



EXOSQUELETTES AU TRAVAIL: **BILAN DES CONNAISSANCES**

Jean THEUREL - Laboratoire PMT - Département Homme au Travail, INRS



jean.theurel@inrs.fr



2013

2015

2016

2017

2018

2019

Prospective

Etat des lieux



Equipe pluridisciplinaire

Campagne d'information

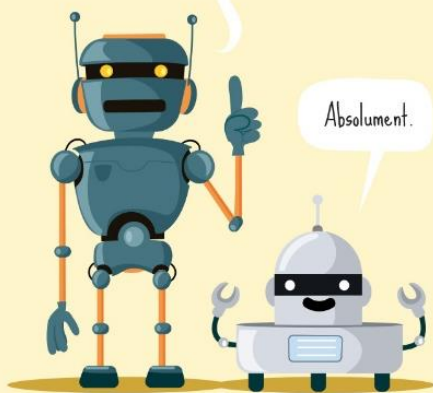


IDÉE REÇUE N°1

« LES EXOSQUELETTES SONT
TOUS DES ROBOTS. »

VRAI FAUX

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



Ils offrent une aide au mouvement
« assistance physique »



Ils sont revêtus par l'utilisateur
« à contention »

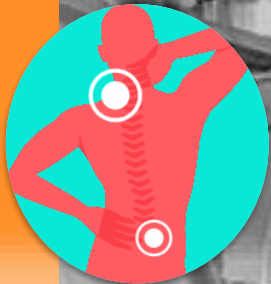


Entreprises de toutes tailles, tous secteurs



Manutention

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



Charge Physique
Prévention TMS

de Looze et al., 2016

Pas d'aménagement
Pas d'automatisation

Fox & Kotbella, 2018
Gibbs, 2016

Postures contraignantes

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



Contraintes biomécaniques =
Force, Répétitivité, Posture



Effets non désirés des exosquelettes
sur ces facteurs de risque



D'autres facteurs de risques de TMS
(RPS, Organisation...)

IDÉE REÇUE N°2

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

VRAI FAUX

Par contre, il me rend bien des services !



Lombalgie

Facteurs de risque



Effort des muscles du dos

Burock & Sorock, 1997
Dreistatdt et al., 2016



Fatigue musculaire

Hoogendoorn et al., 2002



Contraintes vertébrales

Burock & Sorock, 1997
Cholewicki & Mc Gil, 1996



Effort perçu

Reenen et al., 2008
Clarke & Harris, 2004

Exosquelettes "Dos"

Bénéfices et limites

📉 10-60 %

De looze et al., 2016
Koopman et al., 2019

Quels 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 ! -----

Consensus

Réduction des forces de compression

Abdoli et al., 2006 - Graham et al., 2009 -
Urley & Fattallah, 2013

→ Dim. rotations et flexions du tronc

Graham et al., 2011 – Abdoli & Stevenson 2018



Consensus



DAP
RAP



Stat.
Dynam.

Tendinopathies épaule

Facteurs de risque



Efforts musculaires

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



Efforts ressentis



Coordination & Cinématique

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

Lombalgies

Facteurs de risque



Effort des muscles du dos

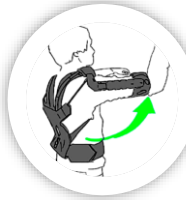
Burock & Sorock, 1997
Dreistatdt et al., 2016

Exosquelettes "Mb Sup"

Bénéfices et limites

- ✔ Activité du muscle Deltoide Anterieur
- ✔ Perception de l'effort local

Consensus



OHW

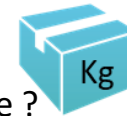
Hysusamen et al., 2018
Rasheidi et al., 2014
Kim et al., 2018

...



Soulèvement

Theurel et al., 2018



Masse ?

Rasheidi et al., 2014



Conception ?

Alabadulkarim & Nussbaum, 2019

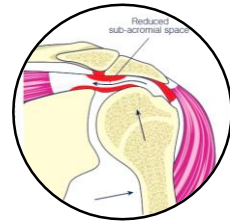
Questions ?

↗ activité des muscles antagonistes

Theurel et al., 2018

≠ contribution des fléchisseurs de l'épaule

Rasheidi et al., 2014



Activité des muscles de la coiffe ? – Cinématique articulaire ?

Pas de Consensus

↗ Muscles posturaux

Weston et al., 2018
Rasheidi et al., 2014
Theurel et al., 2018

Conception ?

Masse & équilibre

Alabadulkarim & Nussbaum, 2019



⊖ Pas d'effet

Hysusamen et al., 2018

↘ Contraintes vertébrales

Kim et al., 2018



Exosquelette "Dos"

Réduction des 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"

Réduction 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 ?