



36<sup>e</sup>

## Congrès National de Médecine & Santé au Travail

Du 14 au 17 juin 2022  
Palais de la Musique et des  
Congrès de Strasbourg

### Atelier pré-congrès- Exosquelette et TMS

Points de repères : de la caractérisation du besoin au déploiement

Jean-Jacques ATAIN KOUADIO et Mathilde SCHWARTZ

Département Homme au Travail (INRS)



## Déclaration des liens d'intérêts

**Nom du conférencier : Jean-Jacques ATAIN KOUADIO**

déclare n'avoir aucun lien d'intérêts

**Nom du conférencier : Mathilde SCHWARTZ**

déclare n'avoir aucun lien d'intérêts

## Une Approche Multidisciplinaire Construire connaissances et repères dans l'action



2012/2013

2015

2016

2017

2018

2019

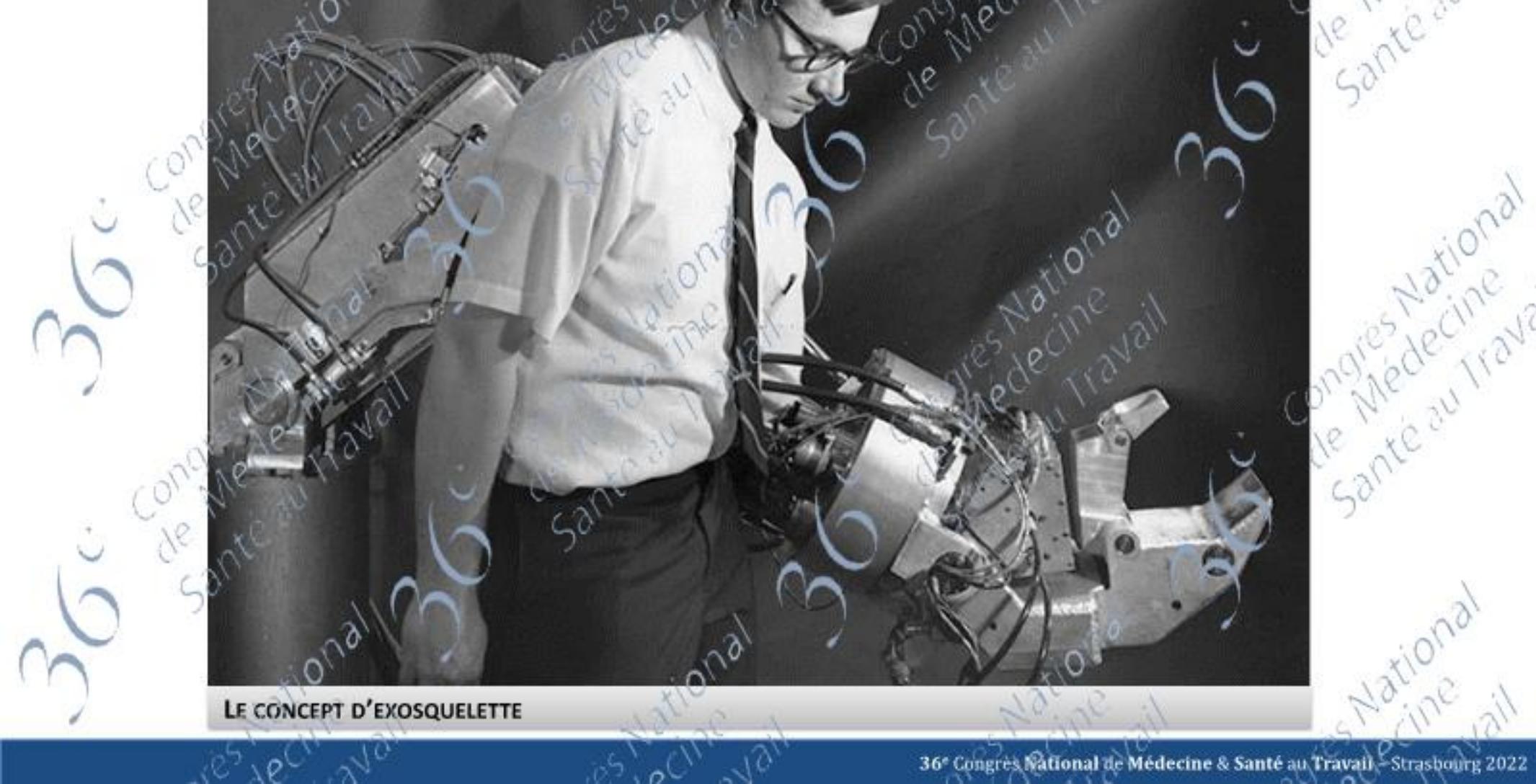
2022

Etude  
Prospective

Etat des lieux Equipe pluridisciplinaire  
(Réseau prévention)  
(AFNOR)



1<sup>ère</sup> Campagne d'information  
(CARSAT, Entreprises, SST)  
(Recherche, Veille Technologique, Normalisation, Assistance, Communication)

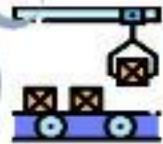


Hardiman, 1968

## LE CONCEPT D'EXOSQUELETTE



Ils sont portés par l'utilisateur  
(à contention / « wearable »)



Ils offrent une aide au mouvement  
« Assistance Physique »



DAP: Dispositif d'Assistance Physique  
RAP : Robot d'Assistance Physique

## Définition

Un exosquelette, qu'est ce que c'est ?

### IDÉE REÇUE N°1

« LES EXOSQUELLES SONT  
TOUS DES ROBOTS. »

VRAI

FAUX

En revanche, tous les robots  
ne sont pas des exosquelettes.



Applaudir!



## Paysage commercial français

→ Modèles d'exosquelettes disponibles

- les exosquelettes rigides d'assistance du dos
- les exosquelettes textiles d'assistance du dos
- les exosquelettes mécaniques d'assistance des bras
- les exosquelettes mécaniques d'assistance des épaules
- les exosquelettes mécaniques d'assistance des mains
- ...

→ Une diversité d'acteurs (non exhaustif)

- les concepteurs
- Les intégrateurs : Fox Innovation Robots ; Europe Technologies / Gobio Robot ; HBR innovation ; Cobo4You ; TDR Groupe ; ...
- Les fournisseurs/distributeurs
- Les loueurs de matériels : Loxam, Solurent Location, Kiloutou, ...
- ...

## **Pour quelles tâches ?**

## **Qui ?**

## **Pourquoi ?**



Entreprises de toutes tailles, tous secteurs



Charge Physique  
Prévention TMS

de Focat et al., 2016



Pas d'aménagement  
Pas d'automatisation

Fox & Rotella, 2018  
Gibbs, 2016



Manutention

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



Postures contraignantes

e.g.: Urley & Fathallah, 2003  
Bosh et al., 2016

# TMS

Les exosquelettes sont-ils une solution ?

Theurel & Desbrosses Transaterton, Ergonomics and Human Factors, 2019

Theurel & Claudon ED6311, INRS



## FORCE

Autres facteurs :  
Répétitivité, Posture



## Autres Conséquences



## Autres facteurs de risques de TMS (RPS, Organisation...)



Coordination motrice, activité musculaire,  
posture, équilibre, ...

## IDÉE REÇUE N°2

«LES EXOSQUELETTES SONT LA SOLUTION  
CONTRE LES RISQUES DE TROUBLES  
MUSCULOSQUELETIQUES.»

VRAI    FAUX

Par contre, il ne rend pas des services !





## BILAN DES CONNAISSANCES



Exosquelette "dos"

Réductions 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?



Perspectives

Conséquences posturales?  
Contrôle du mv ?

Cinématique articulaire ?

Adaptations chroniques ?



Exosquelette "MS"

Réduction de l'activité des muscles  
fléchisseurs de l'épaule

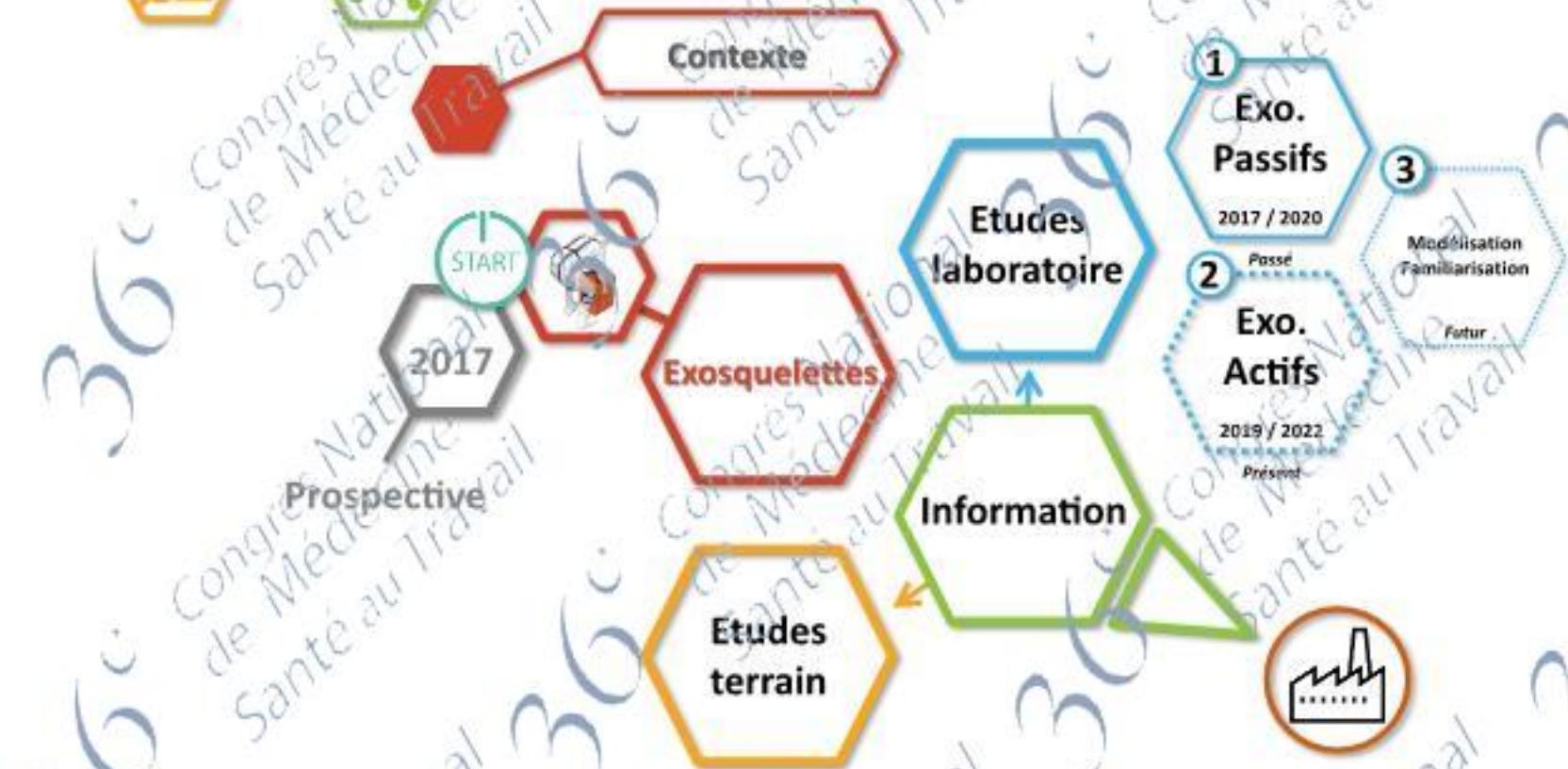
CSA ?

Impact sur la posture et  
conséquences pour les lombalgie ?



# EXPÉRIMENTATIONS





## Etude 1

### Etat de l'art ?

**Axe 1 :** Adaptations neuromusculaires et cinématiques lors de l'utilisation d'exosquelettes passifs au cours de tâches de manutention



**Axe 2 :** Conséquences d'une assistance physique du membre supérieur sur la biomécanique de l'épaule

BJR Occupational Ergonomics and Human Factors 2020; 7: 285-290  
DOI: 10.1080/20587624.2020.1718188

#### REVIEW

### Occupational Exoskeletons: Overview of Their Benefits and Limitations in Preventing Work-Related Musculoskeletal Disorders

Jean Thurel and  
Cécile Desbrosses  
Laboratoire d'ergonomie  
et de technologie du travail  
(LET) - Vendée Agro Tech, France

**OCCUPATIONAL EXOSKELETONS:** There is a growing interest in industry around design of occupational exoskeletons, such as those of a reducing physical demand in work tasks, or those preventing or reducing the risks and risks of using these technologies to prevent the main risk factors for occupational musculoskeletal disorders (MSDs). More specifically, we focus on understanding mechanisms of how such parts can reduce demand, how these are used to support the prevention of MSDs in occupational applications. While the potential for competitive advantages in terms of cost and performance is high, it is also important to consider the potential risks of introducing such technologies for a given environment, as well as their potential for the prevention of MSDs. Usual components of using exoskeletons during handling tasks are the lifting, pushing, pulling, pushing and pulling motions. Some papers concern shoulder and elbow displacement, usually related to the topics of physical loadings, as kinematics, biomechanics and joint moment, or muscular loadings, or muscle fatigue and muscle physiological responses.

**TECHNICAL ABSTRACT:** **Background:** To reduce physical demand in work tasks, there is a growing interest in industry around design of occupational exoskeletons, such as those of a reducing physical demand in work tasks, or those preventing or reducing the risks and risks of using these technologies to prevent the main risk factors for occupational musculoskeletal disorders (MSDs). **Objectives:** Based on the available evidence underlying the clinical efficacy of occupational exoskeletons in reducing biomechanical stress at work, the aim of this paper is to explore the current knowledge of exoskeletons in reducing physical demand in the workplace through biomechanical modelling. **Methods:** A literature review of the literature on biological and social dimensions associated with the use of exoskeletons to reduce physical demand in the workplace is conducted. **Results:** A literature review was completed, based on an electronic database search, including peer-reviewed articles and conference papers from 1990 to January 2019. Results: Three studies, four reviews, six guidelines, three types of occupational exoskeletons are proposed, namely, upper limb exoskeletons, lower limb exoskeletons and whole body exoskeletons.

Progr Appl Ergon 2020; 39: 285-290  
© 2020 The Authors. Progr Appl Ergon published by John Wiley & Sons Ltd  
DOI: 10.1080/20587624.2020.1718188  
ISSN: 0305-0483 (print), 2058-7624 (electronic)

Theurel & Desbrosses, 2019

## **Etude 1**

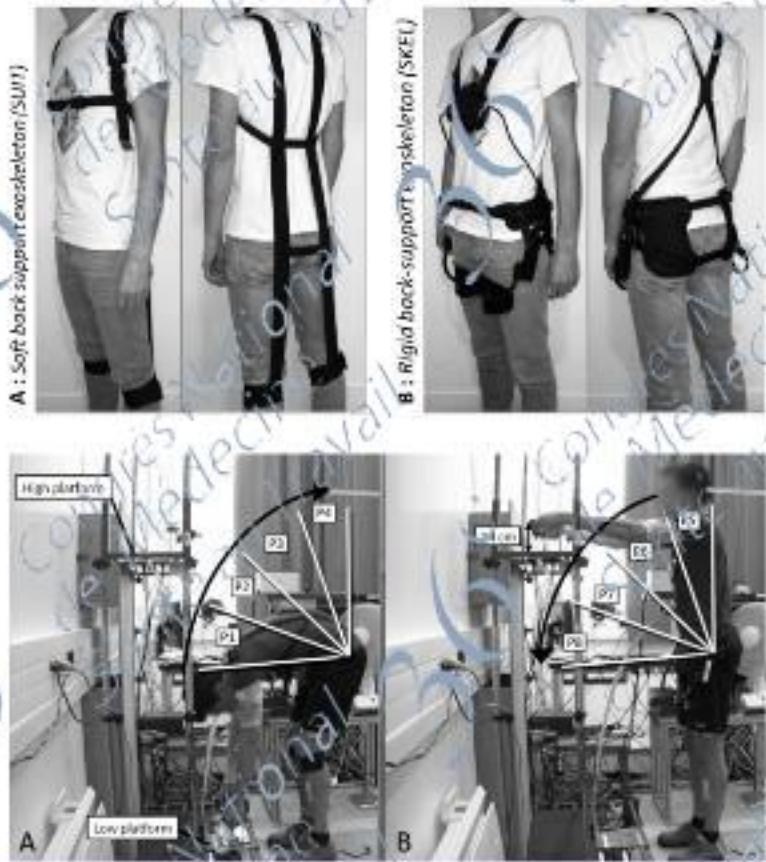
## Exosquelettes des



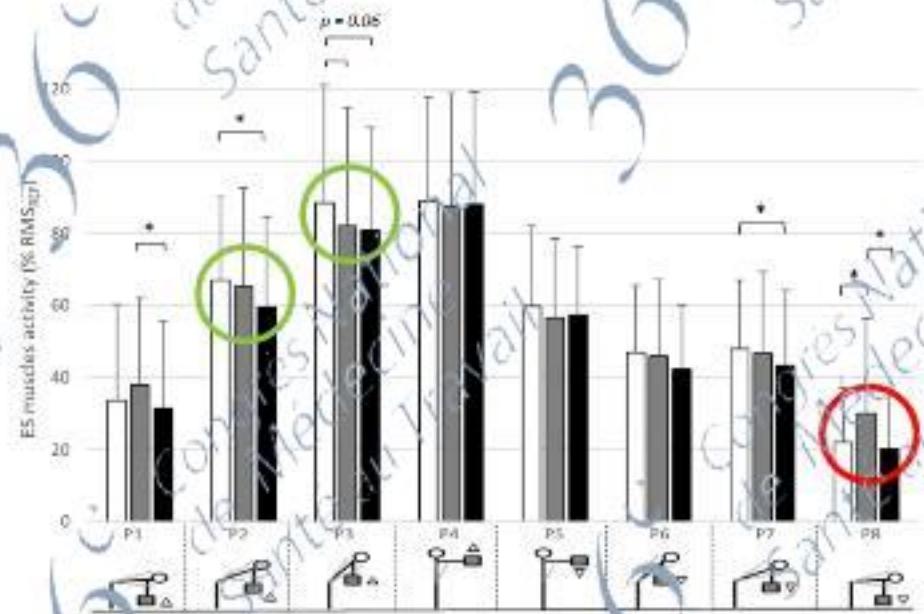
## Axe 1 : Adaptations neuromusculaires et cinématiques

Schwartz & al. 202

## Etude 1



## Axe 1 : Adaptations neuromusculaires et cinématiques



Dépendance à la posture adoptée  
De possibles effets négatifs

## Etude 1

### Exosquelettes membres supérieurs



## Axe 1 : Adaptations neuromusculaires et cinématiques

Evaluation of two upper-limb exoskeletons during overhead work: influence of exoskeleton design and load on muscular adaptations and balance regulation.

C. Desbrosses, M. Almouzni, J. Théard

Session 36c - Exosquelettes et biomécanique

**Abstract:** Recent technological advances in robotics have made it possible to consider musculoskeletal disorders. The aim of this study was to compare two different upper limb exoskeletons, one based on the design of DEXIM and the other on the upper limb exoskeleton developed by the team of researchers from INRAE. Both exoskeletons were evaluated in an overhead task. They were not designed specifically for overhead tasks.

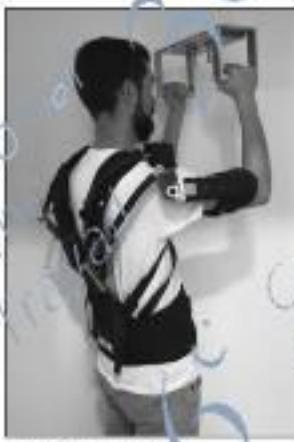
**Objectifs:** The first objective was to evaluate the influence of the type of exoskeleton on the level of adaptation of the muscular system to the task. The second objective was to evaluate the influence of the type of exoskeleton on the level of balance regulation.

**Méthodes:** Ten healthy volunteers (5 men, 5 women) aged between 22 and 30 years (mean age: 25.0 ± 3.7 years) participated in this study. They were assigned to two groups: DEXIM (n = 5) and INRAE (n = 5). The task consisted of carrying a weight of 12.5 kg (mean 12.5 ± 0.4 kg) for 20 minutes at 50% of maximum voluntary contraction (MVC) (mean 50.0 ± 5.0% MVC), respectively. The mean of MVC and its evolution over time were recorded every 10 s. The task was repeated on the day after (mean 12.5 ± 0.4 kg for 20 minutes at 50% of maximum voluntary contraction (MVC)).

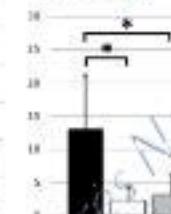
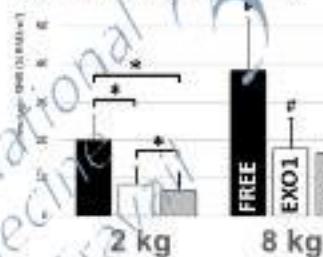
**Résultats:** The results of the two exoskeletons were not significantly different in terms of MVC performance. However, the adaptation of the muscular system and balance regulation seem to be available for the two models during static, 0.5°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°, 100°, 110°, 120°, 130°, 140°, 150°, 160°, 170°, 180°, 190°, 200°, 210°, 220°, 230°, 240°, 250°, 260°, 270°, 280°, 290°, 300°, 310°, 320°, 330°, 340°, 350°, 360°, 370°, 380°, 390°, 400°, 410°, 420°, 430°, 440°, 450°, 460°, 470°, 480°, 490°, 500°, 510°, 520°, 530°, 540°, 550°, 560°, 570°, 580°, 590°, 600°, 610°, 620°, 630°, 640°, 650°, 660°, 670°, 680°, 690°, 700°, 710°, 720°, 730°, 740°, 750°, 760°, 770°, 780°, 790°, 800°, 810°, 820°, 830°, 840°, 850°, 860°, 870°, 880°, 890°, 900°, 910°, 920°, 930°, 940°, 950°, 960°, 970°, 980°, 990°, 1000°, 1010°, 1020°, 1030°, 1040°, 1050°, 1060°, 1070°, 1080°, 1090°, 1100°, 1110°, 1120°, 1130°, 1140°, 1150°, 1160°, 1170°, 1180°, 1190°, 1200°, 1210°, 1220°, 1230°, 1240°, 1250°, 1260°, 1270°, 1280°, 1290°, 1300°, 1310°, 1320°, 1330°, 1340°, 1350°, 1360°, 1370°, 1380°, 1390°, 1400°, 1410°, 1420°, 1430°, 1440°, 1450°, 1460°, 1470°, 1480°, 1490°, 1500°, 1510°, 1520°, 1530°, 1540°, 1550°, 1560°, 1570°, 1580°, 1590°, 1600°, 1610°, 1620°, 1630°, 1640°, 1650°, 1660°, 1670°, 1680°, 1690°, 1700°, 1710°, 1720°, 1730°, 1740°, 1750°, 1760°, 1770°, 1780°, 1790°, 1800°, 1810°, 1820°, 1830°, 1840°, 1850°, 1860°, 1870°, 1880°, 1890°, 1900°, 1910°, 1920°, 1930°, 1940°, 1950°, 1960°, 1970°, 1980°, 1990°, 2000°, 2010°, 2020°, 2030°, 2040°, 2050°, 2060°, 2070°, 2080°, 2090°, 2100°, 2110°, 2120°, 2130°, 2140°, 2150°, 2160°, 2170°, 2180°, 2190°, 2200°, 2210°, 2220°, 2230°, 2240°, 2250°, 2260°, 2270°, 2280°, 2290°, 2300°, 2310°, 2320°, 2330°, 2340°, 2350°, 2360°, 2370°, 2380°, 2390°, 2400°, 2410°, 2420°, 2430°, 2440°, 2450°, 2460°, 2470°, 2480°, 2490°, 2500°, 2510°, 2520°, 2530°, 2540°, 2550°, 2560°, 2570°, 2580°, 2590°, 2600°, 2610°, 2620°, 2630°, 2640°, 2650°, 2660°, 2670°, 2680°, 2690°, 2700°, 2710°, 2720°, 2730°, 2740°, 2750°, 2760°, 2770°, 2780°, 2790°, 2800°, 2810°, 2820°, 2830°, 2840°, 2850°, 2860°, 2870°, 2880°, 2890°, 2900°, 2910°, 2920°, 2930°, 2940°, 2950°, 2960°, 2970°, 2980°, 2990°, 3000°, 3010°, 3020°, 3030°, 3040°, 3050°, 3060°, 3070°, 3080°, 3090°, 3100°, 3110°, 3120°, 3130°, 3140°, 3150°, 3160°, 3170°, 3180°, 3190°, 3200°, 3210°, 3220°, 3230°, 3240°, 3250°, 3260°, 3270°, 3280°, 3290°, 3300°, 3310°, 3320°, 3330°, 3340°, 3350°, 3360°, 3370°, 3380°, 3390°, 3400°, 3410°, 3420°, 3430°, 3440°, 3450°, 3460°, 3470°, 3480°, 3490°, 3500°, 3510°, 3520°, 3530°, 3540°, 3550°, 3560°, 3570°, 3580°, 3590°, 3600°, 3610°, 3620°, 3630°, 3640°, 3650°, 3660°, 3670°, 3680°, 3690°, 3700°, 3710°, 3720°, 3730°, 3740°, 3750°, 3760°, 3770°, 3780°, 3790°, 3800°, 3810°, 3820°, 3830°, 3840°, 3850°, 3860°, 3870°, 3880°, 3890°, 3900°, 3910°, 3920°, 3930°, 3940°, 3950°, 3960°, 3970°, 3980°, 3990°, 4000°, 4010°, 4020°, 4030°, 4040°, 4050°, 4060°, 4070°, 4080°, 4090°, 4100°, 4110°, 4120°, 4130°, 4140°, 4150°, 4160°, 4170°, 4180°, 4190°, 4200°, 4210°, 4220°, 4230°, 4240°, 4250°, 4260°, 4270°, 4280°, 4290°, 4300°, 4310°, 4320°, 4330°, 4340°, 4350°, 4360°, 4370°, 4380°, 4390°, 4400°, 4410°, 4420°, 4430°, 4440°, 4450°, 4460°, 4470°, 4480°, 4490°, 4500°, 4510°, 4520°, 4530°, 4540°, 4550°, 4560°, 4570°, 4580°, 4590°, 4600°, 4610°, 4620°, 4630°, 4640°, 4650°, 4660°, 4670°, 4680°, 4690°, 4700°, 4710°, 4720°, 4730°, 4740°, 4750°, 4760°, 4770°, 4780°, 4790°, 4800°, 4810°, 4820°, 4830°, 4840°, 4850°, 4860°, 4870°, 4880°, 4890°, 4900°, 4910°, 4920°, 4930°, 4940°, 4950°, 4960°, 4970°, 4980°, 4990°, 5000°, 5010°, 5020°, 5030°, 5040°, 5050°, 5060°, 5070°, 5080°, 5090°, 5100°, 5110°, 5120°, 5130°, 5140°, 5150°, 5160°, 5170°, 5180°, 5190°, 5200°, 5210°, 5220°, 5230°, 5240°, 5250°, 5260°, 5270°, 5280°, 5290°, 5300°, 5310°, 5320°, 5330°, 5340°, 5350°, 5360°, 5370°, 5380°, 5390°, 5400°, 5410°, 5420°, 5430°, 5440°, 5450°, 5460°, 5470°, 5480°, 5490°, 5500°, 5510°, 5520°, 5530°, 5540°, 5550°, 5560°, 5570°, 5580°, 5590°, 5600°, 5610°, 5620°, 5630°, 5640°, 5650°, 5660°, 5670°, 5680°, 5690°, 5700°, 5710°, 5720°, 5730°, 5740°, 5750°, 5760°, 5770°, 5780°, 5790°, 5800°, 5810°, 5820°, 5830°, 5840°, 5850°, 5860°, 5870°, 5880°, 5890°, 5900°, 5910°, 5920°, 5930°, 5940°, 5950°, 5960°, 5970°, 5980°, 5990°, 6000°, 6010°, 6020°, 6030°, 6040°, 6050°, 6060°, 6070°, 6080°, 6090°, 6100°, 6110°, 6120°, 6130°, 6140°, 6150°, 6160°, 6170°, 6180°, 6190°, 6200°, 6210°, 6220°, 6230°, 6240°, 6250°, 6260°, 6270°, 6280°, 6290°, 6300°, 6310°, 6320°, 6330°, 6340°, 6350°, 6360°, 6370°, 6380°, 6390°, 6400°, 6410°, 6420°, 6430°, 6440°, 6450°, 6460°, 6470°, 6480°, 6490°, 6500°, 6510°, 6520°, 6530°, 6540°, 6550°, 6560°, 6570°, 6580°, 6590°, 6600°, 6610°, 6620°, 6630°, 6640°, 6650°, 6660°, 6670°, 6680°, 6690°, 6700°, 6710°, 6720°, 6730°, 6740°, 6750°, 6760°, 6770°, 6780°, 6790°, 6800°, 6810°, 6820°, 6830°, 6840°, 6850°, 6860°, 6870°, 6880°, 6890°, 6900°, 6910°, 6920°, 6930°, 6940°, 6950°, 6960°, 6970°, 6980°, 6990°, 7000°, 7010°, 7020°, 7030°, 7040°, 7050°, 7060°, 7070°, 7080°, 7090°, 7100°, 7110°, 7120°, 7130°, 7140°, 7150°, 7160°, 7170°, 7180°, 7190°, 7200°, 7210°, 7220°, 7230°, 7240°, 7250°, 7260°, 7270°, 7280°, 7290°, 7300°, 7310°, 7320°, 7330°, 7340°, 7350°, 7360°, 7370°, 7380°, 7390°, 7400°, 7410°, 7420°, 7430°, 7440°, 7450°, 7460°, 7470°, 7480°, 7490°, 7500°, 7510°, 7520°, 7530°, 7540°, 7550°, 7560°, 7570°, 7580°, 7590°, 7600°, 7610°, 7620°, 7630°, 7640°, 7650°, 7660°, 7670°, 7680°, 7690°, 7700°, 7710°, 7720°, 7730°, 7740°, 7750°, 7760°, 7770°, 7780°, 7790°, 7800°, 7810°, 7820°, 7830°, 7840°, 7850°, 7860°, 7870°, 7880°, 7890°, 7900°, 7910°, 7920°, 7930°, 7940°, 7950°, 7960°, 7970°, 7980°, 7990°, 8000°, 8010°, 8020°, 8030°, 8040°, 8050°, 8060°, 8070°, 8080°, 8090°, 8100°, 8110°, 8120°, 8130°, 8140°, 8150°, 8160°, 8170°, 8180°, 8190°, 8200°, 8210°, 8220°, 8230°, 8240°, 8250°, 8260°, 8270°, 8280°, 8290°, 8300°, 8310°, 8320°, 8330°, 8340°, 8350°, 8360°, 8370°, 8380°, 8390°, 8400°, 8410°, 8420°, 8430°, 8440°, 8450°, 8460°, 8470°, 8480°, 8490°, 8500°, 8510°, 8520°, 8530°, 8540°, 8550°, 8560°, 8570°, 8580°, 8590°, 8600°, 8610°, 8620°, 8630°, 8640°, 8650°, 8660°, 8670°, 8680°, 8690°, 8700°, 8710°, 8720°, 8730°, 8740°, 8750°, 8760°, 8770°, 8780°, 8790°, 8800°, 8810°, 8820°, 8830°, 8840°, 8850°, 8860°, 8870°, 8880°, 8890°, 8890°, 8900°, 8910°, 8920°, 8930°, 8940°, 8950°, 8960°, 8970°, 8980°, 8990°, 9000°, 9010°, 9020°, 9030°, 9040°, 9050°, 9060°, 9070°, 9080°, 9090°, 9100°, 9110°, 9120°, 9130°, 9140°, 9150°, 9160°, 9170°, 9180°, 9190°, 9200°, 9210°, 9220°, 9230°, 9240°, 9250°, 9260°, 9270°, 9280°, 9290°, 9300°, 9310°, 9320°, 9330°, 9340°, 9350°, 9360°, 9370°, 9380°, 9390°, 9400°, 9410°, 9420°, 9430°, 9440°, 9450°, 9460°, 9470°, 9480°, 9490°, 9500°, 9510°, 9520°, 9530°, 9540°, 9550°, 9560°, 9570°, 9580°, 9590°, 9600°, 9610°, 9620°, 9630°, 9640°, 9650°, 9660°, 9670°, 9680°, 9690°, 9700°, 9710°, 9720°, 9730°, 9740°, 9750°, 9760°, 9770°, 9780°, 9790°, 9800°, 9810°, 9820°, 9830°, 9840°, 9850°, 9860°, 9870°, 9880°, 9890°, 9890°, 9900°, 9910°, 9920°, 9930°, 9940°, 9950°, 9960°, 9970°, 9980°, 9990°, 9990°, 10000°, 10010°, 10020°, 10030°, 10040°, 10050°, 10060°, 10070°, 10080°, 10090°, 10090°, 10100°, 10110°, 10120°, 10130°, 10140°, 10150°, 10160°, 10170°, 10180°, 10190°, 10190°, 10200°, 10210°, 10220°, 10230°, 10240°, 10250°, 10260°, 10270°, 10280°, 10290°, 10290°, 10300°, 10310°, 10320°, 10330°, 10340°, 10350°, 10360°, 10370°, 10380°, 10390°, 10390°, 10400°, 10410°, 10420°, 10430°, 10440°, 10450°, 10460°, 10470°, 10480°, 10490°, 10490°, 10500°, 10510°, 10520°, 10530°, 10540°, 10550°, 10560°, 10570°, 10580°, 10590°, 10590°, 10600°, 10610°, 10620°, 10630°, 10640°, 10650°, 10660°, 10670°, 10680°, 10690°, 10690°, 10700°, 10710°, 10720°, 10730°, 10740°, 10750°, 10760°, 10770°, 10780°, 10790°, 10790°, 10800°, 10810°, 10820°, 10830°, 10840°, 10850°, 10860°, 10870°, 10880°, 10890°, 10890°, 10900°, 10910°, 10920°, 10930°, 10940°, 10950°, 10960°, 10970°, 10980°, 10990°, 10990°, 11000°, 11010°, 11020°, 11030°, 11040°, 11050°, 11060°, 11070°, 11080°, 11090°, 11090°, 11100°, 11110°, 11120°, 11130°, 11140°, 11150°, 11160°, 11170°, 11180°, 11190°, 11190°, 11200°, 11210°, 11220°, 11230°, 11240°, 11250°, 11260°, 11270°, 11280°, 11290°, 11290°, 11300°, 11310°, 11320°, 11330°, 11340°, 11350°, 11360°, 11370°, 11380°, 11390°, 11390°, 11400°, 11410°, 11420°, 11430°, 11440°, 11450°, 11460°, 11470°, 11480°, 11490°, 11490°, 11500°, 11510°, 11520°, 11530°, 11540°, 11550°, 11560°, 11570°, 11580°, 11590°, 11590°, 11600°, 11610°, 11620°, 11630°, 11640°, 11650°, 11660°, 11670°, 11680°, 11690°, 11690°, 11700°, 11710°, 11720°, 11730°, 11740°, 11750°, 11760°, 11770°, 11780°, 11790°, 11790°, 11800°, 11810°, 11820°, 11830°, 11840°, 11850°, 11860°, 11870°, 11880°, 11890°, 11890°, 11900°, 11910°, 11920°, 11930°, 11940°, 11950°, 11960°, 11970°, 11980°, 11990°, 11990°, 12000°, 12010°, 12020°, 12030°, 12040°, 12050°, 12060°, 12070°, 12080°, 12090°, 12090°, 12100°, 12110°, 12120°, 12130°, 12140°, 12150°, 12160°, 12170°, 12180°, 12190°, 12190°, 12200°, 12210°, 12220°, 12230°, 12240°, 12250°, 12260°, 12270°, 12280°, 12290°, 12290°, 12300°, 12310°, 12320°, 12330°, 12340°, 12350°, 12360°, 12370°, 12380°, 12390°, 12390°, 12400°, 12410°, 12420°, 12430°, 12440°, 12450°, 12460°, 12470°, 12480°, 12490°, 12490°, 12500°, 12510°, 12520°, 12530°, 12540°, 12550°, 12560°, 12570°, 12580°, 12590°, 12590°, 12600°, 12610°, 12620°, 12630°, 12640°, 12650°, 12660°, 12670°, 12680°, 12690°, 12690°, 12700°, 12710°, 12720°, 12730°, 12740°, 12750°, 12760°, 12770°, 12780°, 12790°, 12790°, 12800°, 12810°, 12820°, 12830°, 12840°, 12850°, 12860°, 12870°, 12880°, 12890°, 12890°, 12900°, 12910°, 12920°, 12930°, 12940°, 12950°, 12960°, 12970°, 12980°, 12990°, 12990°, 13000°, 13010°, 13020°, 13030°, 13040°, 13050°, 13060°, 13070°, 13080°, 13090°, 13090°, 13100°, 13110°, 13120°, 13130°, 13140°, 13150°, 13160°, 13170°, 13180°, 13190°, 13190°, 13200°, 13210°, 13220°, 13230°, 13240°, 13250°, 13260°, 13270°, 13280°, 13290°, 13290°, 13300°, 13310°, 13320°, 13330°, 13340°, 13350°, 13360°, 13370°, 13380°, 13390°, 13390°, 13400°, 13410°, 13420°, 13430°, 13440°, 13450°, 13460°, 13470°, 13480°, 13490°, 13490°, 13500°, 13510°, 13520°, 13530°, 13540°, 13550°, 13560°, 13570°, 13580°, 13590°, 13590°, 13600°, 13610°, 13620°, 13630°, 13640°, 13650°, 13660°, 13670°, 13680°, 13690°, 13690°, 13700°, 13710°, 13720°, 13730°, 13740°, 13750°, 13760°, 13770°, 13780°, 13790°, 13790°, 13800°, 13810°, 13820°, 13830°, 13840°, 13850°, 13860°, 13870°, 13880°, 13890°, 13890°, 13900°, 13910°, 13920°, 13930°, 13940°, 13950°, 13960°, 13970°, 13980°, 13990°, 13990°, 14000°, 14010°, 14020°, 14030°, 14040°, 14050°, 14060°, 14070°, 14080°, 14090°, 14090°, 14100°, 14110°, 14120°, 14130°, 14140°, 14150°, 14160°, 14170°, 14180°, 14190

Passé  
Présent  
Futur

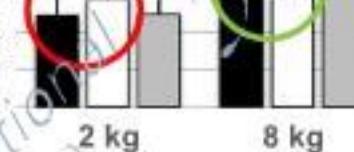
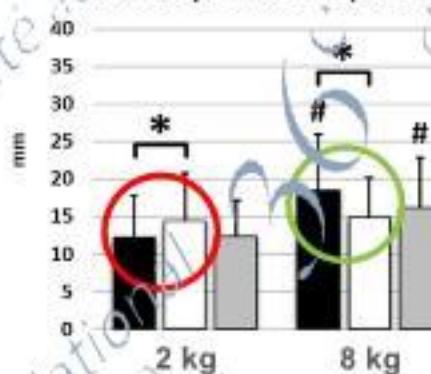
## Etude 1



### Axe 1 : Adaptations neuromusculaires et cinématiques



Antero-posterior amplitude



Dépendance au poids soulevé



Passé  
Présent  
Futur

## Etude 1



Electromyographie  
(agoniste / antagoniste)

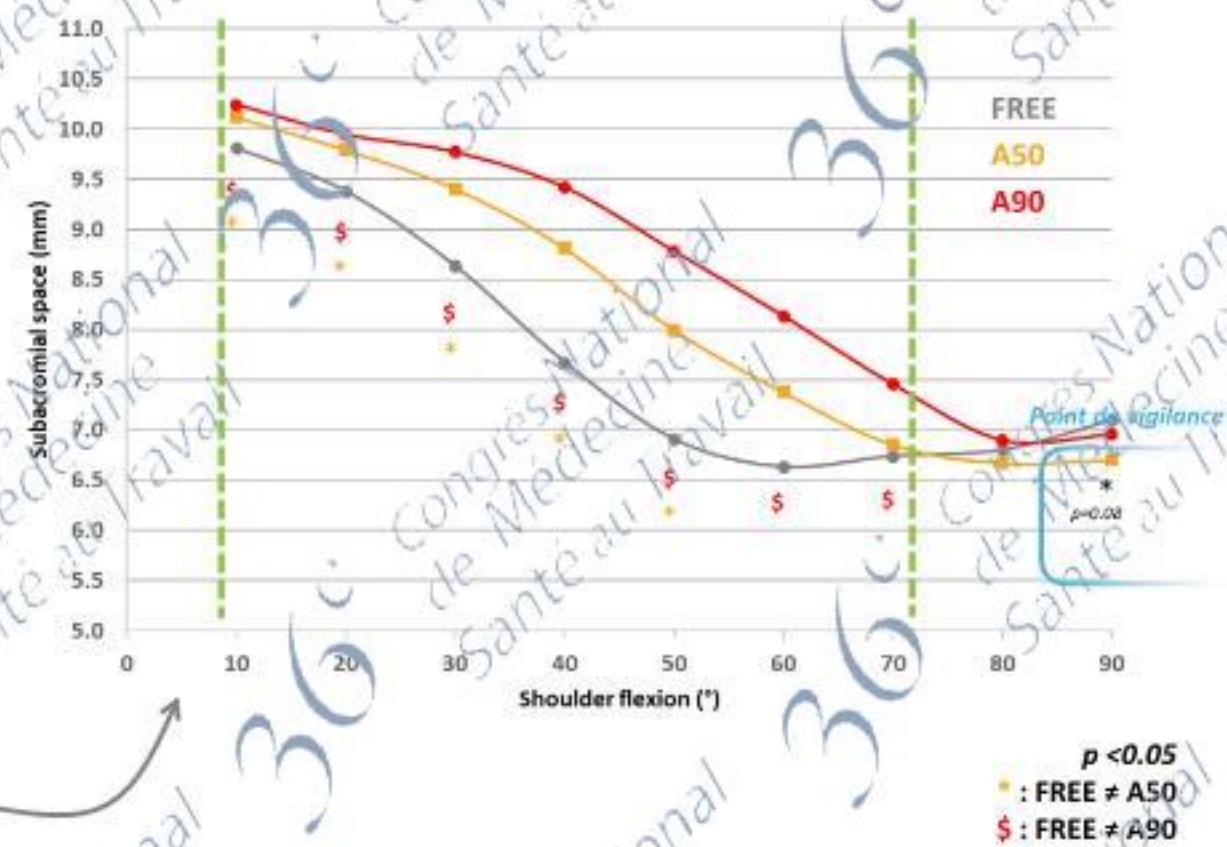


Cinématique  
(rythme scapulo-huméral)



Espace sous-acromial  
(conflit sous-acromial)

## Axe 2 : Biomécanique de l'épaule



IEA : Schwartz & al, 2021

## Etude 2

### La robotisation des exosquelettes...



**Axe 1 :** Adaptations neuromusculaires et cinématiques lors de l'utilisation d'exosquelettes robotisés d'assistance du dos

**Axe 2 :** Conséquences cardio-respiratoires liées à l'utilisation d'exosquelettes robotisés d'assistance du dos

## Etude 2

**4 tâches**

Dynamique  
Sagittal

Dynamique  
Rotation

Statique  
Genou

Statique  
Cheville

**Axe 1 : Adaptations neuromusculaires et cinématiques**



5 cycles  
15 cycles/min



Contrôle



Back X



ExoBack

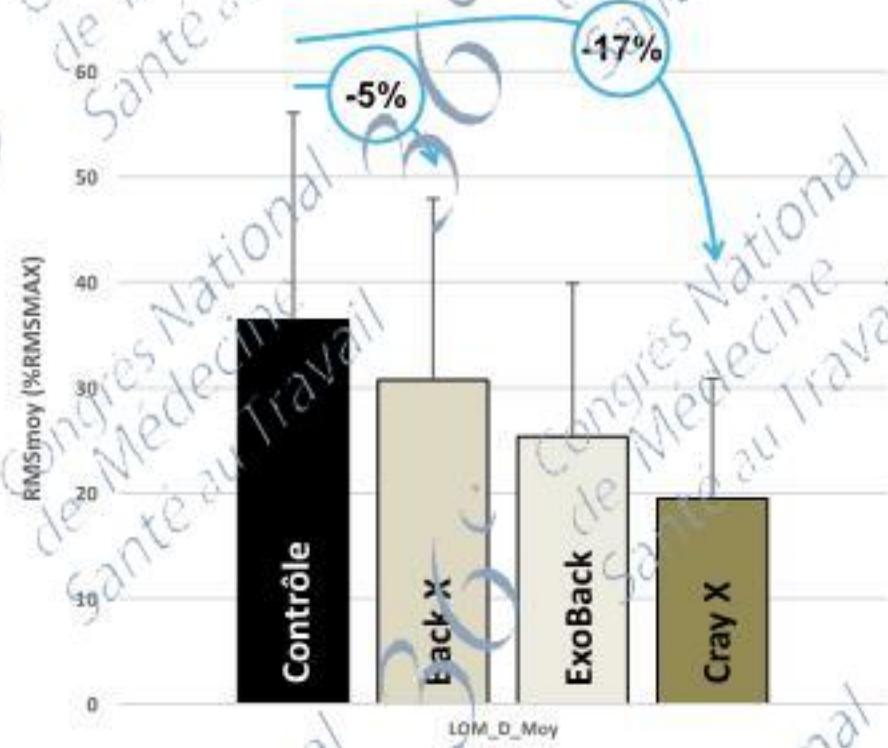


Cray X



## Etude 2

#### **Axe 1 : Adaptations neuromusculaires et cinématiques**





**1 tâche  
répétitive**

Dynamique  
Sagittal

## Etude 2

### Axe 2 : Conséquences cardio-respiratoires



5 min  
15 cycles/min



Contrôle



Back X



ExoBack



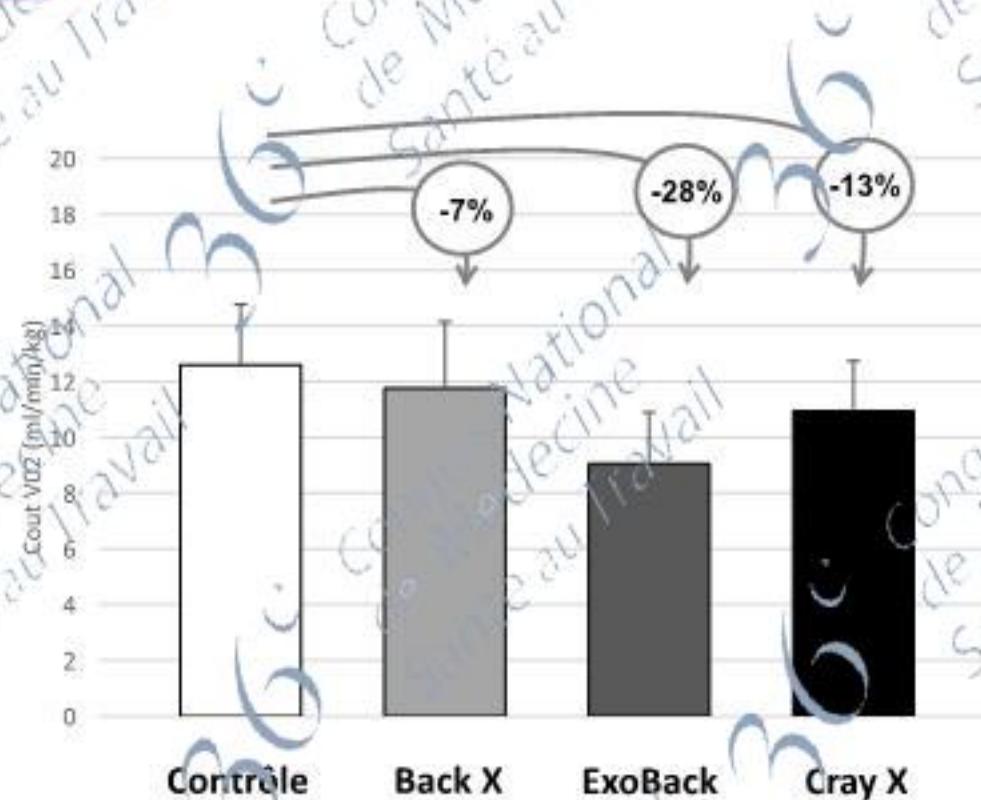
Cray X



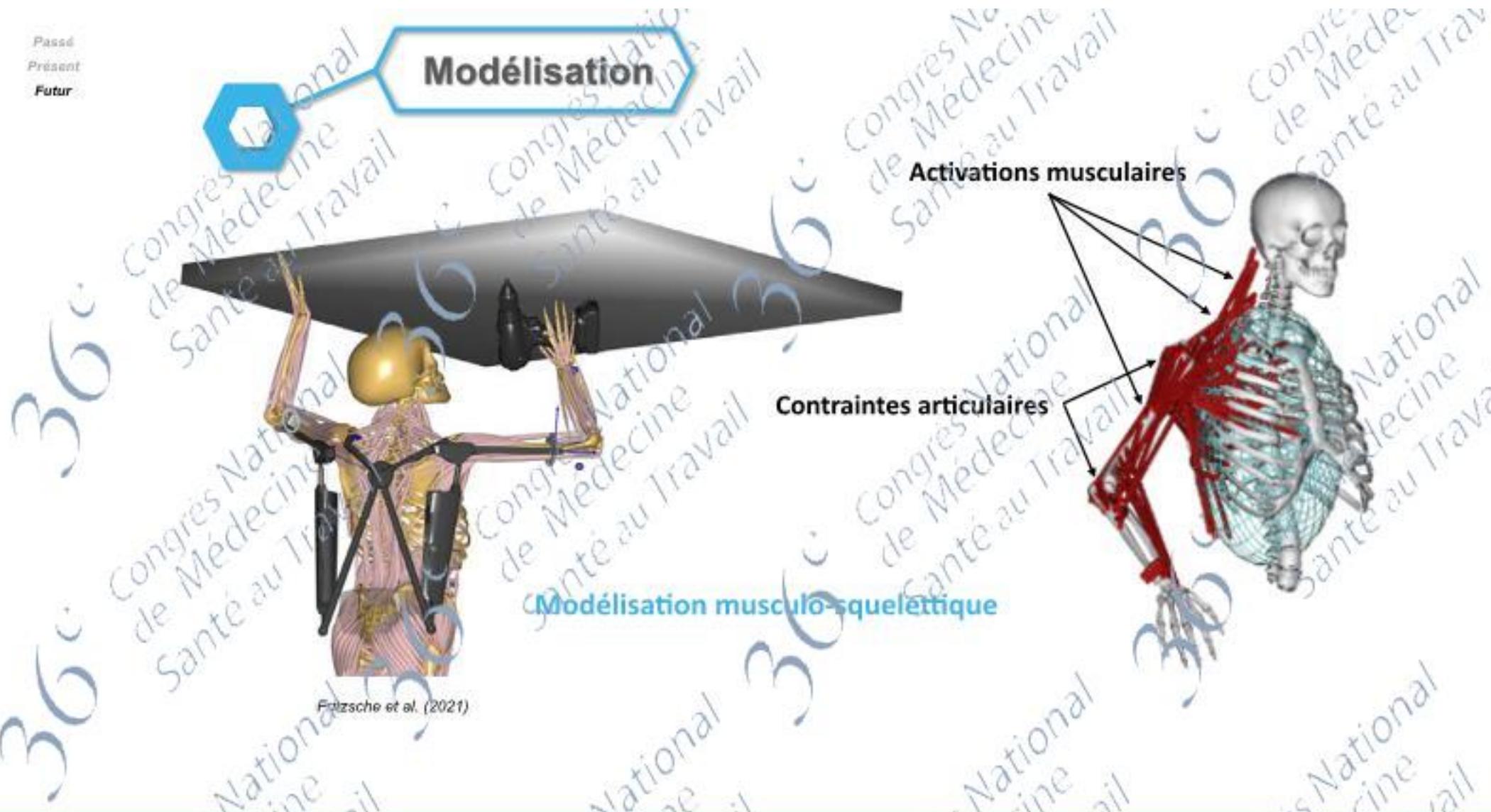


## Etude 2

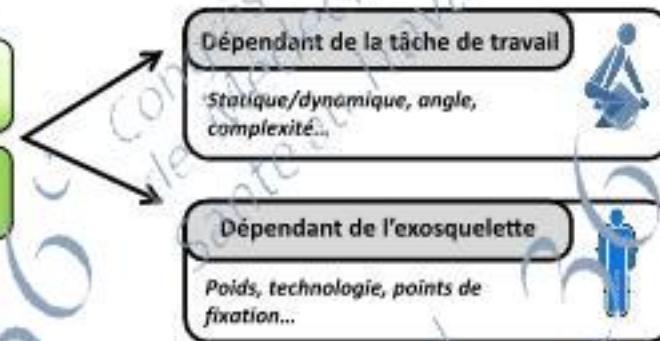
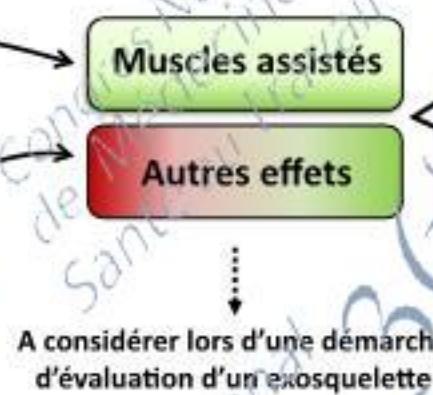
### Axe 2 : Conséquences cardio-respiratoires



Passé  
Présent  
Futur



Fritzsch et al. (2021)



Evaluation des risques  
Niveaux / avantages  
Contre-indications...



## Un besoin

Aide à la décision

Evaluation de l'IHE

Continuité d'usage

1

2

3

Acquisition et intégration d'un exosquelette professionnel.



## Un besoin

### Aide à la décision



Description des tâches

Exosquelette ? Lequel ?

### Evaluation de l'IHE

Choix d'un exosquelette adapté



Entraînement

Familiarisation à l'usage de l'exosquelette

Evaluation hors et en situation de travail

### Continuité d'usage

Intégration de l'exosquelette adapté



# Comment s'équiper ?





## Acquisition d'un exosquelette en entreprise.

Pourquoi? Comment?

-  
Guide pour les préventeurs





## Structure de la méthode

Phase 1

Aide à la décision

*Choix d'un exosquelette potentiellement adapté*

Phase 2

Evaluation de l'interaction Homme-Exosquelette

*Intégration d'un exosquelette effectivement adapté*

Phase 3

Retour d'expérience

*Effets à court, moyen et long terme*

**A  
C  
C  
E  
P  
T  
A  
T  
I  
O  
N**

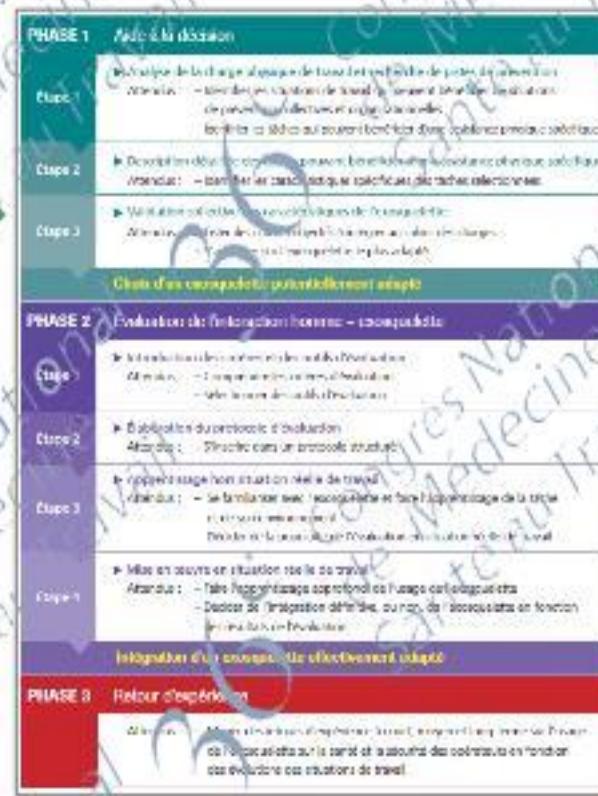
## Une approche spécifique Proposition d'une méthodologie d'action



### Triple objectifs :

- Accompagner l'entreprise dans **sa prise de décision** d'acquisition d'un exosquelette
- Procéder à **toutes les étapes d'évaluation** nécessaires à l'identification des apports et des limites que pourraient générer l'intégration d'un exosquelette
- Crée **les conditions** permettant **l'intégration optimale** de l'exosquelette dans la situation de travail et **l'usage de la technologie** par les opérateurs

# Quels repères pour un projet exosquelette ?



## **Les questions préalables à se poser**



Quelle est la problématique de l'entreprise ?



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 ?

## Analyse de l'activité des salariés



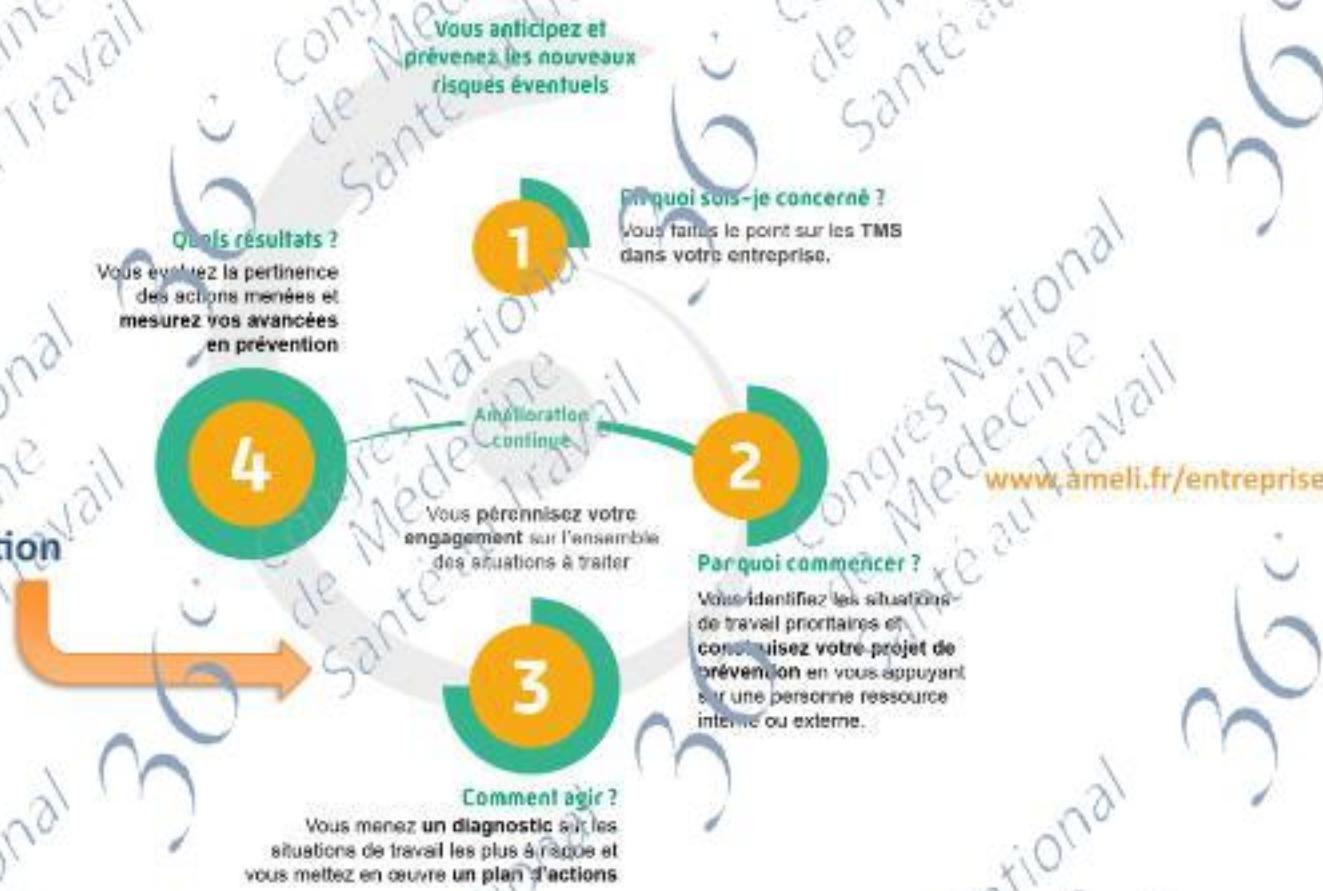
- Compréhension fine de l'activité des salariés
- Identification des facteurs de risques et des déterminants de l'activité
- Recherche de pistes de prévention



Identifier les tâches nécessitant une assistance physique spécifique

## S'inscrire dans une démarche de prévention

### Projet d'acquisition



[www.ameli.fr/entreprise](http://www.ameli.fr/entreprise)

## Analyse de l'activité



## Caractérisation du besoin d'assistance

- Spécificités de la tâche de travail ?
- Quels risques potentiels ?



Impliquer l'utilisateur final !



## Caractérisation des fonctions de l'exosquelette

Intégrer des critères objectifs dans le cahier des charges



- Apports et limites de la solution Exo
- Zones corporelles nécessitant une assistance
- Fonctions d'assistance souhaitées
- Conditions de réalisation de la tâche
- Besoins de réglages spécifiques



Modèle d'exosquelette

Dossier INRS édité par A. Desreux, L. Gengenbach,  
M. Schrey et J. Tissot en collaboration avec C. Dufay.

ED 6416  
juillet 2007

Repères méthodologiques pour la sélection d'un exosquelette professionnel

# Quels repères pour un projet exosquelette ?



## Proposition de critères d'évaluation

- **L'appropriation** : fluidité du mouvement, durée de réalisation de la tâche, acceptation sociale, ...
- **L'utilité** : tenue du temps de cycle, respect de la qualité de l'opération, durée d'assistance active pendant la tâche, ...
- **L'utilisabilité** : facile à mettre en œuvre (mise en place, retrait, réglages), à utiliser, gênes, ...
- **L'impact** : effets sur l'opérateur, effets sur le collectif de travail, intégration à l'environnement, ...
- **La sécurité** : évaluation des risques pour l'opérateur, les collègues et l'environnement

La sécurité : évaluation des risques pour l'opérateur, les collègues et l'environnement

## Prendre en compte les nouveaux risques

Intégrer un exosquelette, c'est aussi introduire de nouveaux risques



## Proposition de critères d'évaluation

---

- **L'appropriation** : fluidité du mouvement, durée de réalisation de la tâche, acceptation sociale, ...
- **L'utilité** : tenue du temps de cycle, respect de la qualité de l'opération, durée d'assistance active pendant la tâche, ...
- **L'utilisabilité** : facile à mettre en œuvre (mise en place, retrait, réglages), à utiliser, gênes, ...
- **L'impact** : effets sur l'opérateur, **effets sur le collectif de travail, intégration à l'environnement, ...**
- **La sécurité** : évaluation des risques pour l'opérateur, les collègues et l'environnement

effets sur le collectif de travail

*L'introduction de nouveaux dispositifs conduit l'individu et le collectif à « reconfigurer le travail »*

Schillier-Chauvin et Dubois (2009)

**ACTIVITÉS INDIVIDUELLE ET COLLECTIVE DE TIREURS D'ENROBÉ : CONSÉQUENCES DE L'USAGE D'UN EXOSQUELETTE ROBOTISÉ**

**La PROBLÉMATIQUE :** Dans les années 2000, les chantiers d'infrastructures connaissent une croissance importante due à la demande par les autorités publiques de « réaménager » par exemple les routes des zones périurbaines, mais aussi urbaines, sur un territoire qui n'a pas toujours été prévu pour ces dernières. De plus, dans le contexte des nouvelles technologies de l'information et de la communication, apparaissent de nouvelles formes d'organisation à l'œuvre dans l'industrie et les services. Les entreprises doivent faire face à de nouvelles situations et évoluer pour continuer à exister. C'est dans ce contexte que l'Inrs a mené une étude sur l'impact de l'utilisation d'un exosquelette robotisé sur les tâches de tirage de bitume et de granulat dans le cadre d'une intervention de réfection d'une route.

**La RÉPONSE DE L'INRS :** Mise en place d'un protocole de travail pour améliorer la sécurité et la performance des opérations de tirage de bitume. Ce protocole a été mis en place pour faciliter l'application des meilleures pratiques de sécurité et de performance dans les tâches de tirage de bitume. Il a été développé par l'Inrs en collaboration avec les partenaires de l'étude et a été validé par les experts en sécurité et en ergonomie.

**Les observations de l'activité :** Ces observations ont permis de déterminer les principales difficultés rencontrées par les utilisateurs lors de l'utilisation d'un exosquelette robotisé. Les principales difficultés sont liées à la nécessité de modifier les stratégies de travail pour prendre en compte les contraintes de l'exosquelette, notamment l'incertitude de son fonctionnement et l'absence de feedback pour l'utilisateur. Les utilisateurs ont également rencontré des difficultés liées à la nécessité de modifier leurs stratégies de travail pour prendre en compte les contraintes de l'exosquelette.

**Modifications dans le travail, pour l'utilisateur mais aussi pour ses coéquipiers.**

**Réajustement des stratégies de travail.**

**UN EXOSQUELETTE ? QUEL IMPACT SUR LE COLLECTIF**

## Résultats (1/3)

Catégories d'analyse de contenu utilisées pour traiter les entretiens individuels.

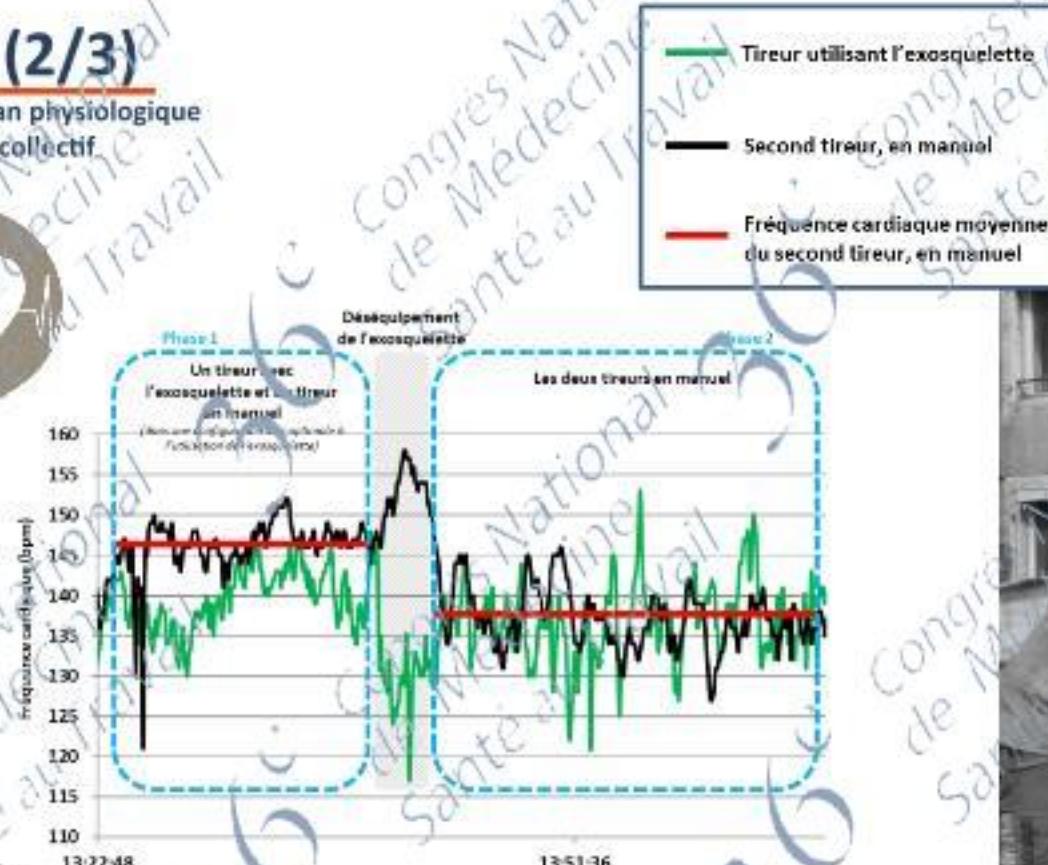
CATÉGORIES	EXPLICATIONS DES CATÉGORIES
Sensations physiques	1.1 Efforts 1.2 Douleurs 1.3 Postures 1.4 Fatigue ressentie
Autonomie et mobilité	2.1 Poids de l'exosquelette 2.2 Risque de collision 2.3 Gabarit 2.4 Facilité de mouvement
Efficacité dans le travail	3.1 Finition 3.2 Précision 3.3 Productivité 3.4 Satisfaction du travail réalisé 3.5 Qualité 3.6 Puissance de l'exosquelette robotisé
Climat social	4.1 Ambiance 4.2 Cohésion sociale 4.3 Collaboration 4.4 Esprit d'équipe 4.5 Coopération
Charge cognitive et émotionnelle	5.1 Stress/anxiété ressentie 5.2 Regard des autres 5.3 Appréhension
Répartition des rôles/tâches	6.1 Rédefinition des rôles 6.2 Tâches plus floues 6.3 Répartition des efforts



La questions du rôle et d'un certain flou dans les tâches ressort des entretiens individuels

## Résultats (2/3)

Premiers impacts sur le plan physiologique enregistrés sur le collectif



Des soupçons d'un report de charge sur le deuxième tireur non équipé.



## Résultats (3/3)

Un réajustement important des stratégies de travail  
pour l'ensemble de l'équipe

- Nouveaux gestes et usages à apprendre
- Un glissement des tâches à effectuer (pour tous)
- Une modification des espaces de travail
- Modification des règles préétablies (RAC)
- Développement de nouvelles stratégies
- Des réapprentissages ou des compétences nouvelles à développer

Et cela dans un environnement de travail dynamique



## **Conclusion**

Lors de l'introduction d'une telle technologie, il est important de considérer conjointement :

- l'opérateur équipé,
- le collectif
- l'encadrement

en rapport avec les modifications relatives aux modes opératoires, aux stratégies individuelles, collectives et organisationnelles.



## **Recommandation pour l'entreprise**

stratégie de travail



## Familiarisation et apprentissage(s)



- Apprentissage (Exo – tâche – environnement)
- Reconfiguration de la situation de travail
- Décision d'intégration définitive (ou non) de l'exosquelette

- Découverte progressive de l'exosquelette
- Nouveaux repères (fluidité des mouvements, réglages, ressenti, ...)
- Identification des moments où les phases d'assistance physique sont actives

### Familiarisation



## Quels repères pour un projet exosquelette ?



## **Retour d'expérience et suivi dans le temps**

Remettre en question les apports du système



L'évaluation doit interroger différentes dimensions liées :

- Aux opérateurs (santé, plaintes, satisfactions, ...)
- À la structure (AT, absentéisme, turn-over, ...)
- À l'activité (changements techniques, humains et organisationnels, ...)

maintien ? modification ? abandon ?

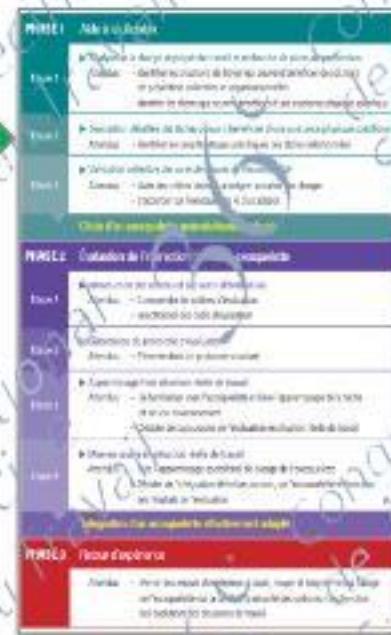
déploiement à d'autres situations de travail ?



# Quels repères pour un projet exosquelette ?



ED 6315



Acquisition

Tests

intégration

Déploiement

Déployé

# Exosquelettes

## Point sur l'acceptation



## Nouvelles technologies ... ruptures technologiques

Environ la moitié des nouvelles technologies ne parvient pas à trouver sa place

(Lucas (1978); Comptoir, et al., (1991); Paré et al., (1995); Dickie (2002) ...)



# La question d'acceptation



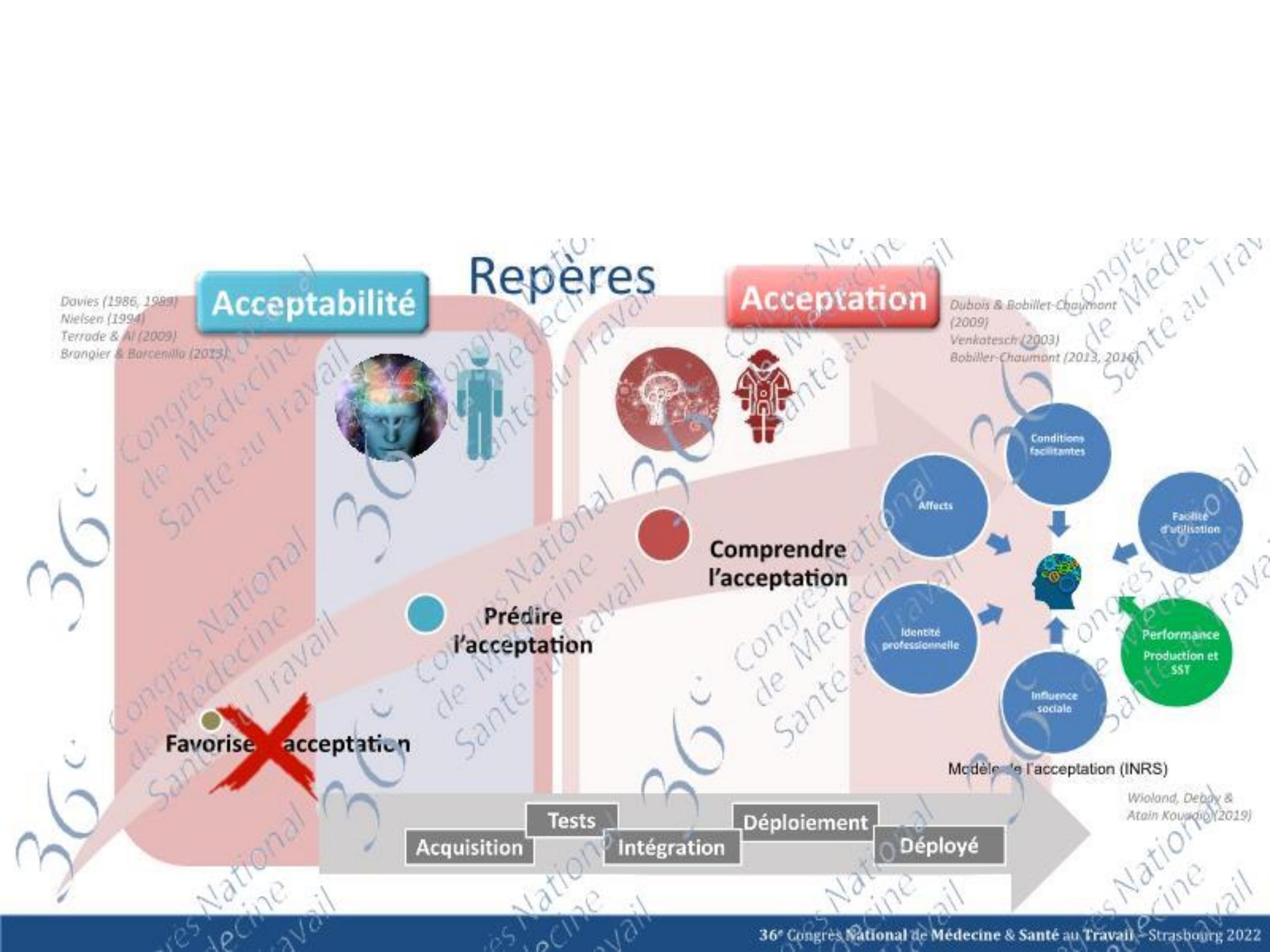
**Processus psychologiques déterminant  
l'adoption d'une nouvelle technologie**



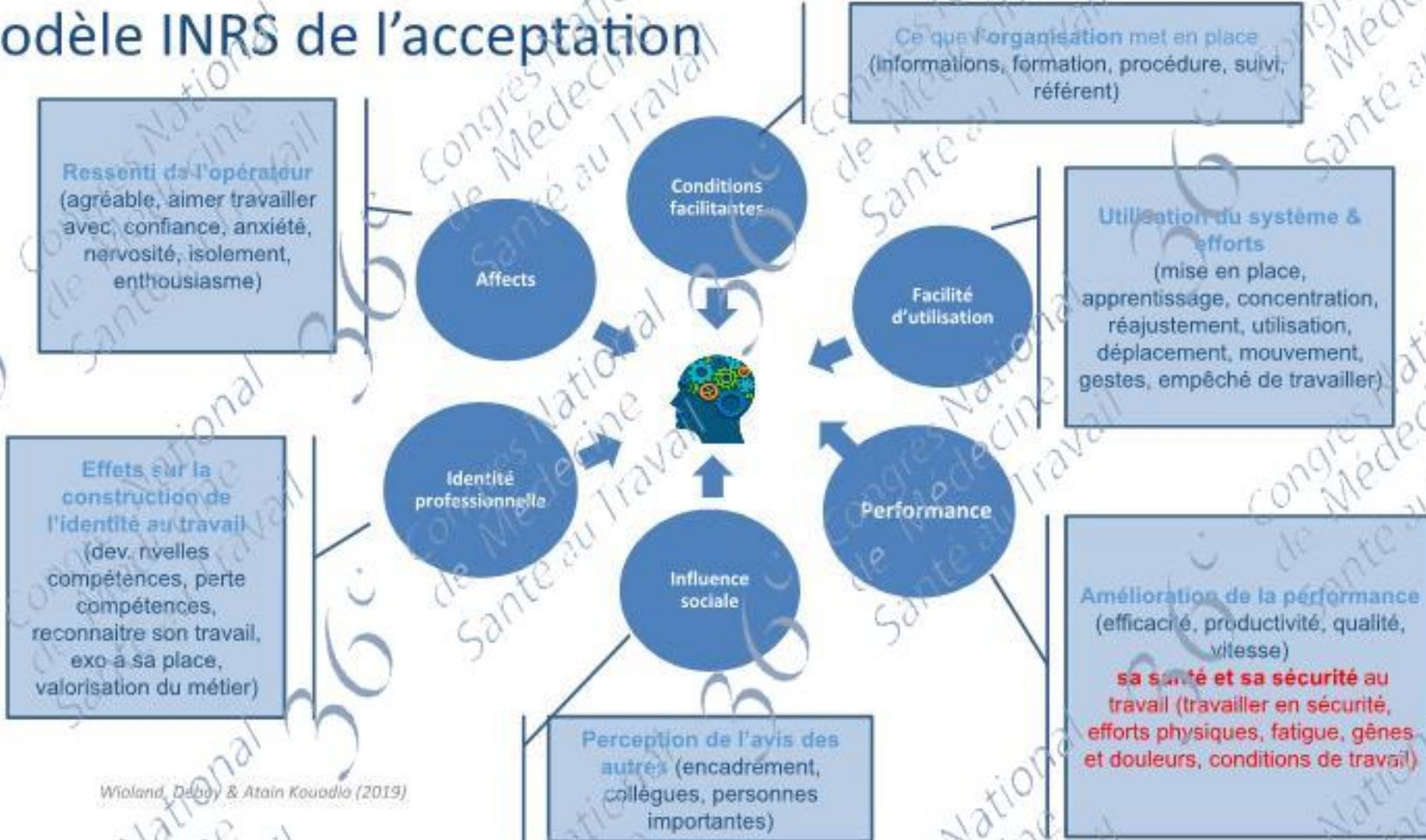
**Identifier les déterminants de acceptation  
et du rejet de la nouvelle technologie**



**Prévention → qualité de l'interaction  
Homme Exosquelette**



# Modèle INRS de l'acceptation



Wieland, Debuy & Atain Kouadjo (2019)

# Outil INRS

Processus d'acceptabilité et  
d'acceptation des exosquelettes :  
évaluation par questionnaire



6 dimensions  
45 items  
20 min



# Enquête INRS

Etude terrain

N=94

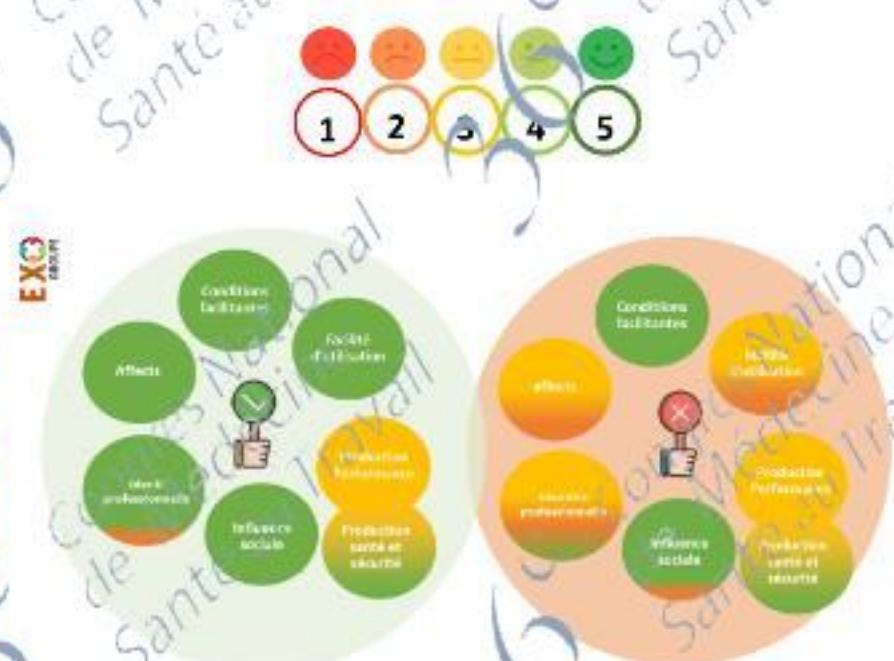


# Type d'analyse : descriptive

## Etude terrain

Item(s)	Non-utilisateurs		Utilisateurs ex-utilisateurs	
	Favorable	Défavorable	Favorable	Défavorable
<b>Conditions moyennant peu ou pas d'accord</b>				
Tendance moyennant peu ou pas d'accord	□	□	□	□
Tendance moyennant assez peu ou pas d'accord	□	□	□	□
Tendance moyennant très peu ou pas d'accord	□	□	□	□
<b>Conditions favorables</b>				
Innovation déployée	□	□	□	□
Innovation nécessité	□	□	□	□
Partenaires	□	□	□	□
Pédagogie	□	□	□	□
Suivi	□	□	□	□
Référents	□	□	□	□
Evaluation utilisateurs	□	□	□	□
<b>Facilité d'utilisation</b>				
Meilleure place de l'ergonomie	□	□	□	□
Rapide d'apprentissage	□	□	□	□
Pas de concentration supplémentaire	□	□	□	□

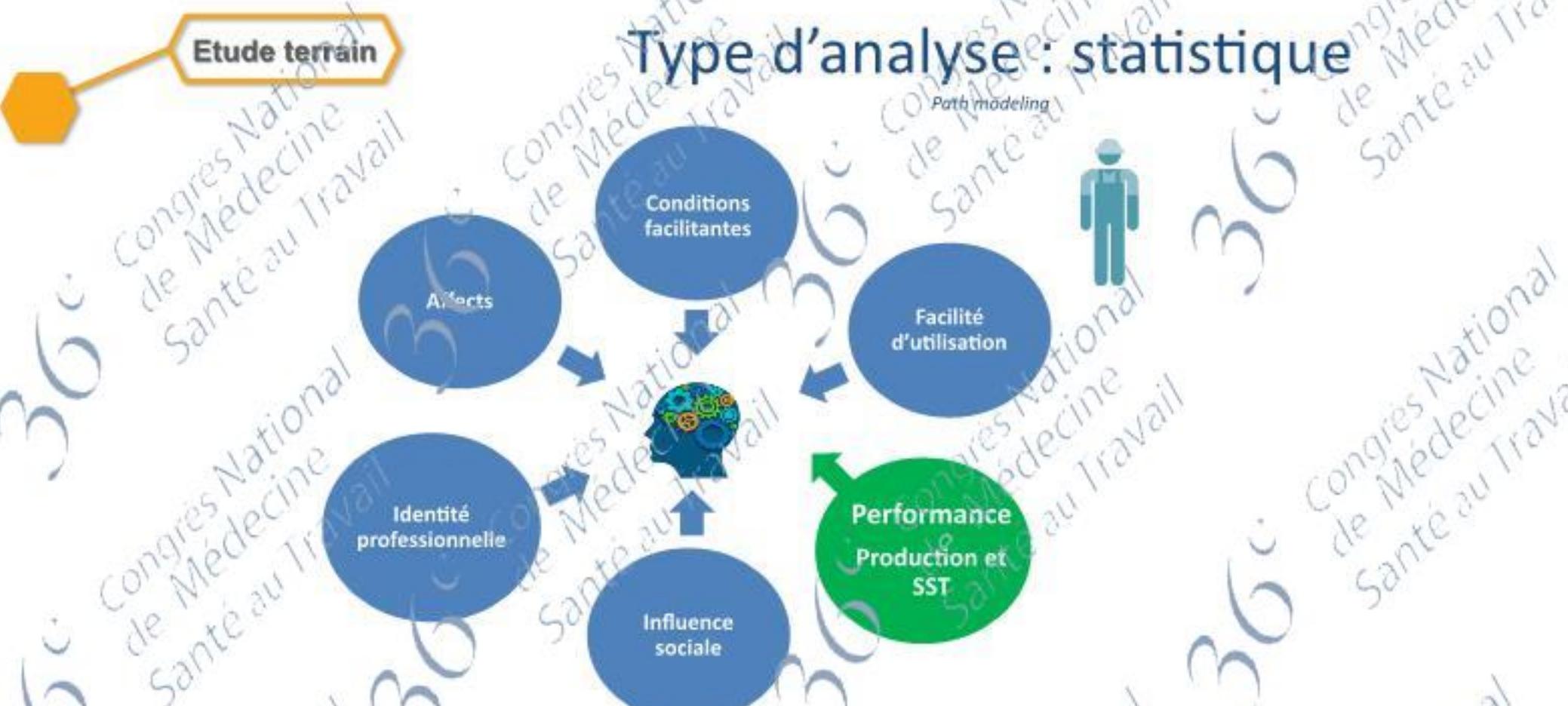
Actions de prévention et de corrections



## Etude terrain

# Type d'analyse : statistique

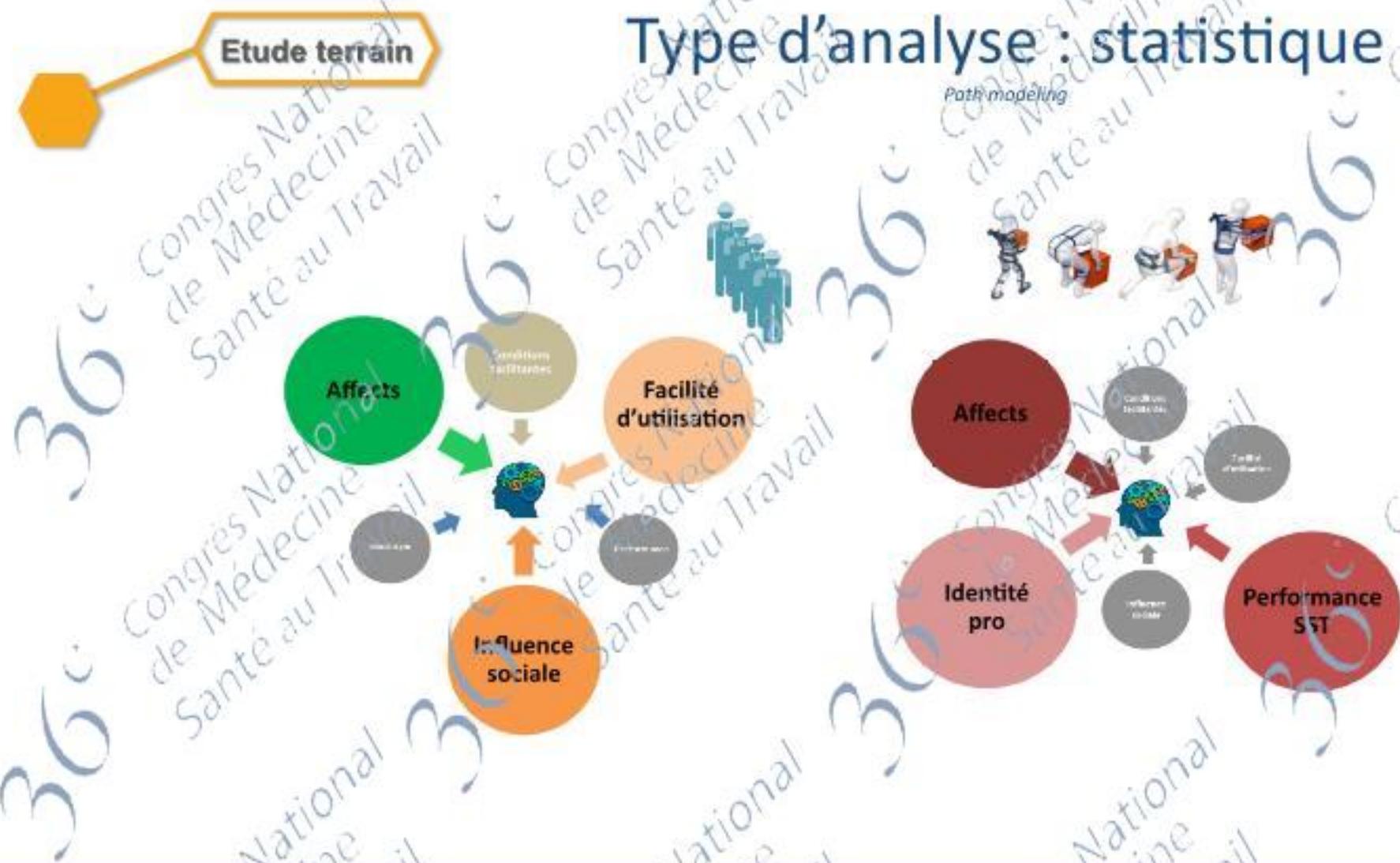
Path modeling



Modèle de l'acceptation (INRS)

## Type d'analyse : statistique

Etude terrain



## Etude terrain



Impacts sur le collectif et l'organisation



N=78



Affects

Identité pro

Performance SST



Déploiement d'un exosquelette robotisé : retour d'expérience par l'entreprise Colas



## Familiarisation

Transformation du système de valeur et des représentations  
(concurrence engins, jeune génération)

## A retenir : acceptation

Etude terrain



De l'acquisition au déploiement



5



## A retenir : démarche



Chaque nouvelle technologie constitue une rupture majeure (individuel, collectif et organisationnel)



- Valider le **choix** de l'assistance
- Valider que l'opérateur **bénéficie** du potentiel d'assistance physique/cognitif de l'exosquelette/NT
- Valider l'usage d'un exosquelette/NT en situation de production **durant une période suffisante sans dégrader** des conditions de travail

- **Accompagner** les équipes pour leur permettre de construire de nouveaux repères (individuel, collectif et organisationnel)

Poursuivre **l'évaluation de l'interaction Homme-exosquelette/NT** (acceptation)

**Suivre l'ensemble du processus d'acquisition au déploiement**

# Applications

## Nos actions

2015



2022



## Assistances, conseils

Méthodes / Suivi / Recherche

BTP



SANITAIRE ET SOCIAL

Validité opérationnelle

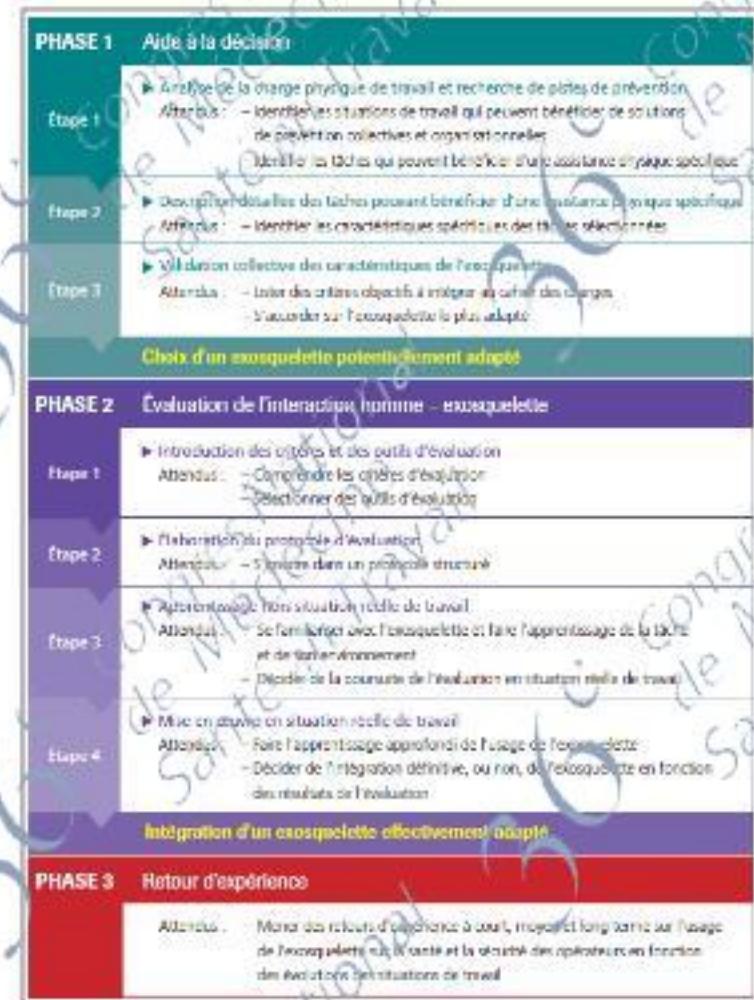
INDUSTRIE



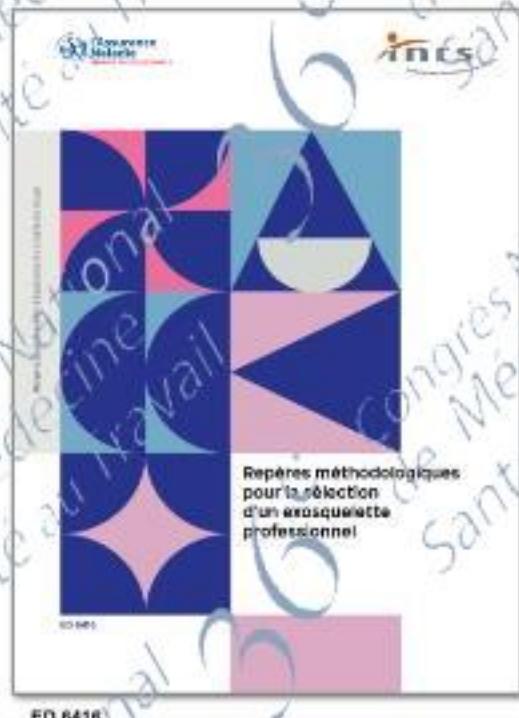
INRS

EXO  
SOS-1

## Méthode



## Complémentarités des méthodes

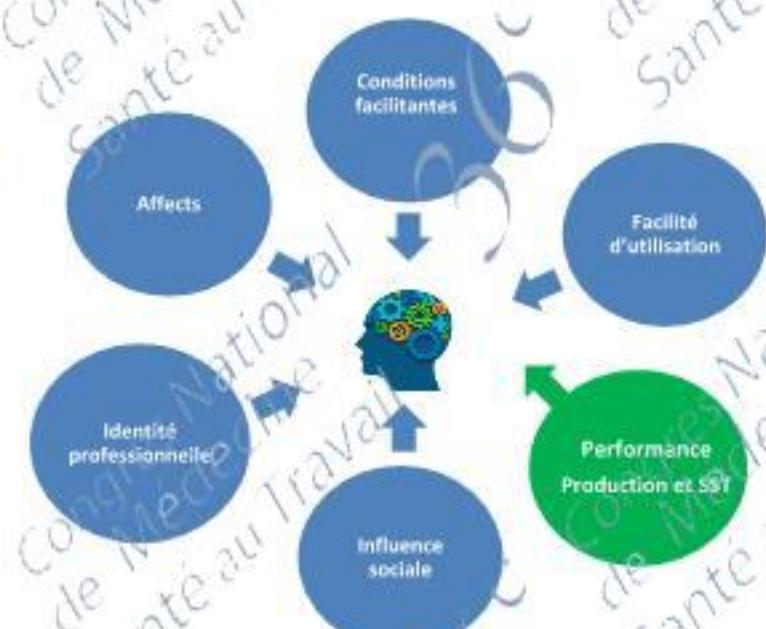


## Complémentarités des méthodes



Acceptabilité

Acceptation



Modèle de l'acceptation (INRS)

# « Exosquelettes Professionnels : Rôles et besoins des services de santé au travail pour leur intégration en entreprise – étude qualitative »

Agnès Gallet thèse d'exercice en médecine (Octobre 2020)



## Rôle des services de santé



Université Claude Bernard Lyon 1



The INRS logo consists of the letters "inrs" in a stylized font, with a small orange circle above the letter "i".

100

## **Les exosquelettes pour prévenir les troubles musculosquelettiques et rôle des services de santé au travail**



L

Le travail dans le secteur des assurances et de l'assurance maladie (TSM) fait l'objet d'un diagnostic en ce qui concerne les départs de personnes âgées. Ces derniers sont en effet plus nombreux que dans la moyenne nationale. Cependant, il existe des éléments de base pour prévoir leur évolution future. Les documents de prospective peuvent être utilisés pour évaluer les tendances à venir et pour aider à la planification.

## Rôle des services de santé



- MT et IDEST prêts à s'investir
- Expertise médicale et veille sanitaire
- Travailler en collaboration
- Le suivi : étape essentielle et spécifique



## POSITIONNEMENT

« ... on a des informations des pathologies ...  
on peut alerter ... »

« ... rôle de coordination... »

« ... C'est le cœur de notre travail le suivi ... »

## Rôle des services de santé



- Mode d'emploi – Posologie
- Retentissements sur la santé – Restrictions – Suivi
- Intégration – Familiarisation – Acceptation

## BESOINS – PRÉOCCUPATIONS



Des informations existantes à valoriser (Theurel 2019, Bury 2019 ...) / Des recherches à mener

## Complémentarités des méthodes et des outils



INRS / Actualités / Démarches de prévention / Risques / Métiers et secteurs d'activité / Services aux entreprises / Publications et outils

Rechercher sur le site

### EXOSQUELETTES

SOMMAIRE DU DOSSIER

- Dossiers thématiques
- Identifier les risques pour la prévention
- Points de vue
- Publications et conseils

#### Foire aux questions

Questions - Réponses sur les exosquelettes

Des réponses aux questions les plus fréquemment posées sur les exosquelettes

#### Acquisition d'un exosquelette

- 1. Combien coûte un exosquelette ?
- 2. Quel est le poids d'un exosquelette ?
- 3. Quelle est la durée de vie d'un exosquelette et quels sont les besoins de maintenance ?
- 4. Combien d'exosquelettes sont actuellement disponibles sur le marché ? L'offre évolue-t-elle ?
- 5. Existe-t-il des systèmes de location longue durée d'exosquelettes ?
- 6. Existe-t-il des aides accordées aux petites entreprises pour le financement d'exosquelettes ?



# **DE LA CONCEPTION AU DÉPLOIEMENT... POINTS DE REPÈRES POUR LA PRÉVENTION**

Occupational exoskeletons: A roadmap toward large-scale adoption. Methodology and challenges of bringing exoskeletons to workplaces

James A. Lewis<sup>a</sup>, Philip B. Stahl<sup>b</sup>, Michael DeLoach<sup>c</sup>, Gaurav D. Patel<sup>d</sup>, Kenneth Goss<sup>e</sup>, Timothy Kortuem<sup>f</sup>, David Mirello<sup>g</sup>, Joseph M. O'Sullivan<sup>h</sup>, Leslie Proffit<sup>i</sup>,  
Carmen R. Pava<sup>j</sup>, Pauline P. Vaidya<sup>k</sup>, and Jennifer R. Wixson<sup>l</sup>,<sup>m</sup>

<sup>a</sup>Human Factors and Safety Division, Battelle Seattle Research Center, Seattle, Washington, USA  
<sup>b</sup>DOE's National Energy Technology Laboratory, Pittsburgh, Pennsylvania, USA  
<sup>c</sup>University of Michigan School of Medicine, Ann Arbor, Michigan, USA  
<sup>d</sup>DOE's National Energy Technology Laboratory, Morgantown, West Virginia, USA  
<sup>e</sup>DOE's National Energy Technology Laboratory, Pittsburgh, Pennsylvania, USA  
<sup>f</sup>DOE's National Energy Technology Laboratory, Albany, New York, USA  
<sup>g</sup>DOE's National Energy Technology Laboratory, Cincinnati, Ohio, USA  
<sup>h</sup>DOE's National Energy Technology Laboratory, Golden, Colorado, USA  
<sup>i</sup>DOE's National Energy Technology Laboratory, Washington, DC, USA  
<sup>j</sup>DOE's National Energy Technology Laboratory, Pittsburgh, Pennsylvania, USA  
<sup>k</sup>DOE's National Energy Technology Laboratory, Albany, New York, USA  
<sup>l</sup>DOE's National Energy Technology Laboratory, Pittsburgh, Pennsylvania, USA  
<sup>m</sup>DOE's National Energy Technology Laboratory, Washington, DC, USA

**Abstract:** This paper presents a methodology for bringing exoskeletons to the workplace. The methodology is based on a review of the literature on the design and implementation of exoskeletons in the workplace. The methodology is divided into three phases: planning, implementation, and evaluation. The planning phase involves identifying the needs of the organization, determining the requirements for the exoskeleton, and developing a plan for implementation. The implementation phase involves the actual deployment of the exoskeleton, monitoring its performance, and making any necessary adjustments. The evaluation phase involves assessing the effectiveness of the exoskeleton, identifying areas for improvement, and making recommendations for future implementation. The methodology is intended to provide a structured approach to the implementation of exoskeletons in the workplace.

**Keywords:** exoskeletons, workplace, implementation, methodology, planning, implementation, evaluation

Simona Crea & al, 2021

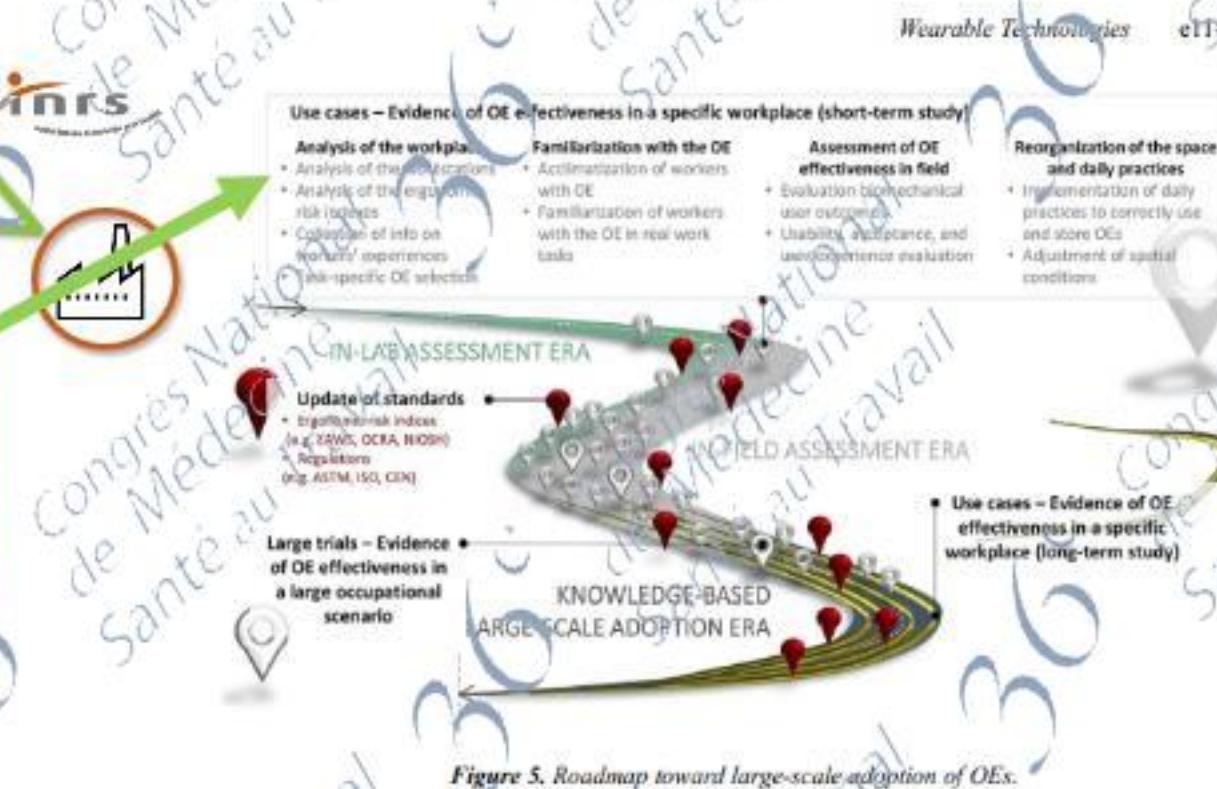
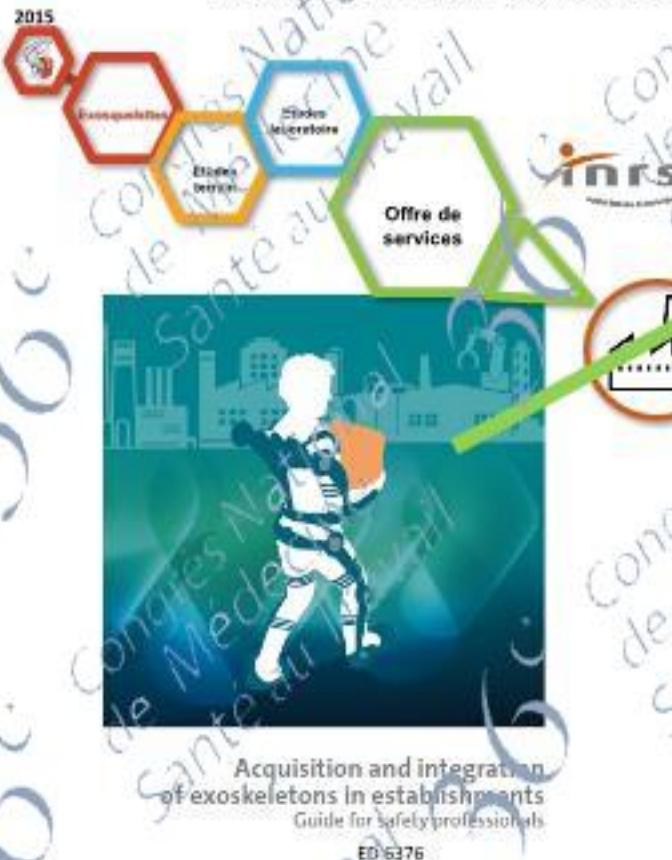
*The following 1978 legislative session, the Senate Select Committee on Environment and Natural Resources, under the chairmanship of Senator John C. Danforth, recommended the following principles to guide the Senate in its consideration of the environmental legislation introduced during the 1979 legislative session.*



**Figure 5.** Roadmap toward large-scale adoption of OEs.

# DE LA CONCEPTION AU DÉPLOIEMENT...

## POINTS DE REPÈRES POUR LA PRÉVENTION





## S'informer en amont

Décrypter les idées reçues



ED 6295

Approfondir ses connaissances



ED 6311

Identifier les risques



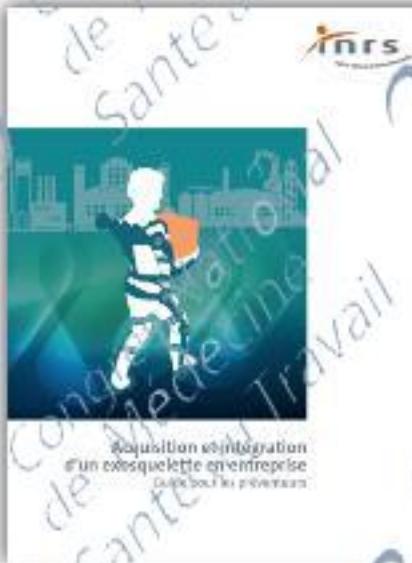
NT 62



Infographie

## → Agir en entreprise

Structurer sa démarche d'acquisition et d'intégration



Evaluer l'acceptabilité /  
Accompagner l'acceptation



Rôle des services de santé



L'essentiel à retenir avant  
l'acquisition d'un exosquelette



# Une offre d'information complète

→ Une FAQ : <https://www.inrs.fr/risques/exosquelettes/faq.html>

## Acquisition d'un exosquelette

- + 1. Combien coûte un exosquelette ?
- + 2. Quel est le poids d'un exosquelette ?
- + 3. Quelle est la durée de vie d'un exosquelette et quelles sont les besoins de maintenance ?
- + 4. Combien d'exosquelettes sont actuellement disponibles sur le marché ? L'offre évolue-t-elle ?
- + 5. Existe-t-il des systèmes de location longue durée d'exosquelettes ?

## Performance

- + 15. Le recours aux exosquelettes ne risque-t-il pas d'entraîner une hausse de la durée d'inactivité ?
- + 16. Dans l'état actuel des connaissances, quelles sont les gainées pour lesquelles un exosquelette apporte le plus de bénéfices ?

## Port de charges

- + 17. Avec le recours aux exosquelettes, peut-on envisager d'augmenter le poids des charges manipulées ?
- + 18. Les exosquelettes peuvent-ils aider à porter des objets lourds (supérieurs à 16 kg) ?

## Statut des exosquelettes

- + 1. Les exosquelettes sont-ils des équipements de protection individuelle ?
- + 2. Les exosquelettes sont-ils des équipements de protection collective ?
- + 3. Ces travaux de norme sont-ils visant à encadrer la conception et l'utilisation d'exosquelettes en cours ?

## Risques et effets sur la santé

## Accompagnement et formation des salariés

- + 26. Comment favoriser l'acceptation des exosquelettes ?
- + 26. Combien de temps faut-il pour s'adapter à l'utilisation d'un exosquelette ?
- + 27. Une formation spécifique sur les accidents impliquant un exosquelette est-elle nécessaire pour les Sauveteurs secouristes du travail ? L'IUT ou proposera-t-il des formations sur l'utilisation des exosquelettes ?

## Organisation

- + 28. L'intégration d'un exosquelette peut-il avoir des conséquences collectives de travail ?
- + 29. Un exosquelette mis au point pour un salarié est-il utilisable par d'autres salariés ?

## Environnement et situations de travail

- + 19. Des exemples d'integrations réussies d'exosquelettes ont-ils été observés ?
- + 20. L'exosquelette est-il adapté au travail en zone Atex (atmosphère explosive) ?
- + 21. Les exosquelettes ont-ils un impact dans le cadre du maintien dans l'emploi ? Y-a-t-il des contre-indications au port d'un exosquelette vis-à-vis d'une pathologie ou d'un handicap ?
- + 22. Existe-t-il des équipements adaptés aux aides-sécurité ? En particulier, ces dispositifs qui permettent de soulager les salariés exposés aux manutentions de charges. Sont-ils adaptés à la mobilisation des personnes ?
- + 23. A-t-on des retours d'expérience sur l'intégration d'exosquelette dans le secteur du BTP ?
- + 24. Du point de vue de l'hygiène alimentaire, les exosquelettes sont-ils adaptés au secteur de l'agro-alimentaire ?

# UNE APPROCHE MULTIDISCIPLINAIRE

**Construire connaissances et repères dans l'action**



2012/2013

2015

2016

2017

2018

2019

2022

2023

**Etude  
Prospective**

**Etat des lieux Equipe pluridisciplinaire**  
(Réseau prévention)  
(AFNOR)

**1<sup>ère</sup> Campagne d'information**  
(CARSAT, Entreprises, SST)

(Recherche, Veille Technologique, Normalisation, Assistance, Communication)

## A vous de tester





36<sup>e</sup>

## Congrès National de Médecine & Santé au Travail

Du 14 au 17 juin 2022  
Palais de la Musique et des  
Congrès de **Strasbourg**

Merci de votre attention



36<sup>e</sup>

## Congrès National de Médecine & Santé au Travail

Du 14 au 17 juin 2022  
Palais de la Musique et des  
Congrès de Strasbourg

### Atelier pré-congrès- Exosquelette et TMS

Points de repères : de la caractérisation du besoin au déploiement

Jean-Jacques ATAIN KOUADIO et Mathilde SCHWARTZ

Département Homme au Travail (INRS)





