



EXOSQUELETES: UN INTÉRÊT GÉNÉRAL ET DES BESOINS SPÉCIFIQUES.
DE L'INTÉRÊT DE METTRE LE MATÉRIEL À L'ÉPREUVE DES TESTS
D'ERGONOMIE

Steven Amandels, Conseiller en prévention Ergonomie
Journées Nationales de Médecine du Travail, 16/11/2018

L'EXOSQUELETTE DANS L'ATELIER

QUESTION DE L'EMPLOYEUR/CONSEILLER EN PRÉVENTION

“Docteur, quelle est votre idée sur les exosquelettes, pourrions-nous les utiliser ici?”

L'EXOSQUELETTE DANS LE MEDIA - 2018



VIL onderzoekt meerwaarde van draagbare robotpakken voor logistieke medewerkers

DEELNEMENDE BEDRIJVEN

Dertien bedrijven: Atlas Copco, bpost, Colruyt, Conway, Danone, Delhaize, Gates Distribution Center, H.Essers, Honda Motor Europe Logistics, Limburg.Net, Mainfreight Logistic Services, Oesterbank en Sortbat



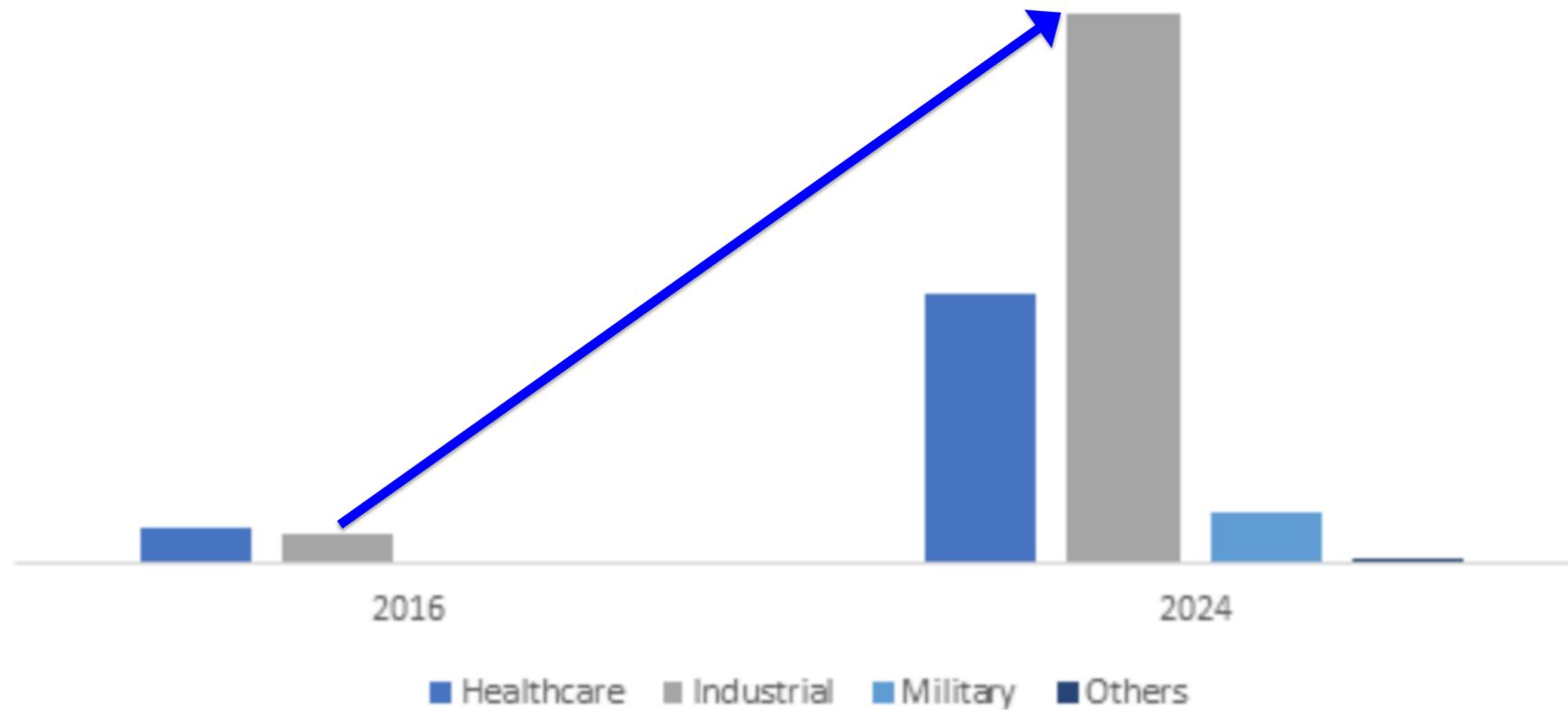
L'EXOSQUELETTE - ÉVOLUTION

GLOBAL MARKET INSIGHTS

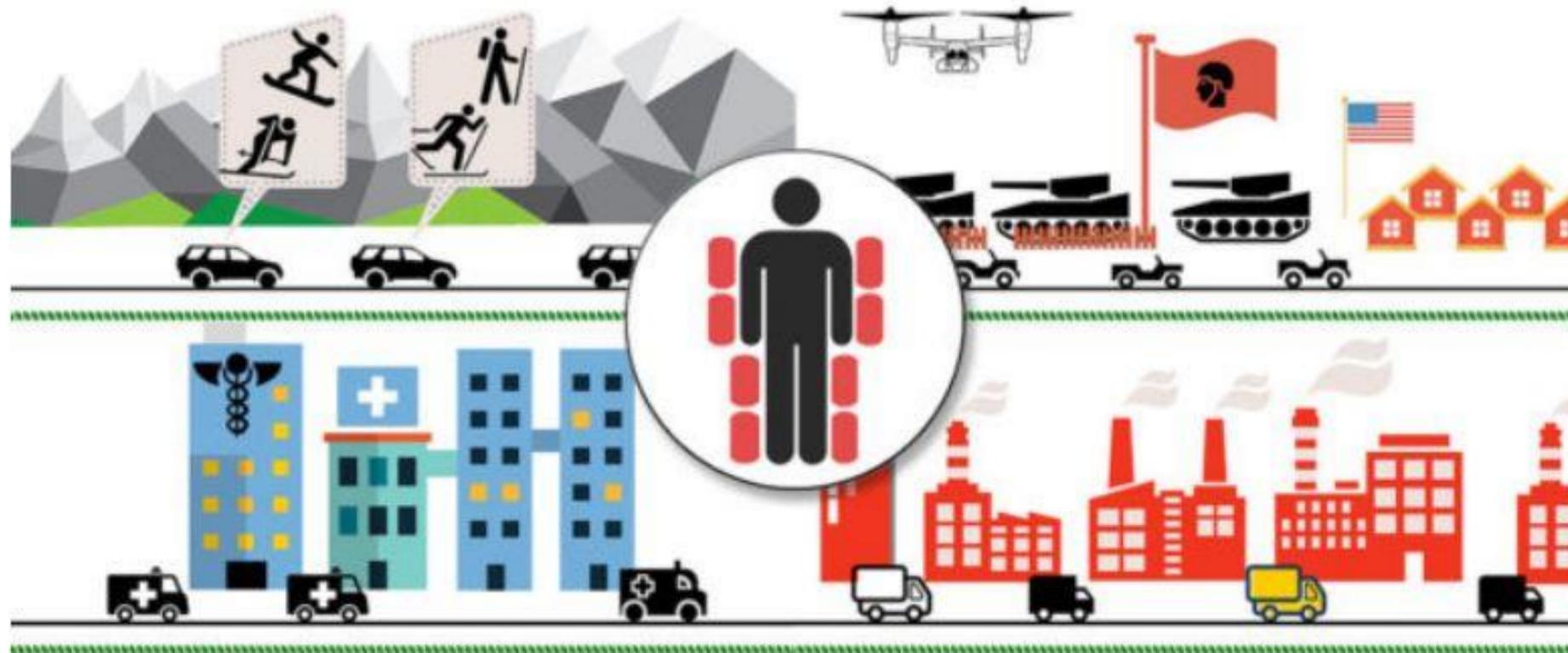
Industry Trends

Exoskeleton Market size was worth over USD 110 million in 2016 and its shipment volume will surpass 86,000 units in 2024.

U.S. Exoskeleton Market, By Application, 2014-2024, (USD Thousand)



L'EXOSQUELETTE - APPLICATIONS

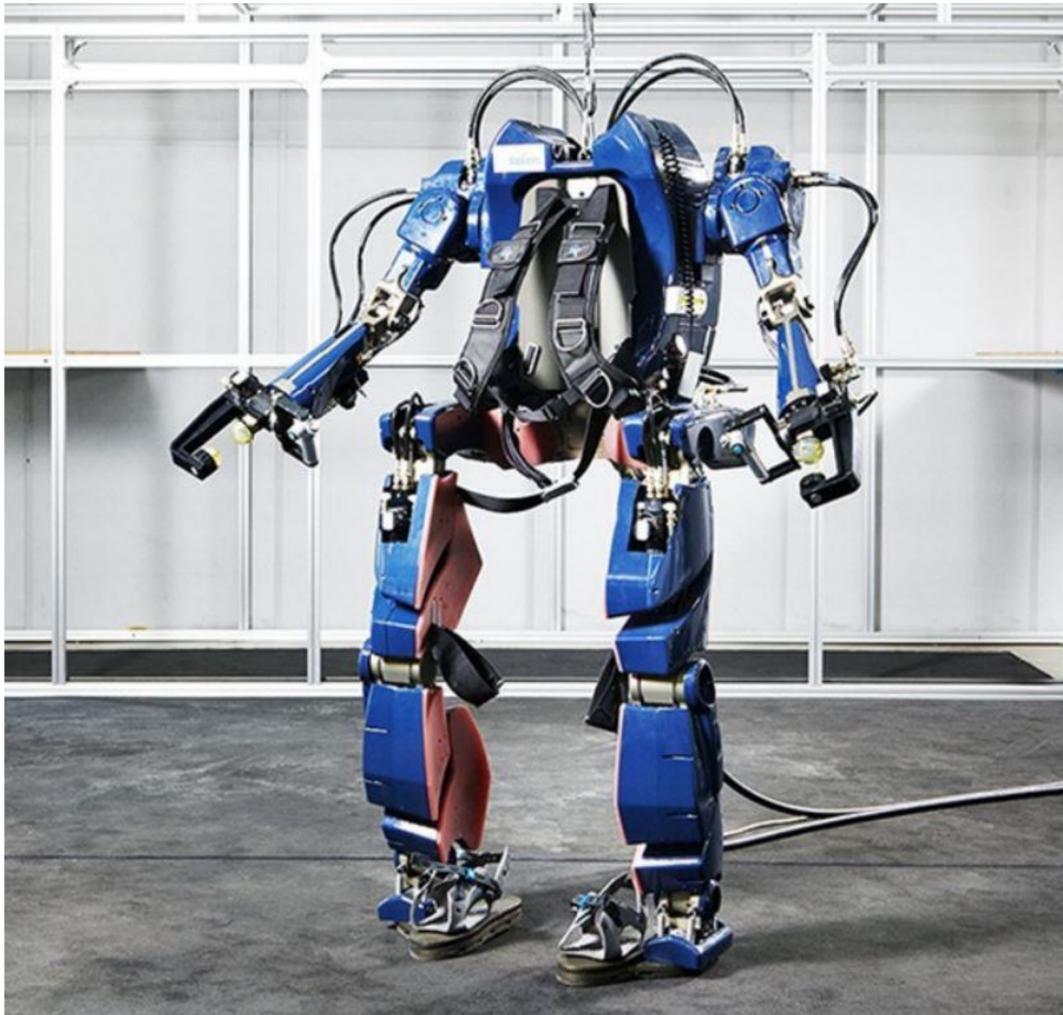


L'EXOSQUELETTE – L'INDUSTRIE



L'EXOSQUELETTE – STRUCTURE EXTERNE PORTABLE

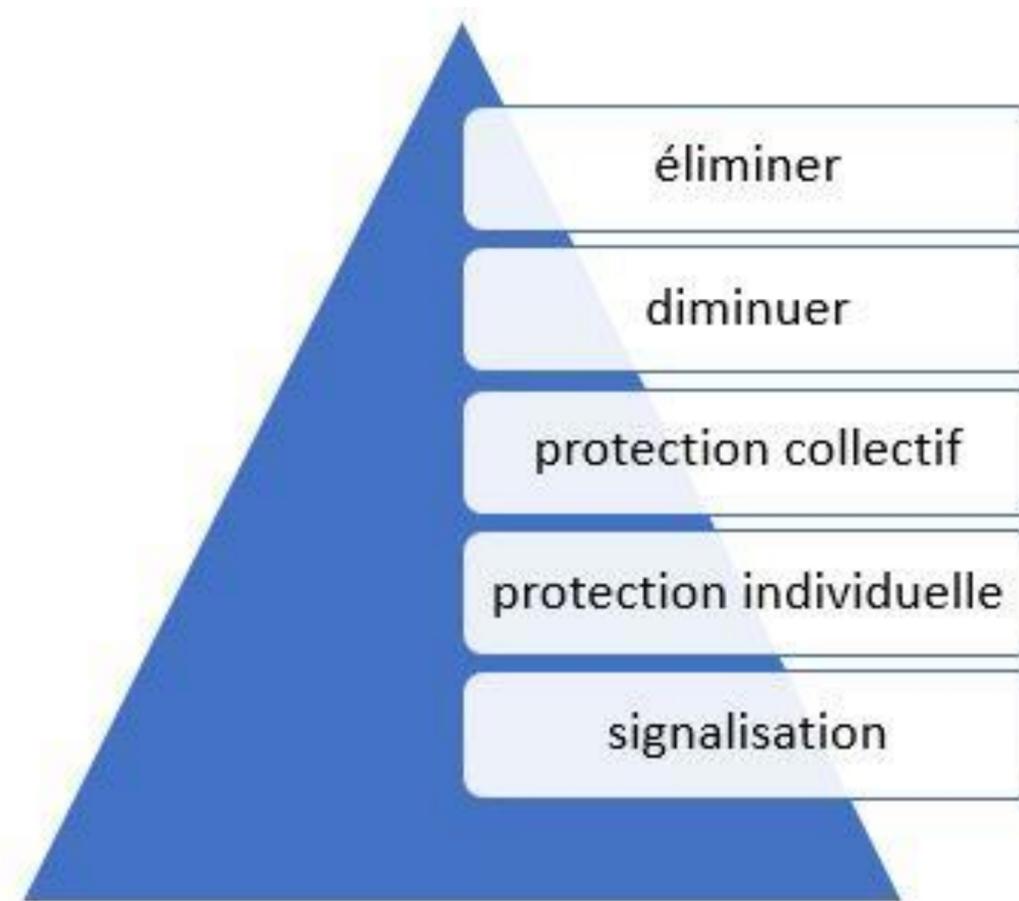
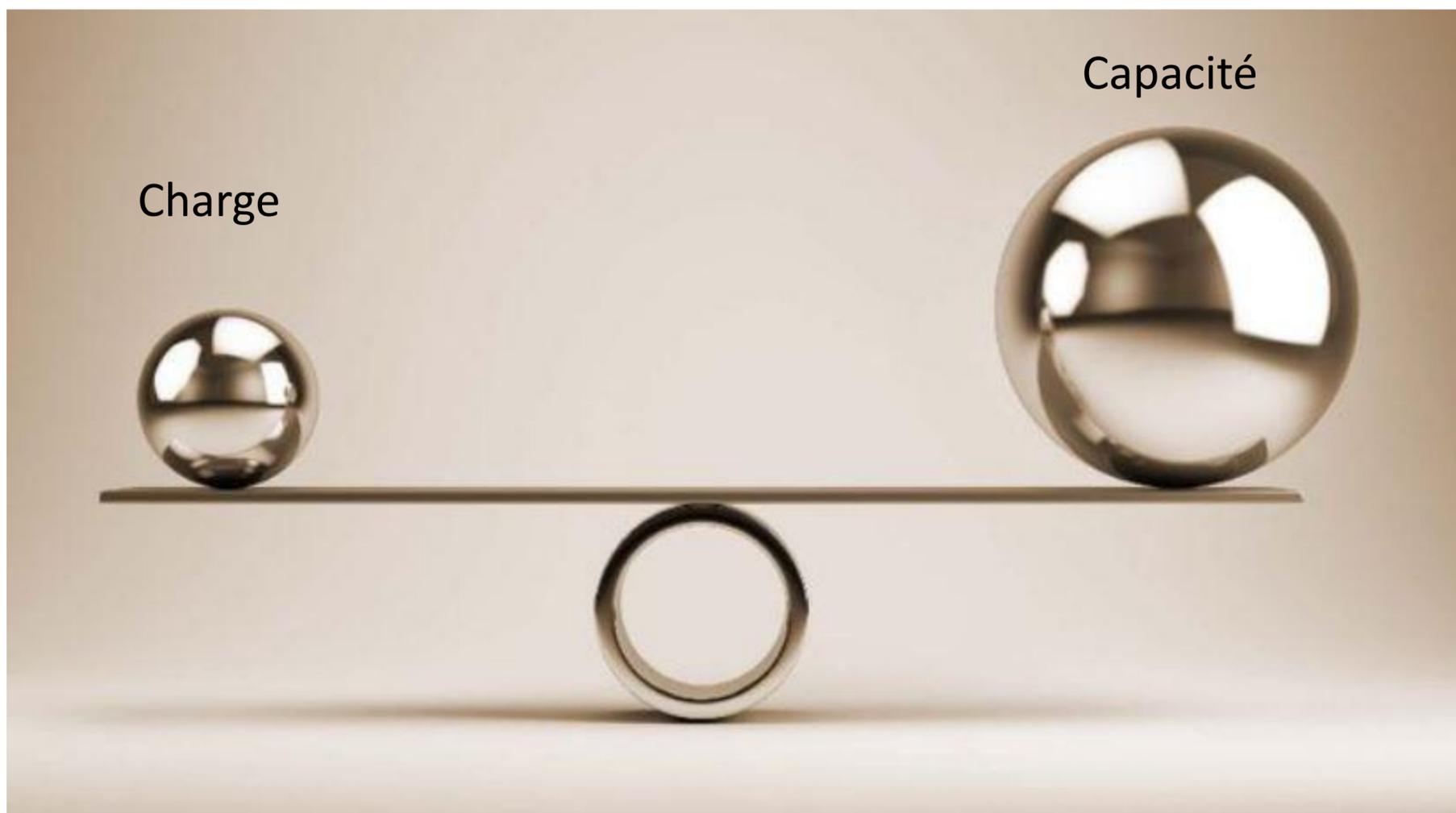
1. L'exosquelette actif



2. L'exosquelette passif



L'EXOSQUELETTE VERSUS L'ERGONOMIE?



L'EXOSQUELETTE – IMPLÉMENTATION

DÉVELOPPEMENT D'UN EXOSQUELETTE – 3 ÉTAPES

WearRAcon 18
SEE WHAT LEADS



Dr. Massimo Di Pardo, Senior Researcher at the Cento
Ricerca Di Fiat (CRF)

1. Conceptual analysis

Exosquelette qui fonctionne

2. Laboratory testing and Functional analysis

Exosquelette qui est efficace

3. Usability evaluation & Implementability
evaluation

Exosquelette qui est efficace et utile

L'EXOSQUELETTE – LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE

ERGONOMICS, 2016
VOL. 59, NO. 5, 671–681
<http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2015.1081988>



Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load

Michiel P. de Looze^{a,b}, Tim Bosch^a, Frank Krause^a, Konrad S. Stadler^c and Leonard W. O'Sullivan^d

^aTNO, Leiden, The Netherlands; ^bFaculty of Human Movement Sciences, VU University, Amsterdam, The Netherlands; ^cSchool of Engineering, Zurich University of Applied Sciences (ZHAW), Winterthur, Switzerland; ^dDepartment of Design and Manufacturing Technology, University of Limerick, Limerick, Ireland

1. Conceptual analysis

40 publications – 26 exosquelettes

2. Laboratory testing and Funtional analysis

13 publications sur l'évaluation de la charge physique – 5 études avec du statistique

3. Usability & Implementability evaluation

L'EXOSQUELETTE – LAB TESTING & FUNCTIONAL ANALYSIS

L'EXOSQUELETTE EFFICACE DANS L'ENVIRONNEMENT LAB

- Diminution d'activité du m.Erector Spinae pars longissimus pour les exosquelettes passives.

Exosquelette	Etude	Nombre de participants	Diminution d'activité musculaires	Type d'activité musculaire (Stat-Dyn)
PLAD	Abdoli-Eramaki (2006)	9	27,6%	D
	Abdoli-Eramaki (2008)	9	22,6%	D
	Frost (2009)	13	10-40%	D
BNDR	Ulrey (2013)	11	13,7%	S
	Ulrey (2013)	7	15,2	D
	Barret (2001)	4	31%	S
Happyback	Barret (2001)	4	23%	S + D
Bendezy	Barret (2001)	4	21%	S + D
Laëvo	Bosch (2016)	18	37%/35%	S/D

L'EXOSQUELETTE – LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE

ERGONOMICS, 2016
VOL. 59, NO. 5, 671–681
<http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2015.1081988>



Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load

Michiel P. de Looze^{a,b}, Tim Bosch^a, Frank Krause^a, Konrad S. Stadler^c and Leonard W. O'Sullivan^d

^aTNO, Leiden, The Netherlands; ^bFaculty of Human Movement Sciences, VU University, Amsterdam, The Netherlands; ^cSchool of Engineering, Zurich University of Applied Sciences (ZHAW), Winterthur, Switzerland; ^dDepartment of Design and Manufacturing Technology, University of Limerick, Limerick, Ireland

1. Conceptual analysis

40 publications – 26 exosquelettes

2. Laboratory testing and Functional analysis

13 publications sur l'évaluation de la charge physique – 5 études avec du statistique

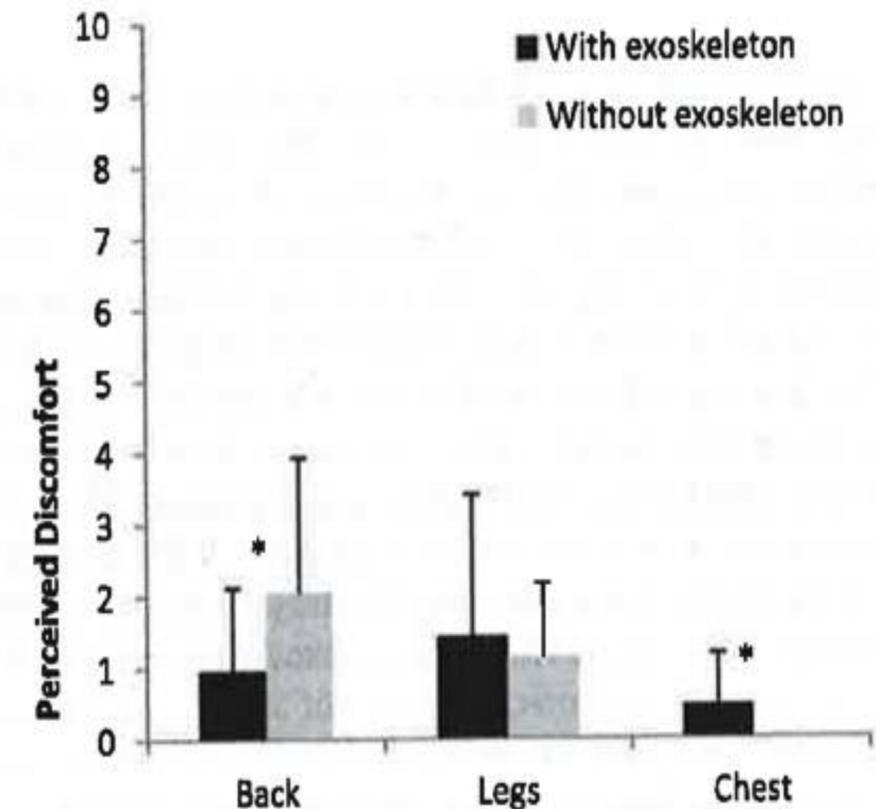
3. Usability & Implementability evaluation

1 publication (Graham et al, 2009)

L'EXOSQUELETTE - USABILITY & IMPLEMENTABILITY EVALUATION

LE CONFORT

- Graham et al, 2009
 - Atelier – Assemblage automobile – n=10 – PLAD (personal lifting assist device)
 - User acceptability survey – $4,2 \pm 1,03$ op 5
 - Interférence avec la tâche – 2/10
- Bosch et al, 2016 (lab)
 - Lab – n=18 – Laëvo
 - Diminution EMG ES=37%/35% (S/D)
 - Evaluation disconfort après 10 min
 - Résultats disconfort bas



L'EXOSQUELETTE - USABILITY & IMPLEMENTABILITY EVALUATION

LE CONFORT

- Motmans et al, 2018
 - Atelier – order picking – n=10 – Laëvo 2.5
 - Diminution d'activité m.Erector Spinae pars longissimus: 9-12% (gauche/droite)(S)
 - Disconfort – questionnaire après usage- résultats sur 5



Table 1. Subjective evaluation of the exoskeleton.

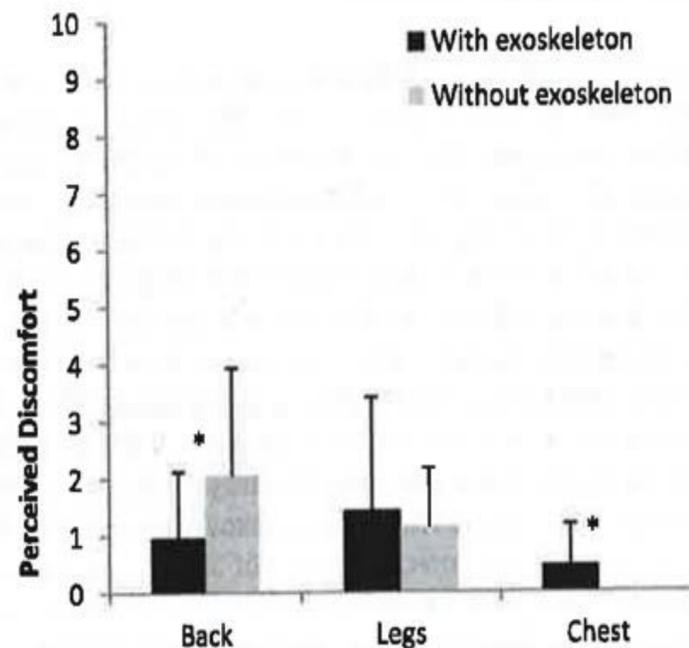
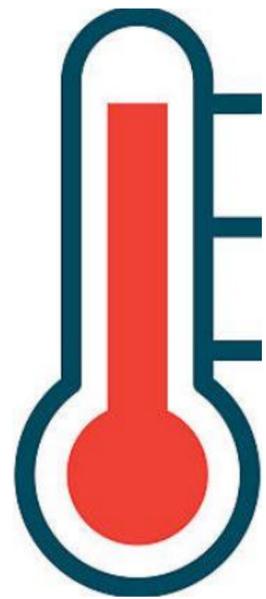
Parameter	Points on 5
Work	
Putting on and off exoskeleton	3,25
Taking a box from the pallet	3,75
Stepping on and off the electrical pallet jack	1,75
Putting the box in the cooled chart	3,75
Walking	3,75
Comfort	
Support at the chest	3,75
Support on the upper legs	3,5
Hip belt	3,5
Effectivity	
Physical load on the back	4,5
Fatigue	2,25
Posture of the back	3,75

(haut = mieux)

L'EXOSQUELETTE - USABILITY & IMPLEMENTABILITY EVALUATION

LE CONFORT

- Amandels et al, 2018
 - Atelier – métallurgie - n=9 – Laëvo V2.4
 - Diminution d'activité m.Erector Spinae pars longissimus: 12,02% (NS)
 - Malaise subi local (Fréquence/Visual Analogue Scale)

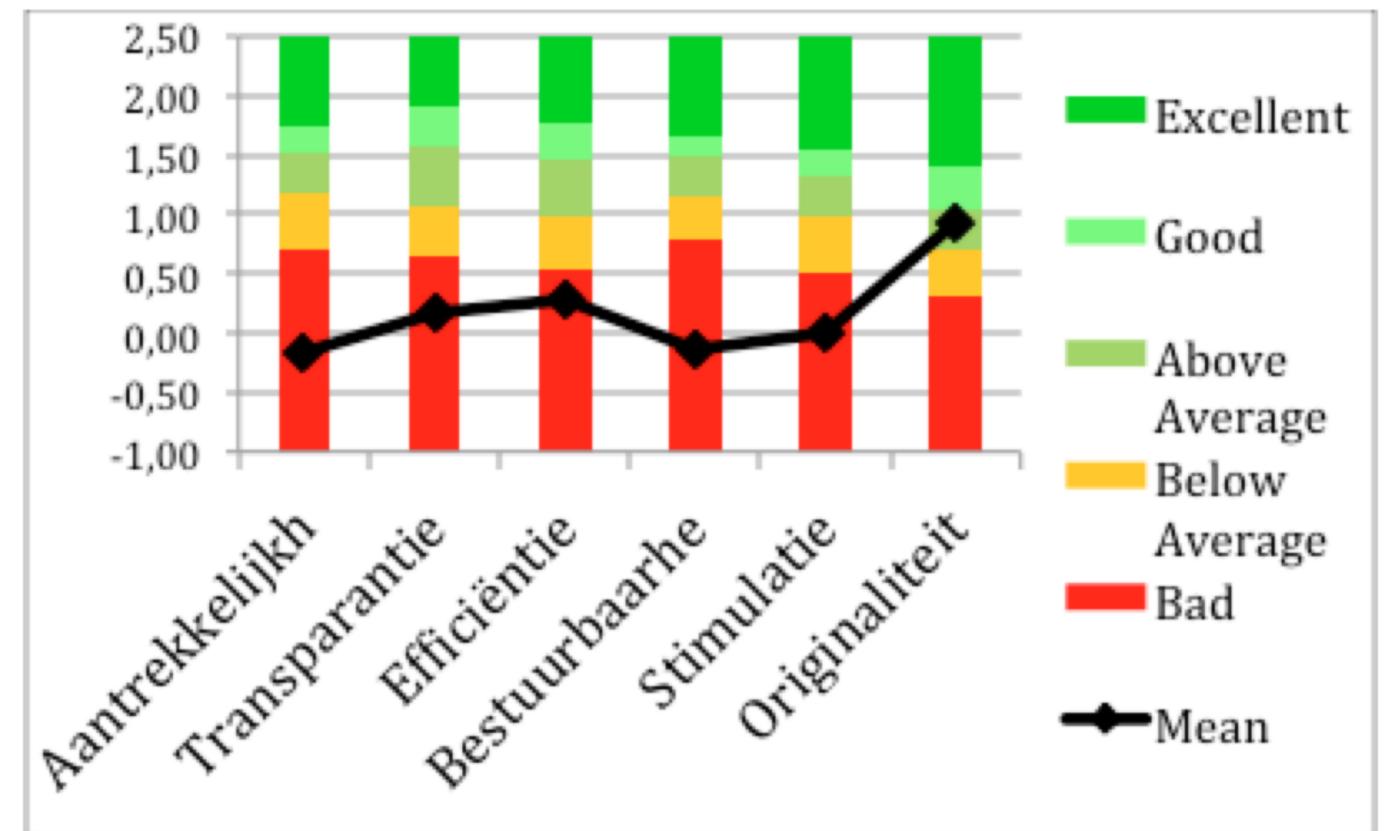
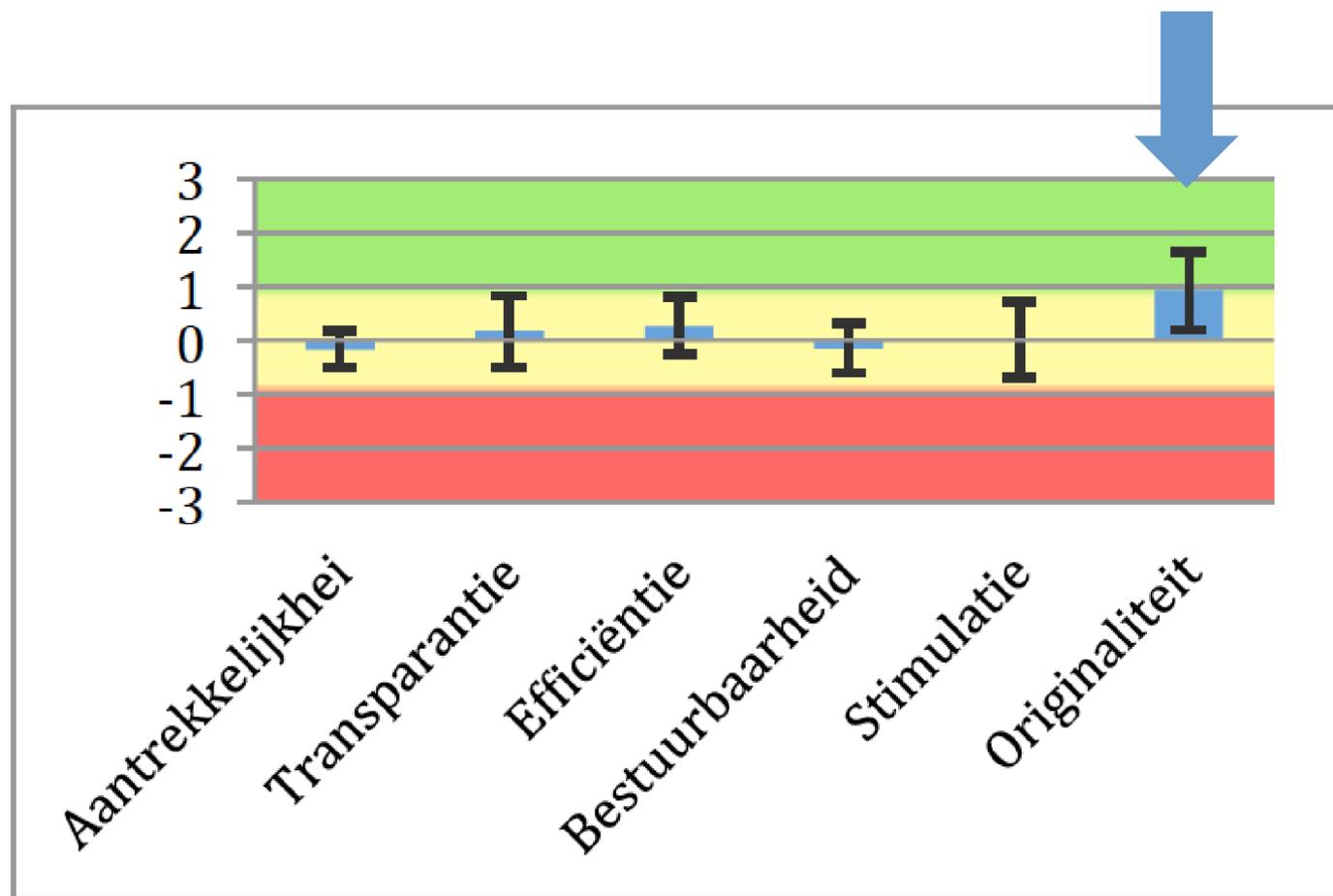


Zone	Précédent a l'étude	Sans exosquelette	Avec exosquelette
Nuque	1 (6)	1 (5)	0 (0)
Poitrine	0 (0)	0 (0)	5 (6,6)
Dos	5 (5,2)	3 (6,3)	2 (6,5)
Epaule	1 (6,5)	1 (7)	2 (6,5)
Coude	2 (5,75)	1 (2)	0 (0)
Poignet	3 (3,7)	2 (5,5)	0 (0)
Hanche	2 (5,5)	1 (4)	5 (4,6)
Genou	1 (8)	0 (0)	0 (0)
Cheville	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Corps complet	0 (0)	0 (0)	1 (9)

L'EXOSQUELETTE - USABILITY & IMPLEMENTABILITY EVALUATION

LE CONFORT

- Amandels et al, 2018
 - User experience questionnaire



REMARQUES DES PARTICIPANTS

LAËVO



PRO

- 👍 Dos est soulagé
- 👍 Utile autre part?

O U I -
M A I S
- N O N

CON

- 👎 Ceintures coupent dans les épaules
- 👎 Appui poitrine se renverse parfois
- 👎 Développement de chaleur sur la poitrine
- 👎 Transpiration (hygiène?)
- 👎 Ennuyeux en tournant
- 👎 S' accrocher
- 👎 Irritations dermiques à cause des ceintures
- 👎 Ennuyeux quand assis et en marchant

REMARQUES DES PARTICIPANTS

SKELEX

Exosquelette membre supérieur



Evaluation

PRO

- On sent le support
- Assez simple pour mettre
- Bien pour des tâches assez statique à hauteur d'épaule

CON

- Difficile avec des vêtements de protection
- Très large (cogner/s'accrocher)
- Seulement pour du travail droit devant
- Ennuyeux pour du travail bas
- Forme standard du support du bras

EFFETS (IN)ATTENDUS

SUNWOOK ET AL, 2018 (EKSOVEST – EKSOBIONICS)

Exosquelette du membre supérieur



Effets

Attendu

- Activité musculaire ↓ (**45% charge maximal**)
- **confort** ≈ (labo)

Inattendu

- Liberté de mouvement ↓ (10% ROM abduction)
- Δ mouvement type d'épaule (12%)

EXOSQUELETTE – IMPLEMENTATION DANS L'ATELIER

REMARQUES

- Moins efficace dans l'atelier qu'au lab.

Assez efficace pour reconnaître l'avantage?

- Moins confortable dans des circonstances réelles

Assez confortable pour l'usage volontaire?

L'EXOSQUELETTE – IMPLÉMENTATION DANS L'ATELIER

REMARQUES

- Usage réactif – acceptation social?

Assez discret pour l'usage volontaire?

- Qu'est qu'on fait avec les risques de sécurités?
- Quelles sont les effets d'usage long terme?

L'EXOSQUELETTE DANS L'ATELIER

REMARQUES

- Nouveaux constructeurs– nouveaux types
- Développement plus vite que l'évaluation et la publication
- Comment évaluer (standardisation)?
 - ASTM International – F48 comité for exoskeletons and exosuits

- Quel est la prochaine étape?

L'EXOSQUELETTE DANS L'ATELIER

PROCHAINE ÉTAPE?

- Smart Clothing?



L'EXOSQUELETTE DANS L'ATELIER

PROCHAINE ÉTAPE?

- L'exosquelette actif?

the proof of the pudding
IS IN THE EATING





MERCI POUR VOTRE ATTENTION



Hoofdkantoor

Interleuvenlaan 58
3001 Heverlee
Tel.: +32 16 39 04 11



Email | Website

info@idewe.be | www.idewe.be
info@ibeve.be | www.ibeve.be

Steven Amandels

Conseiller en prévention Ergonomie
Steven.Amandels@idewe.be
Tel 051 27 29 29