



# Intérêts et limites des exosquelettes pour la santé et la sécurité au travail ?



JJ. Atain Kouadio (INRS) - Expert d'Assistance, Ergonome  
J. Theurel (INRS) - Chercheur, Physiologiste



■ Notre métier,  
■ rendre le vôtre plus sûr

# L'exosquelette...

## Un concept en évolution



1968

Hardiman



2016

Gopura et al, 2015



Armée



Réadaptation  
fonctionnelle



Monde du  
travail



# L'exosquelette...pour l'entreprise

Une nouvelle « Technologie d'Assistance Physique »



Objet général :

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

# Les nouvelles technologies d'assistance physique

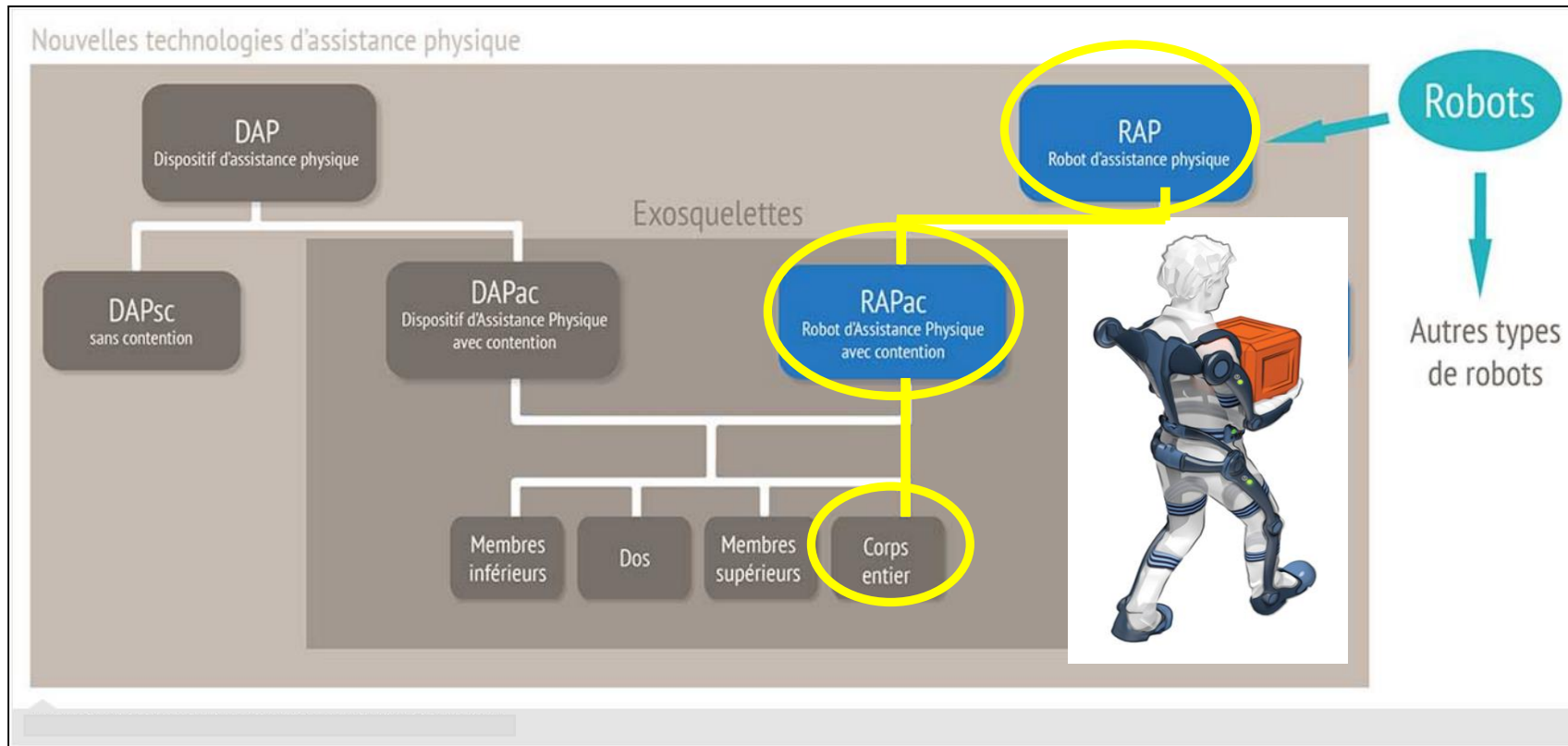
## le besoin d'une classification



Compréhension Commune  
Normalisation



Recherche



De quoi parlons nous ?

# Les nouvelles technologies d'assistance physique

## le besoin d'une classification

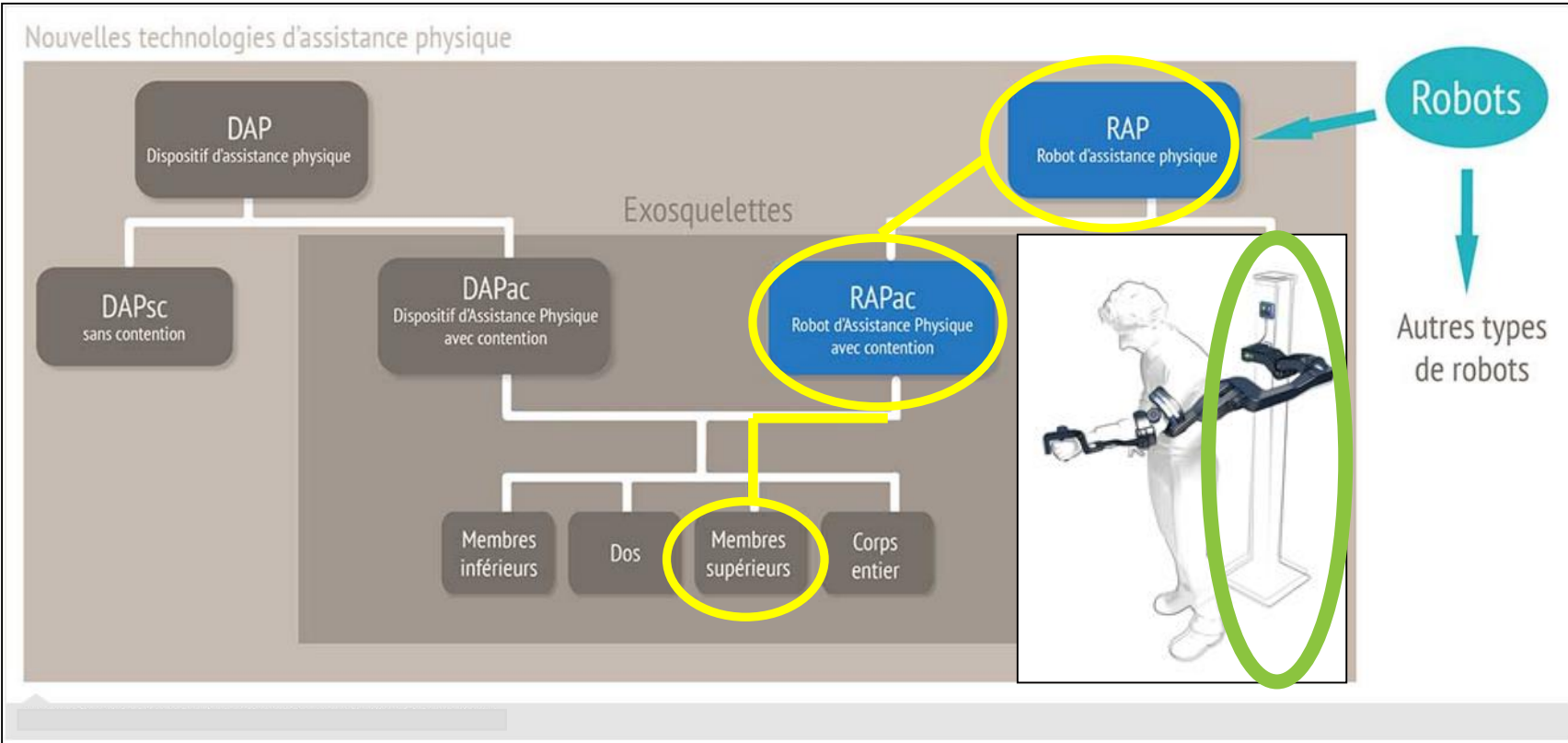
➤ Des robots guidés manuellement par l'Homme



Compréhension Commune  
Normalisation



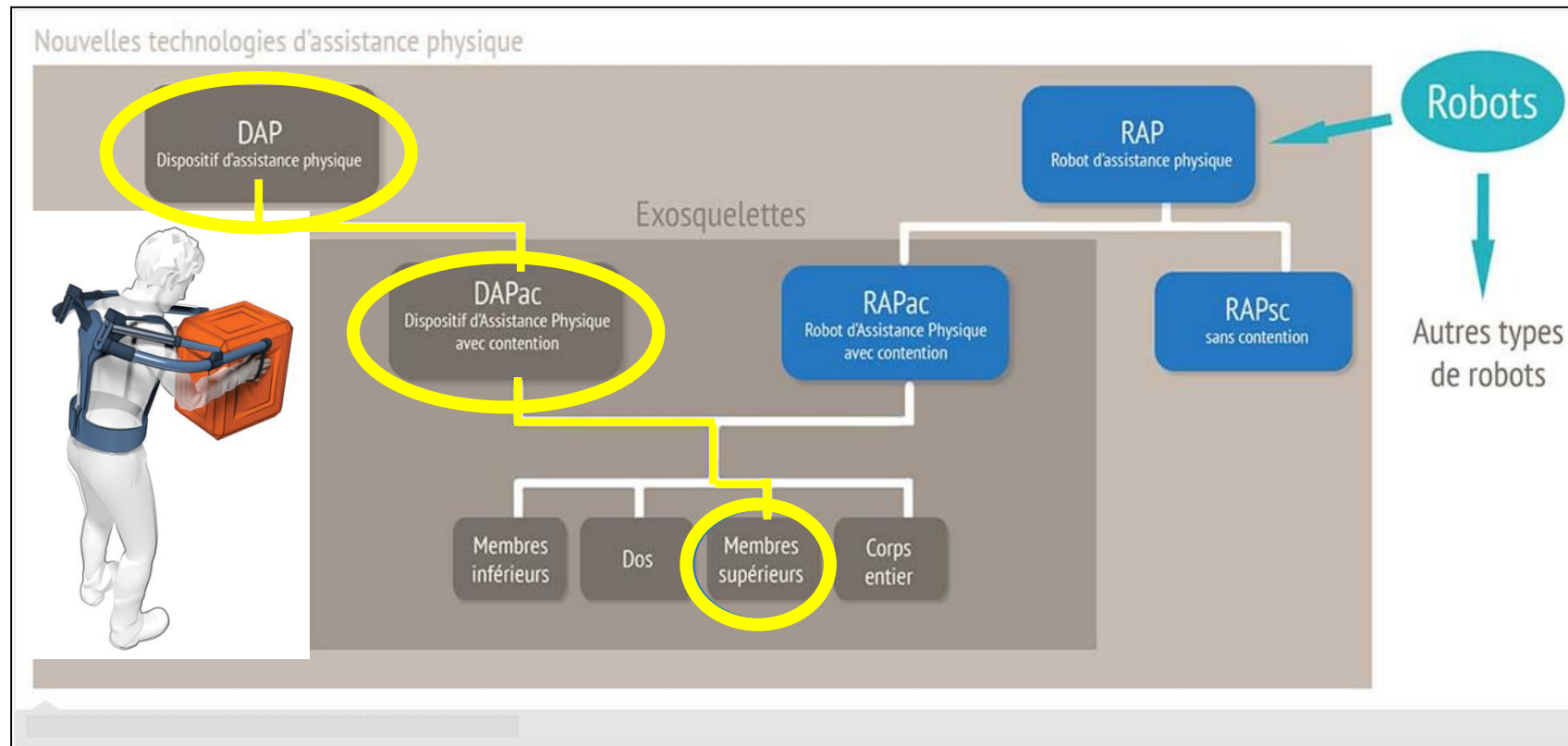
Recherche



# Les nouvelles technologies d'assistance physique

le besoin d'une classification → Technologies d'Assistance Physique à contention

- des dispositifs qui viennent assister les mouvements des opérateurs via un principe de restitution de l'énergie mécanique (dispositifs élastiques, à ressorts...).

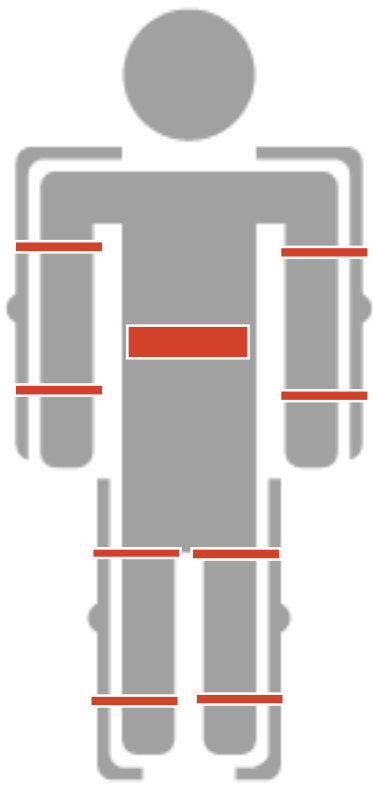




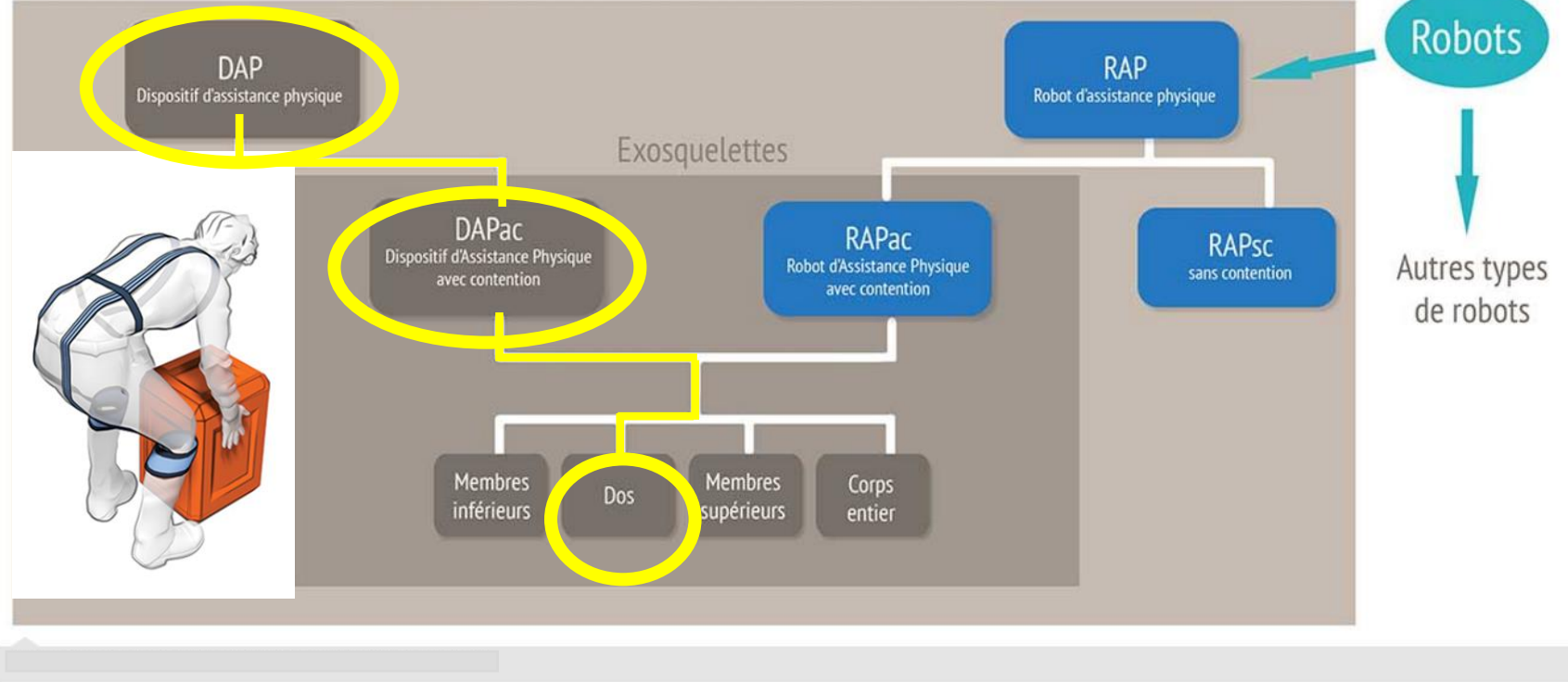
De quoi parlons nous ?

# Les exosquelettes...

Une famille protéiforme, et le besoin d'une classification



Nouvelles technologies d'assistance physique

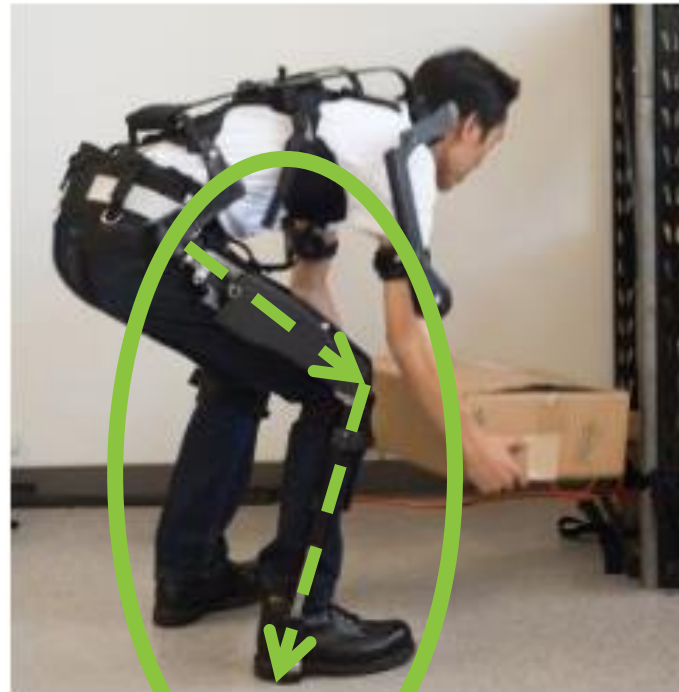


# Les exosquelettes...

Une famille protéiforme, et le besoin d'une classification



Exosquelette corps entier « modulable »







# Contexte général

Dans quelle situation sommes nous ?

# L'exosquelette...

Pourquoi ces technologies pourraient se démocratiser en entreprise ?

Prospective RAP 2030 - INRS



# L'exosquelette...

De nombreuses entreprises sont concernées !

PME



GE



Automobile



Energie



Aéronautique



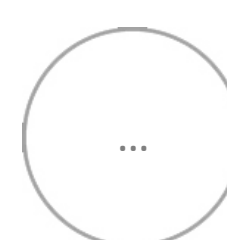
BTP



Agroalimentaire



Ferroviaire



Autres

# L'exosquelette...

Pour répondre à différentes situation de travail ?



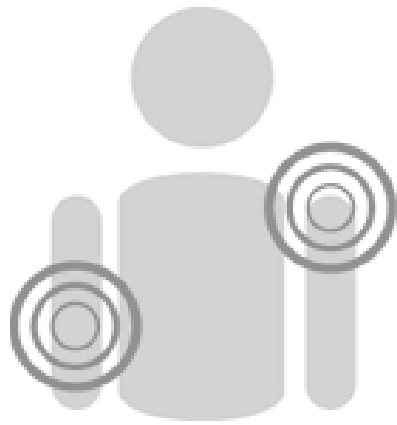
Tâches de manutention



Postures contraignantes



Tâches en positions maintenues  
Tâches de précision



Prévention des TMS  
Charge physique de travail

De quoi parlons nous ?

# Focus sur les lombalgies et tendinopathies de l'épaule

## Pourquoi?



Lombalgies



Rapport de Gestion (CNAM; 2015)

TMS épaule



Disponibles

Attractifs





# Etude Bibliographique

Que savons nous ?

De quoi parlons nous ?

# Assistance du dos...

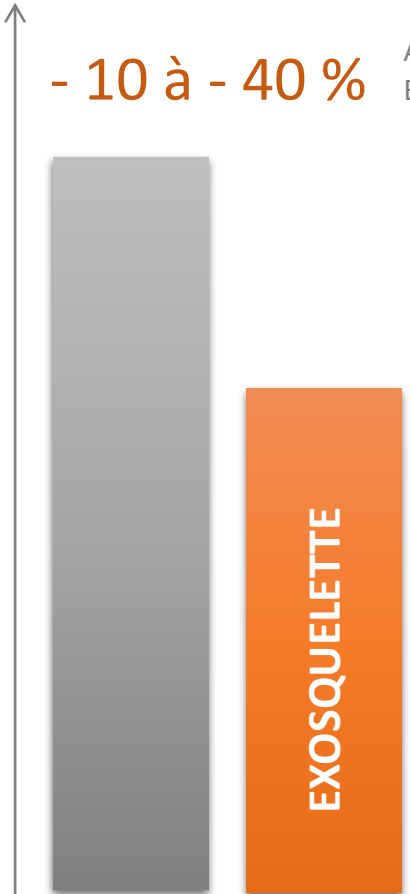
Des résultats ?



## Activité musculaire

- 10 à - 40 %

Abdoli Eramaki et al., 2006 / 2008  
Bosh et al., 2016



Dim. Fatigue

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



Dim. Compressions

Abdoli Eramaki et al., 2007

# Assistance du dos...

## Des limites ?



**Inconfort (+)**

Bosh et al., 2016



**Activité des muscles abdominaux (+)**

Frost et al., 2009



**Extension des genoux (+)**

Bosh et al., 2016



**Couple à la cheville (+)**

Urley et Fatalah, 2013



# Assistance du dos...

Des questions en suspens?



## Réduction de l'activité des muscles spinaux



Tâche codifiée



Autres situations ?



Individu



Charge



Tâches multi-planaires



## Des questions fondamentales



Mécanisme neuro-moteur



Délai adaptation-désadaptation



Fatigue (journée)



Adaptations posturales aiguës et chroniques

De quoi parlons nous ?

# Assistance des membres supérieurs...

Des résultats ?



Activité musculaire

- 30 à - 40 %



Perception effort

- 40 à - 50 %



Sylla et al., 2015  
Rashedi et al., 2014



De quoi parlons nous ?

# Assistance des membres supérieurs...

## Des Limites ?



Rashedi et al., 2014



Activité musculaire



Perception effort

+ 30 %

+ 25 %



Jean Theurel

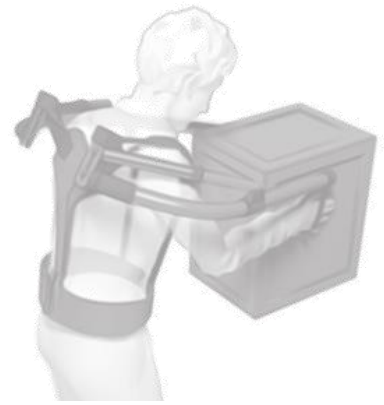


29/09/2017



# Assistance des membres supérieurs...

Des questions en suspens?



## Réduction des tensions musculaires à l'épaule



Bras en hauteur



Autres situations ?



Autres articulations  
du MS



Autres tâches



## Des questions fondamentales



Mécanisme  
neuro-moteur



Adaptations posturales  
(Focale vs Postural)  
Jean Theurel



Comportement  
fonctionnel



# Points de repères pour la prévention

# Restons prudents...

Des risques mécaniques?



Collision avec l'opérateur ou avec un tiers



Casse d'outils et projection



Ecrasement



Lésions articulaires



Frottement /Abrasion

Les risques ?

# Restons prudents...

Des risques liés à la charge physique ?



TMS



Perturbations  
sensorielles



Désadaptation  
musculaire



Déséquilibre  
Contraintes posturales

Les risques ?



# Restons prudents...

Des risques liés à la charge physique ?



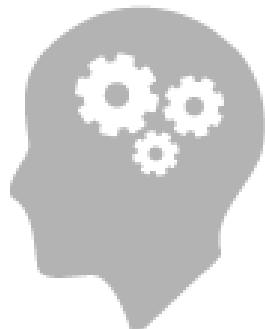
Spécifications /  
Réglages

L'usage d'un exosquelette inadapté à la personne ou à la situation de travail peut s'avérer inefficace dans son rôle premier de réduire la charge physique

Les risques ?

# Restons prudents...

Des risques liés à la charge cognitive ?



Exigences attentionnelles

## RPS



Perte de contrôle et d'autonomie



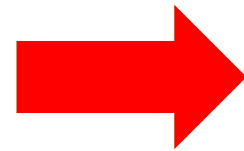
Incidence sur l'expertise

**Acceptation?  
Regard sur son travail?  
Regard des autres?**

Les risques ?

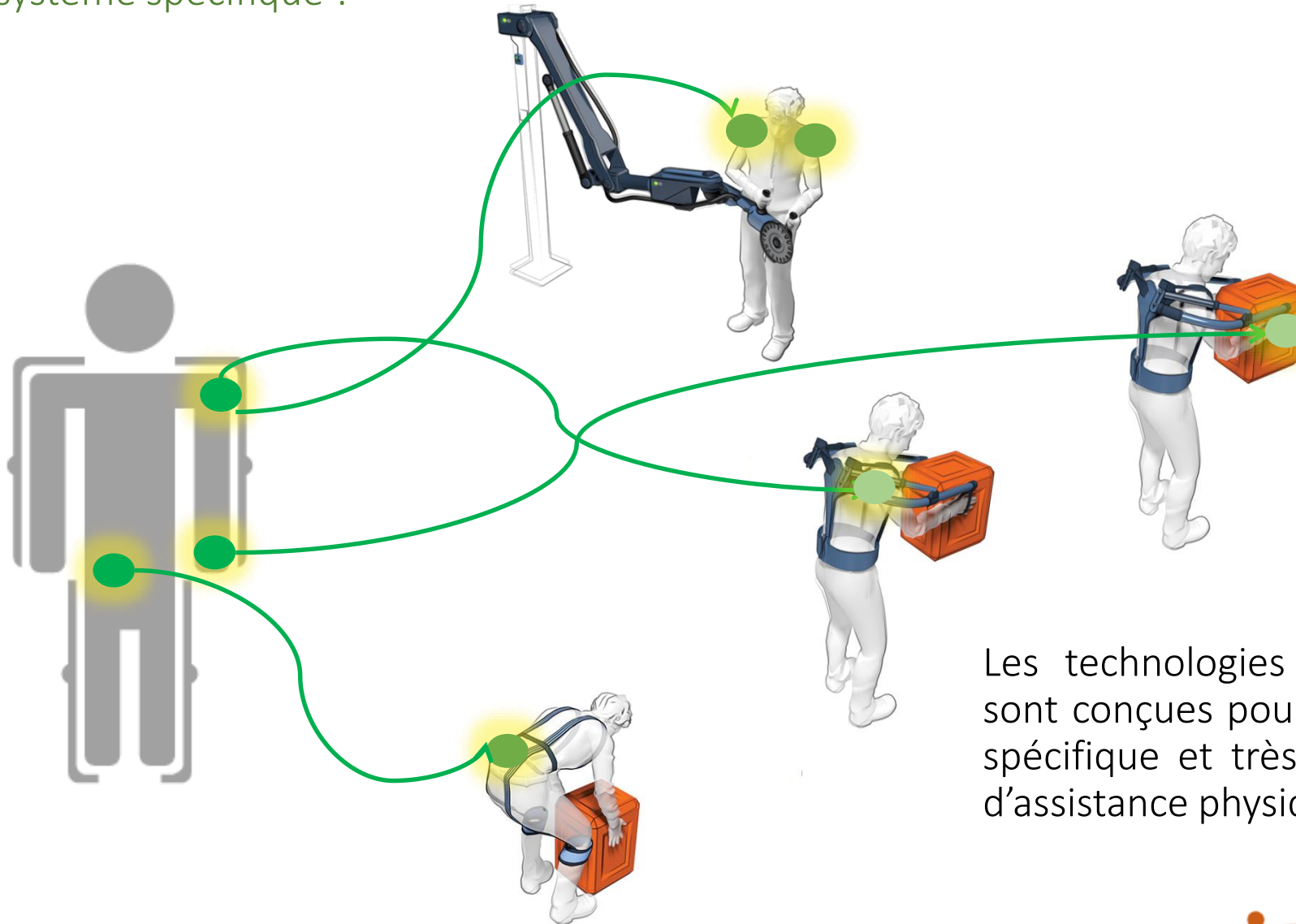
# Intégration d'une technologie d'assistance physique ...

Répondre aux besoins génériques des entreprises ?



# Intégration d'une technologie d'assistance physique...

Un système spécifique ?



Les technologies d'assistance physique sont conçues pour répondre de manière spécifique et très localisée à un besoin d'assistance physique

# Intégration d'une technologie d'assistance physique...

Les questions à se poser ?



- 1 - Peut on éliminer le risque à la source ?
- 2 - Dispose t-on de moyens de prévention collective ?
- 3 - Les technologies d'assistance physique peuvent-elles convenir comme moyen de prévention individuelle ?

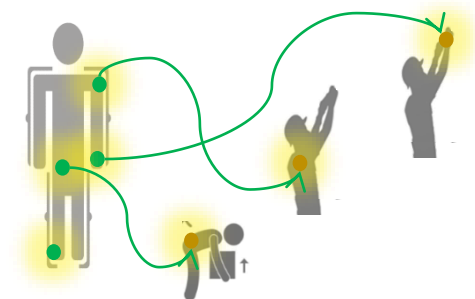


# Intégration d'une technologie d'assistance physique ...

Caractériser le besoin



Etudier les spécificités de la tâche de travail  
Analyser les risques : étape /étape



# Retours d'expérience...

Les bons repères



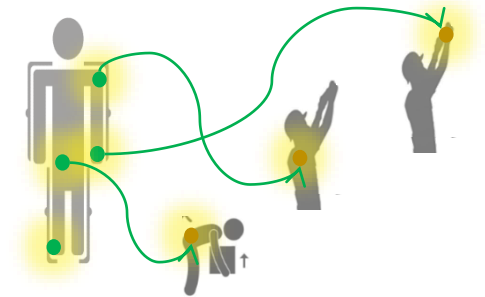
Période de familiarisation/adaptation



Développement de marges de manœuvre situationnelles



Evolution du travail et de son organisation



# Merci pour votre attention

The screenshot shows a web page from INRS with the following content:

- Header: "inrs 70 ans Santé et sécurité au travail" with a search bar and navigation links: "Actualités", "Démarches de prévention", "Risques", "Métiers et secteurs d'activité", "Services aux entreprises", "Publications et outils".
- Main banner: "NOUVELLES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE PHYSIQUE (ROBOTS, EXOSQUELÈTTES...)" with a sub-header "SOMMAIRE DU DOSSIER".
- Summary items: "Ce qu'il faut retenir", "Classification", "Identification des risques", "Points de repère pour la prévention", "Publications et liens utiles", and a button "Docuser complet (PDF 656,4 ko)".
- Breadcrumbs: "Actualités > Risques > Nouvelles technologies d'assistance physique > Classification".
- Section "Classification":
  - Text: "Les nouvelles technologies d'assistance physique se divisent en deux grandes catégories : les robots d'assistance physique (RAP) et les dispositifs d'assistance physique (DAP)."
  - Text: "Les nouvelles technologies d'assistance physique (NTAP) peuvent prendre plusieurs formes : robots, exosquelettes, harnais... Toutes permettent de compenser les efforts et/ou d'augmenter les performances physiques d'un opérateur lors de la réalisation de ses activités professionnelles."
  - Text: "Des exemples de nouvelles technologies d'assistance physique"
  - Image: A 3D model of a person wearing an exoskeleton while carrying a box.
- Section "VOIR AUSSI":
  - Thumbnail: "Risques mécaniques"
  - Thumbnail: "Risques électriques"
  - Thumbnail: "Troubles musculosquelettiques (TMS)"
- Footer: "© Orlino Robot d'assistance du dos de type exosquelette (DAP ex)" and a search icon.

<http://www.inrs.fr/risques/nouvelles-technologies-assistance-physique/classification.html>

 Notre métier,  
 rendre le vôtre plus sûr

[www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)