



**Laurent
KERANGUEVEN**



**Emmanuelle
TURPIN-LEGENDRE**

Journée Technique INRS



**Une démarche d'acquisition et d'intégration d'un
exosquelette en entreprise**

Exosquelettes au travail : Comment s'y préparer ?

Vidéo Animation



Exosquelettes au travail :
comment s'y préparer ?

Proposition d'une méthodologie d'action



JJ. Atain Kouadio



L. Kerangeven



E. Turpin-Legendre

Triple objectifs



(ED 6315, INRS)

- Aider les préventeurs à 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
- Créer les conditions permettant l'intégration optimale de l'exosquelette dans la situation de travail et l'acceptation de la technologie par les utilisateurs

Mise en œuvre de la méthode

Se poser collectivement les bonnes questions



- Démarche participative qui mobilise la direction et l'ensemble des acteurs concernés
- Elaboration d'un "groupe pluridisciplinaire" : direction, production, qualité, instances représentatives du personnel, service de santé au travail, préventeurs, opérateurs, etc.

Les missions du groupe

- S'assurer que les **principes généraux de prévention** sont respectés ;
- Elaborer un **cahier des charges** ;
- S'assurer que l'exosquelette correspond aux **besoins d'assistances physiques identifiés** ;
- Garantir les **conditions de réussite de l'intégration** de l'exosquelette ;
- **Evaluer les risques** liés à l'usage de l'exosquelette ;
- Evaluer **régulièrement les conditions d'usage** de l'exosquelette.

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



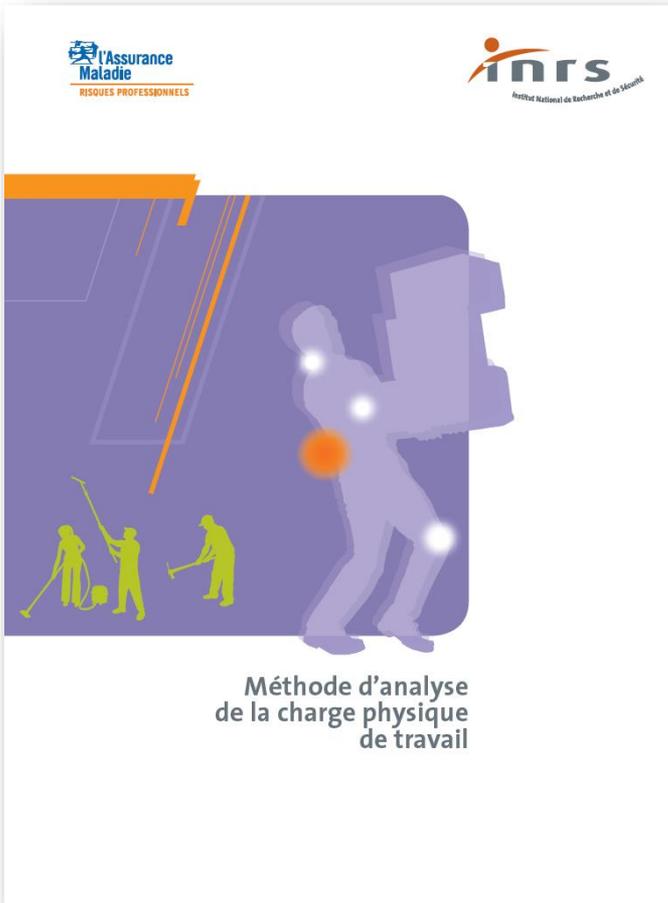
Phase 1



Aide à la décision

Analyser la charge physique de travail dans l'entreprise

Identifier les facteurs de risques et agir sur leur causes



ED 6161

- **Phase 1** : Repérage et hiérarchisation de la charge physique dans la structure
- **Phase 2** : Analyse approfondie de la charge physique de travail
- **Phase 3** : Recherche de pistes de prévention
- **Phase 4** : Evaluation des actions de prévention



Identifier les tâches nécessitant une assistance physique spécifique

Exosquelettes = solutions de prévention ?

Les questions préalables à se poser



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 ?

Caractérisation du besoin d'assistance physique

Analyse de l'activité

IDÉE REÇUE N°7

«LES EXOSQUELETTES SONT ADAPTÉS À
TOUTES LES SITUATIONS DE TRAVAIL.»

Ah non, par exemple, pour peindre
les détails... C'est un carnage !



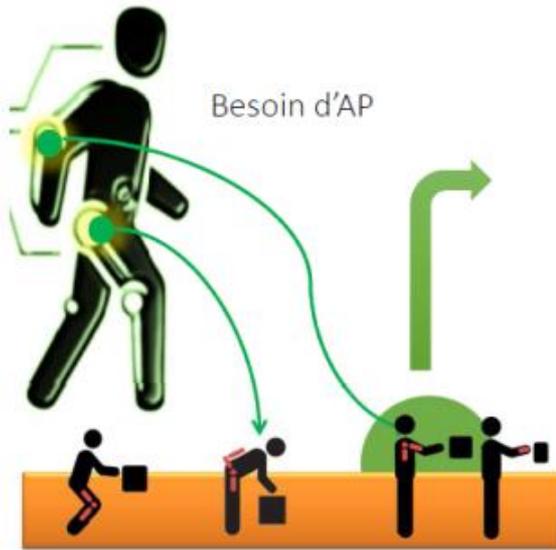
© Yvain de Castelbajac pour l'INRS

Spécificités de la tâche de travail ?

- Identification des zones à soulager
- Description des caractéristiques physiques
- Description des caractéristiques de l'environnement
- Description de l'organisation du travail

Caractérisation des fonctions de l'exosquelette

Intégrer des critères objectifs dans le cahier des charges



- Intentions de départ
- 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



Impliquer l'utilisateur final !



Phase 2



Evaluation de l'interaction Homme - exosquelette

Prendre en compte les nouveaux risques

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

Exosquelettes au travail : 6 points de vigilance

Les exosquelettes peuvent soulager les opérateurs mais... leur usage n'est pas sans risque.

1 Les frottements et les pressions répétées de l'exosquelette sur certaines parties du corps peuvent être à l'origine d'**INCONFORT ET/OU D'IRRITATIONS DE LA PEAU.**

2 Certaines activités réalisées à l'aide d'exosquelettes exigent une attention accrue qui peut s'accompagner d'une **AUGMENTATION DU STRESS.**

3 Les exosquelettes, de par leur encombrement et leur structure, présentent des **RISQUES DE COLLISION** avec une tierce personne ou des éléments de l'environnement.

4 Les exosquelettes sont susceptibles de modifier la perception des efforts et d'entraver les gestes, ce qui peut se traduire par un **DÉSÉQUILIBRE ET/OU DES MOUVEMENTS INCONTRÔLÉS.**

5 L'usage des exosquelettes modifie la répartition des efforts et peut ainsi contribuer à l'apparition de **NOUVELLES CONTRAINTES BIOMÉCANIQUES**, facteurs de risque de troubles musculosquelettiques (TMS).

6 Le poids des exosquelettes et la gêne associée lors de la réalisation de certains mouvements peuvent conduire à une **AUGMENTATION DES SOLlicitATIONS CARDIOVASCULAIRES.**

Pour en savoir plus : www.inrs.fr/exosquelettes

inrs
Institut National de Recherche et de Sécurité

<http://en.inrs.fr/news/exosqueletons-6-critical-points.html>

Proposition de critères d'évaluation

- **L'appropriation** : l'opérateur s'approprie l'équipement dans son environnement de travail
Fluidité du mouvement, durée de réalisation de la tâche, ...
- **L'utilité** : la tâche est réalisée avec succès
Tenue du temps de cycle, respect de la qualité de l'opération, ...
- **L'utilisabilité** : la facilité d'emploi de l'équipement
Facilité de mise en place, de réglages, d'utilisation, de maintenance, ...
- **L'impact** : effets sur les stratégies opératoires de l'utilisateur, sur l'environnement et le collectif de travail
Contraintes physiques, répartition temporelle des tâches, ...
- **La sécurité** : les risques pour la sécurité de l'opérateur, les collègues et l'environnement
Risques de blessures, dégradation de l'exosquelette, ...

La prise en compte du **ressenti des opérateurs** est indispensable pour chacun des critères

Favorise l'acceptation

Outils d'évaluation

Quels outils choisir pour l'évaluation ?

Choix en fonction des critères d'évaluation retenus, des dimensions mesurées par les outils et des moyens à engager

Critères d'évaluation	Outils	Dimensions	Moyens
Utilité, utilisabilité, impact	Cardiofréquencemétrie	Mesure de la FC* (dépense énergétique, astreinte cardiaque, thermique, ...)	Formation nécessaire, 1 personne, 5 min de temps de préparation, ...
Appropriation, utilité, impact	Questionnaire nordique	Quantifie la douleur et la gêne perçues	Sans formation, , 1 personne, aucun temps de préparation, ...
...

* FC : fréquence cardiaque

Elaborer un protocole d'évaluation

- **Définir l'échantillonnage** : nombre suffisant d'opérateurs
- **Organiser le protocole des prises de mesures** : prévoir les phases de familiarisation et d'apprentissage de l'exosquelette. Comparer avec et sans exosquelette lors de la phase tests. Quels critères ?
- **Etablir le planning** : organiser les prises de mesures
- **Recruter les volontaires** : présenter le projet aux opérateurs
- **Informers les acteurs** : présenter le projet à l'ensemble des participants
- **Restituer et discuter les résultats**

Réalisation de l'évaluation

Apprentissage **hors** situation réelle de travail

1 / Familiarisation au dispositif



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

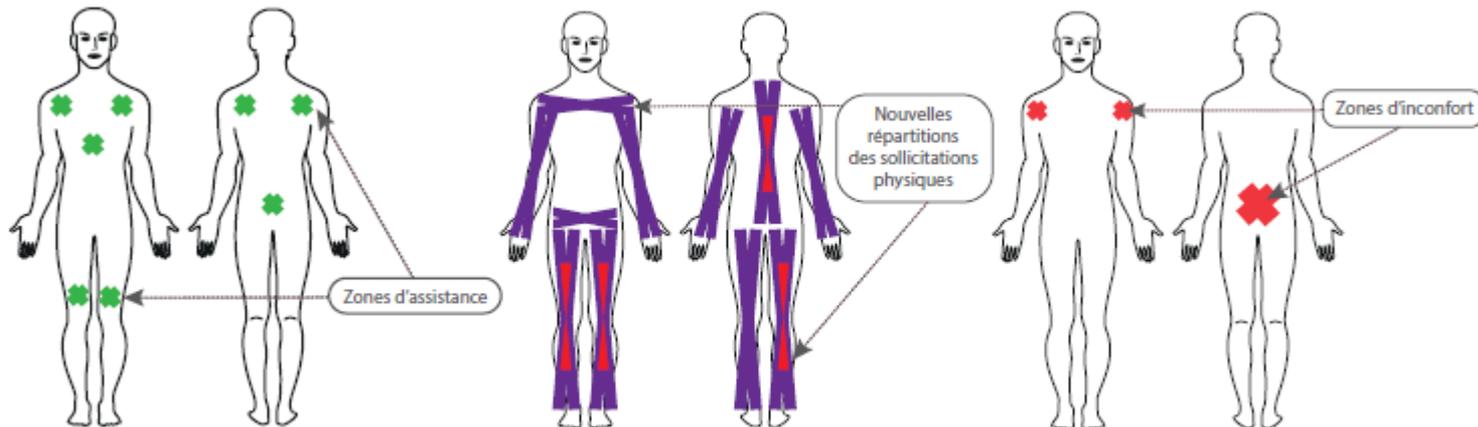


Schéma corporel

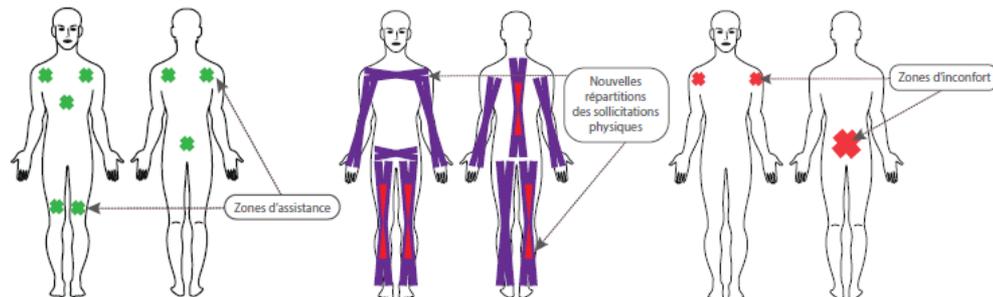
Réalisation de l'évaluation

Apprentissage **hors** situation réelle de travail

2 / Apprentissage de la tâche reproduite



- Confronter Exo – Tâche – Environnement
- Reconfigurer si besoin la situation de travail reproduite
- Identifier les zones d'assistances, les nouvelles répartitions physiques, l'inconfort, ...



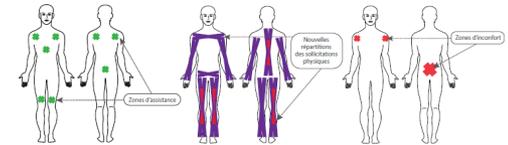
Décision d'intégrer l'exosquelette en situation réelle

Réalisation de l'évaluation

Apprentissage en situation réelle de travail

Finalisation de l'apprentissage

- Confronter Exo – Tâche – Environnement
- Adapter si besoin la situation de travail réelle
- Identifier les zones d'assistances, les nouvelles répartitions physiques, l'inconfort, ...



Phase tests

- Les critères d'évaluation et les outils ont été sélectionnés
- Réalisation de la tâche sans exosquelette
- Réalisation de la tâche avec exosquelette

Interprétation des résultats



Décision d'intégrer ou non l'exosquelette

Phase 1
Aide à la décision

Phase 2
Evaluation de l'interaction Homme-Exosquelette

Phase 3
Retour d'expérience

Phase 3



Retour d'expérience

Evaluation à court, moyen et long terme

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, ...)

Intégration d'un exosquelette **encore** adapté





M

erci pour votre attention

LAURENT KERANGUEVEN
EMMANUELLE TURPIN-LEGENDRE