévention primaire
(aménagement des postes et situations de travail, automatisation,)

Soulager les postures
contraignantes...



(buste fléchi, bras en hauteur,
positions statiques prolongées,)

... pour les opérations
de manutention



Etat des connaissances

Les exosquelettes protègent-ils des TMS ?

Les TMS ont une origine multifactorielle. Ils peuvent être dus :

- au stress
- à l'organisation du travail
- aux contraintes biomécaniques (force, répétitivité, posture)

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 !



IDÉE REÇUE N°10

«LES EXOSQUELETES SONT DES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE.»

VRAI FAUX

Ah non, désolé, toi tu fais pas partie du club.



Les exosquelettes limitent-ils les efforts musculaires ?

IDÉE REÇUE N°4

«LES EXOSQUELLETES AUGMENTENT LA FORCE DU SALARIÉ.»

Je ne sais pas ce qu'il se passe... À chaque fois que je m'équipe, je me transforme.



© Vainui de Castebajac pour l'INRS

Les exosquelettes limitent-ils les efforts musculaires ?

1 / Sur les exosquelettes « **dos** »
lors de tâches en flexion / extension du buste...

- Cas des dispositifs d'assistance physique



Activité musculaire
(- 10 à - 40 %)



Fatigue musculaire



Compressions vertébrales



Inconfort

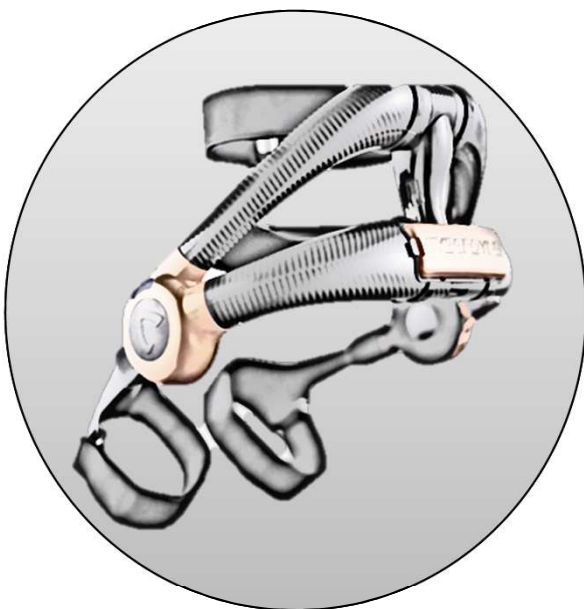
Activité des muscles abdominaux

Changements de posture

Les exosquelettes limitent-ils les efforts musculaires ?

1 / Sur les exosquelettes « **dos** »
lors de tâches en flexion / extension du buste...

- Cas des robots d'assistance physique



- **Activité musculaire**
(- 12 à - 15 %)
- **Fatigue perçue**
- **Endurance de manutention**
- **Confort (buste)**



- Inconfort (zones d'appui sur les jambes)**
- Mesures réduites (postures, muscles antagonistes ...)**

Les exosquelettes limitent-ils les efforts musculaires ?

2 / Sur les exosquelettes « **membres supérieurs** » lors de tâches de bras en hauteur

- Cas des dispositifs d'assistance physique et des robots d'assistance physique



Activité musculaire
(- 30 à - 40 %)



Perception d'effort
(- 40 à - 50 %)



Contraintes articulaires



Activité des muscles posturaux (dos)

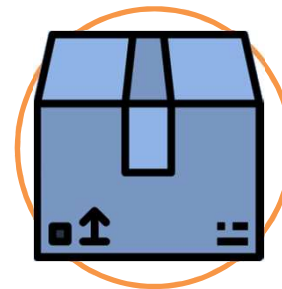
Changement de stratégies posturales

En pratique

Mener des évaluations spécifiques lors de tâches de manutention dynamique ...



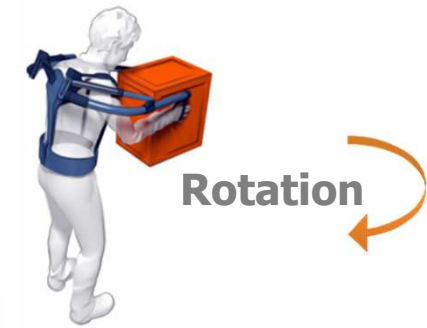
**Avec
exosquelette**



**Sans
exosquelette**



Soulèvement



Rotation

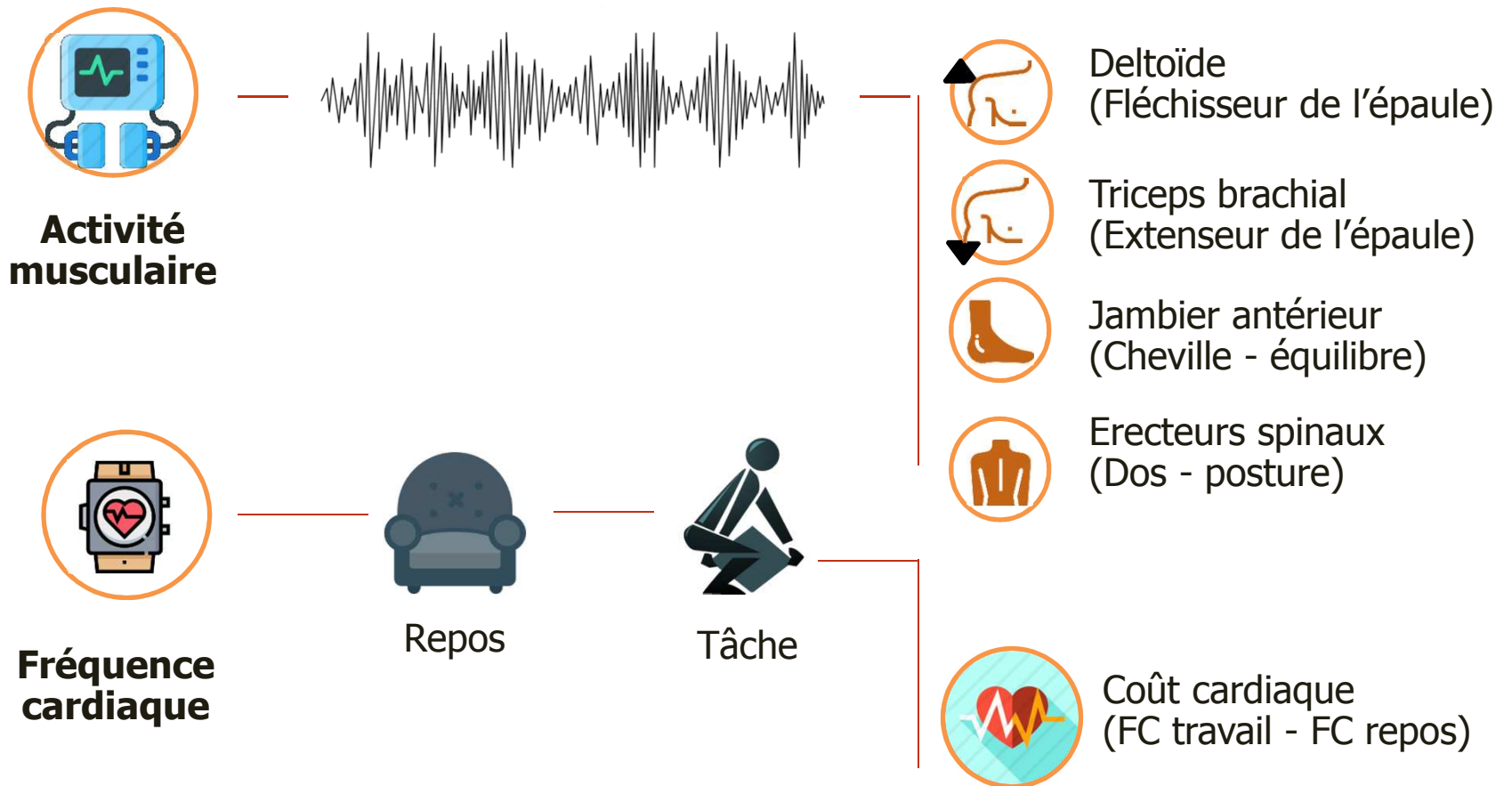


Marche

Les mesures

Sur les exosquelettes « membres supérieurs »

8 salariés, formés et entraînés à l'usage de l'exosquelette



Les résultats

Pour les exosquelettes « membres supérieurs » sur l'activité musculaire lors du **mouvement de soulèvement**



Deltoïde



Triceps brachial



Jambier antérieur



Erecteurs spinaux



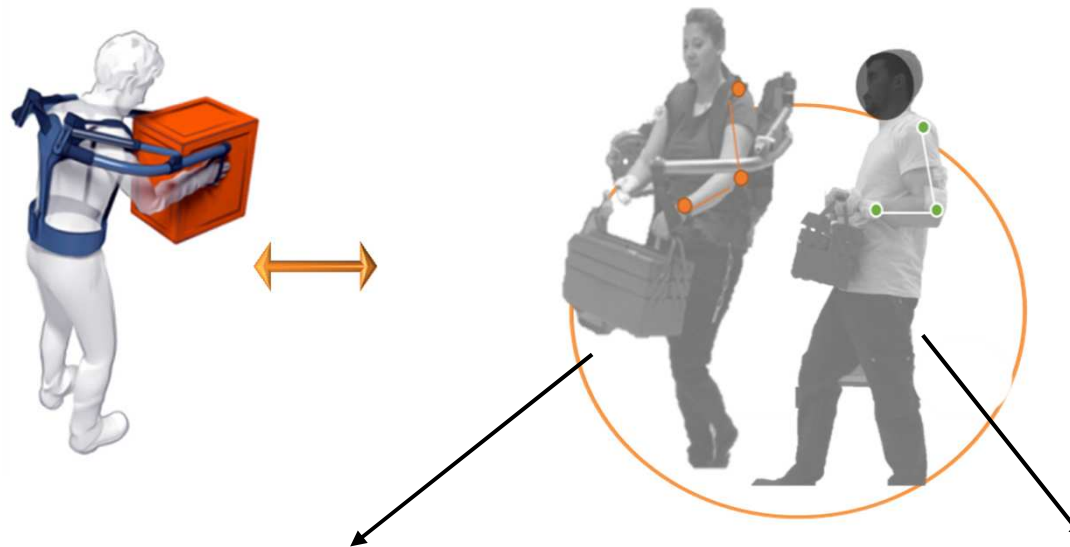
Les résultats

Pour les exosquelettes « membres supérieurs » sur l'activité musculaire lors du **mouvement de rotation**



Les résultats

Pour les exosquelettes « membres supérieurs » sur l'activité musculaire lors du **mouvement de marche**



Triceps brachial



Deltoïde



Erecteurs spinaux



Les exosquelettes limitent-ils tous les efforts ?

IDÉE REÇUE N°3

«LES EXOSQUELETES LIMITENT LES EFFORTS PHYSIQUES.»

VRAI FAUX



The illustration shows a worker in a blue cap and exoskeleton climbing a set of stairs. Two circular gauges are positioned on either side of the worker. The left gauge has a red needle pointing to the red section and a muscular arm icon below it. The right gauge has a red needle pointing to the green section and a heart icon with a pulse line below it. The worker is carrying a red toolbox.

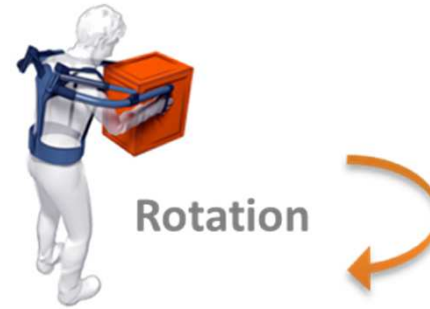
Les exosquelettes limitent-ils tous les efforts ?



Avec exosquelette



Effort cardiaque



Avec exosquelette



Effort cardiaque



Productivité

D'autres questions en suspens...

Sur les conséquences physiologiques à moyen et long termes



Quels délais de **familiarisation** ?

Quels sont les impacts sur **l'expertise** ?



Quels sont les risques de

désadaptation musculaire ?



Quels impacts sur

l'organisation du travail ?

D'autres questions en suspens...

Sur le comportement articulaire...



- Quel impact sur **les coordinations musculaires** ?
- Quel impact sur le **mouvement** ? (fonctionnement de l'articulation)
- Quelles conséquences sur **l'intégrité des tendons** ?

Comment intégrer un exosquelette ?

Jean-Jacques ATAIN KOUADIO
Expert d'Assistance - INRS



Les objectifs d'une démarche d'intégration

IDÉE REÇUE N°8

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

VRAI FAUX

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



Bénéfices



Risques



Les questions à se poser en amont



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 ?

Caractériser le besoin d'assistance physique



Analyse de l'activité :

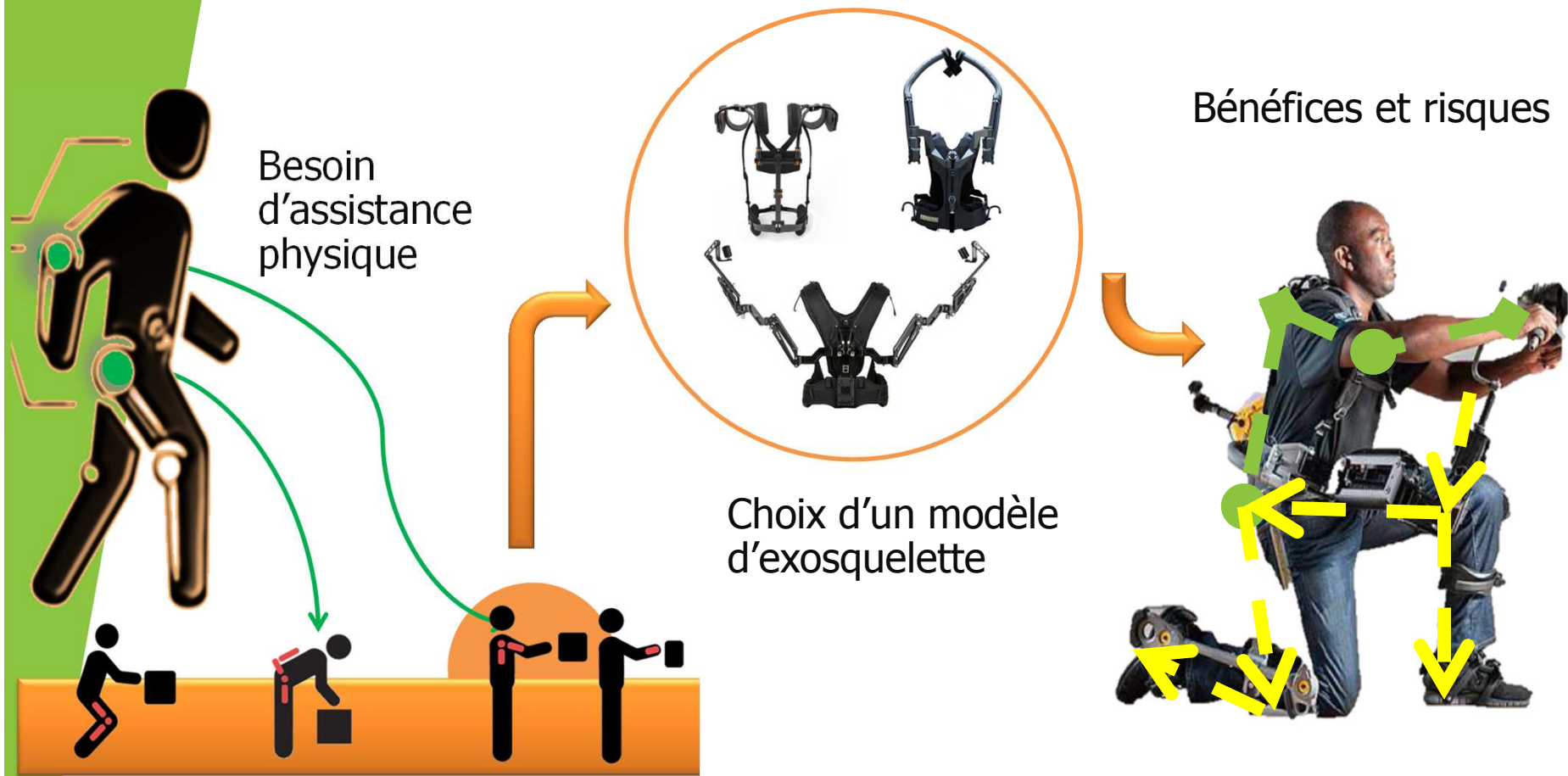
- Quelles sont les spécificités de la tâche de travail ?
- Quels sont les risques ?



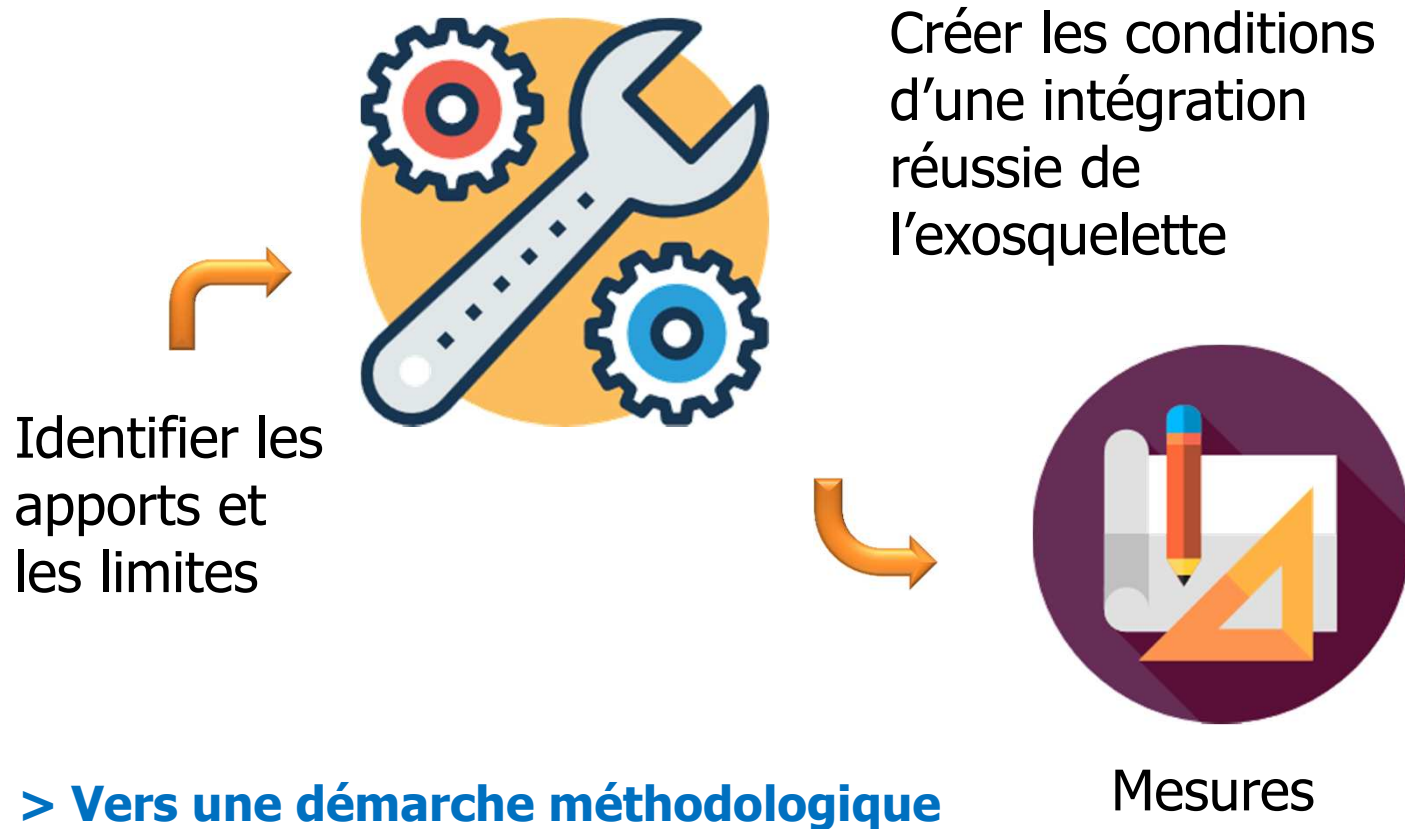
> **Impliquer l'utilisateur final !**

Caractériser le principe de la technologie

L'exosquelette : une réponse et des limites spécifiques

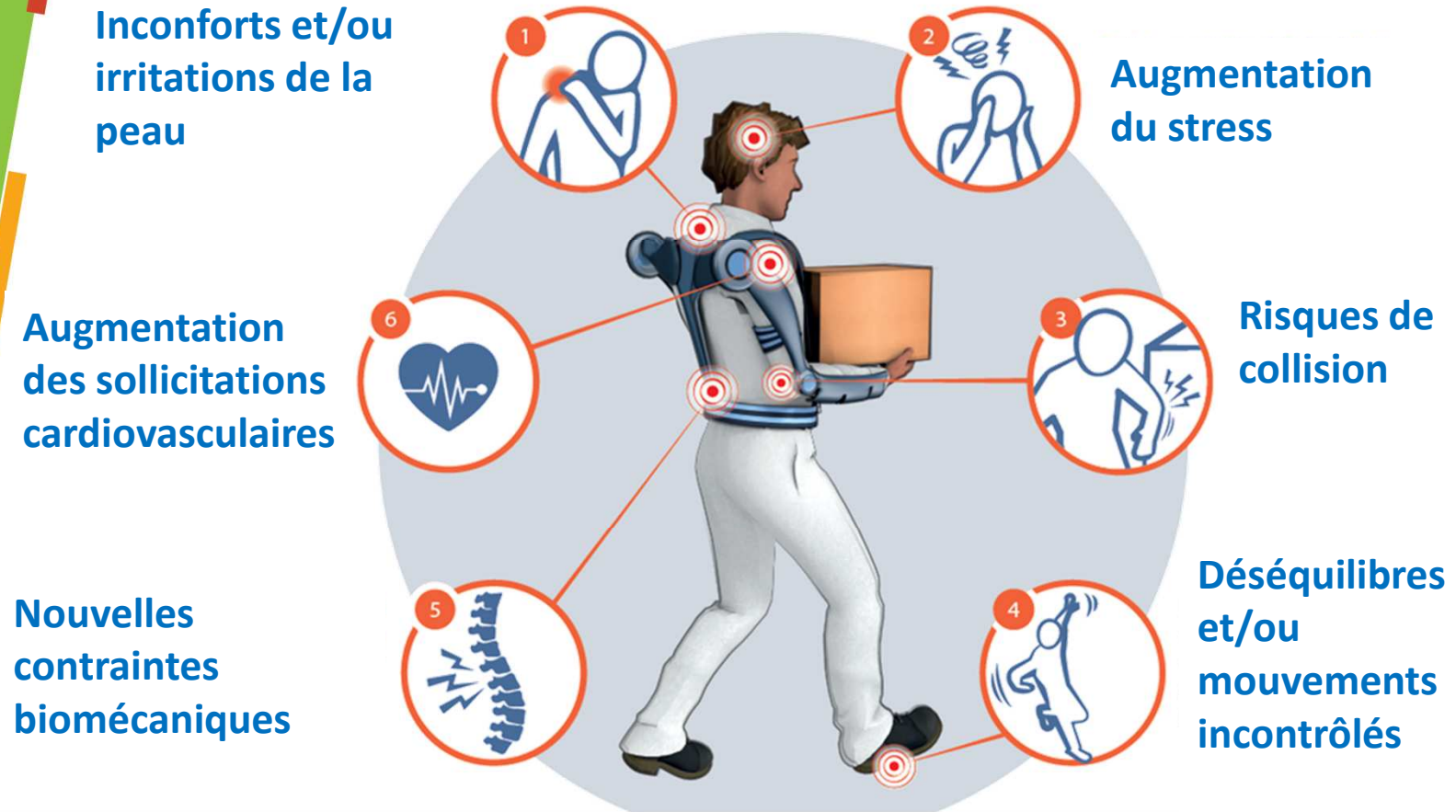


Evaluer l'interaction entre l'homme, l'exosquelette et la situation



Prendre en compte les nouveaux risques

Intégrer un exosquelette c'est aussi introduire de nouveaux risques



Prendre en compte les nouveaux risques

1 / Familiarisation et apprentissage



Prendre en compte les nouveaux risques

2 / Réorganisation du travail



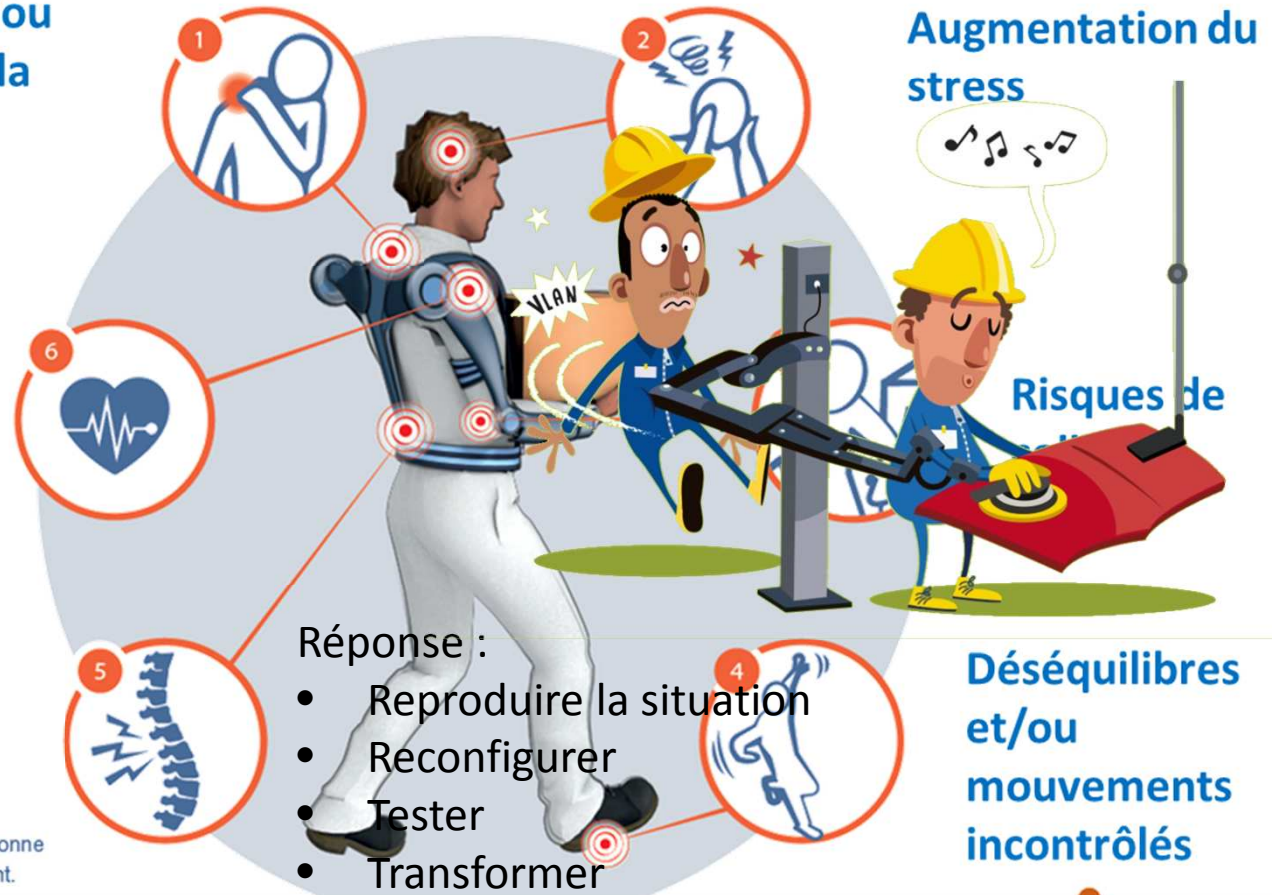
Prendre en compte les nouveaux risques

3 / Réorganisation de l'environnement



Augmentation des sollicitations cardiovasculaires

Nouvelles contraintes biomécaniques



Optimiser l'apport de l'exosquelette



Cibler les zones
d'efficacité - inefficacité



Y a-t-il de nouvelles
contraintes biomécaniques ?

Y a-t-il de nouvelles
sollicitations cardio-vasculaires ?

Les points à retenir

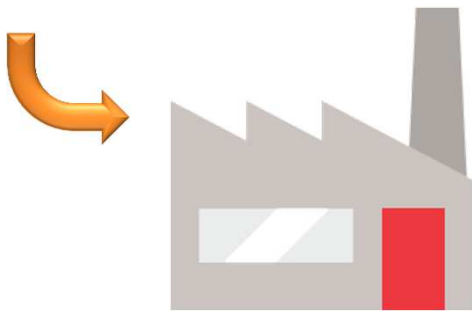
Evaluation de l'interaction Homme-Exo-Situation

Etape 1: Introduction des critères et des outils d'évaluation

Etape 2 : Elaboration du protocole d'évaluation

Etape 3 : Apprentissage hors situation réelle de travail

Etape 4 : Mise en œuvre en situation réelle de travail



Intégration d'un exosquelette **effectivement adapté**



Suivi et retours d'expériences

Les points à retenir

<https://www.youtube.com/watch?v=AoNkk02XiA4>



Questions / Réponses

A quelles activités et quel public s'adressent les exosquelettes ?

Les exosquelettes
peuvent-ils aider à porter
des objets lourds ?

Les exosquelettes sont-ils adaptés à un usage ponctuel par plusieurs opérateurs ? Ou faut-il les réserver à un seul opérateur ?

Peut-on considérer les
exosquelettes comme
des équipements de
protection individuelle
(EPI) ?

La réduction de la charge
physique suffit-elle à
compenser la charge
mentale ?

Pour en savoir plus



Pour en savoir plus



www.inrs.fr/exosquelettes



Notre métier, rendre le vôtre plus sûr
Merci de votre attention



www.inrs.fr

YouTube

