



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Prévention des TMS: Outil CAPTIV et exosquelettes

Congrès de la SELF 2023 :
Le 18 octobre 2023
16h-17h30



Financé par
l'Union européenne



Sommaire

- 1. Présentation des Partenaires de la Prévention 974**
- 2. Réduire les efforts, l'exosquelette est-il une solution?**
Xavier FAREL , CGSS
- 3. CAPTIV**
Laurent THIERY, IUT

#1

Présentation des Partenaires de la Prévention 974



Les partenaires de la prévention 974

Une approche globale de la Prévention - Pluridisciplinaire

Services de prévention et Santé au Travail

SISTBI – INTERMETRA
CDG, services autonomes



<https://www.sistbi.re/>



Deets

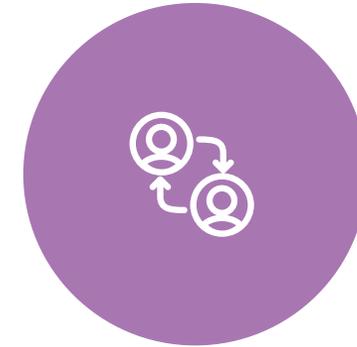
Inspection du Travail

CGSS

Contrôleurs de Sécurité
Risques Professionnels
[INRS](https://www.inrs.fr/)



<https://www.cgss.re/>



Aract Réunion

Anact-Aract

<https://reunion.aract.fr/>



Financé par
l'Union européenne

Les partenaires de la prévention 974

Proposer une offre globale d'appui et d'accompagnement aux acteurs internes de la Prévention en Entreprise



Académie de La Réunion

CMAR
CCIR

Preventionpro974.re
www.preventionpro974.re

<https://www.preventionpro974.re/agenda/>

<https://www.preventionpro974.re/conseils-outils/conseils/>

<https://www.artisanat974.re>
<https://reunion.cci.fr>

<https://www.ac-reunion.fr/sante-et-secuarite-au-travail>



Financé par
l'Union européenne

Les partenaires de la prévention 974

Quelques dates clés

1999

2012

2017

2019

2023

**Charte des
Partenaires**

Pour mieux
coordonnées les
actions

Mise en ligne du site

<https://www.prevention-pro974.re/>

**Création et
lancement des
réseaux**

<https://www.prevention-pro974.re/conseils-outils/outils/>

Convention RPS

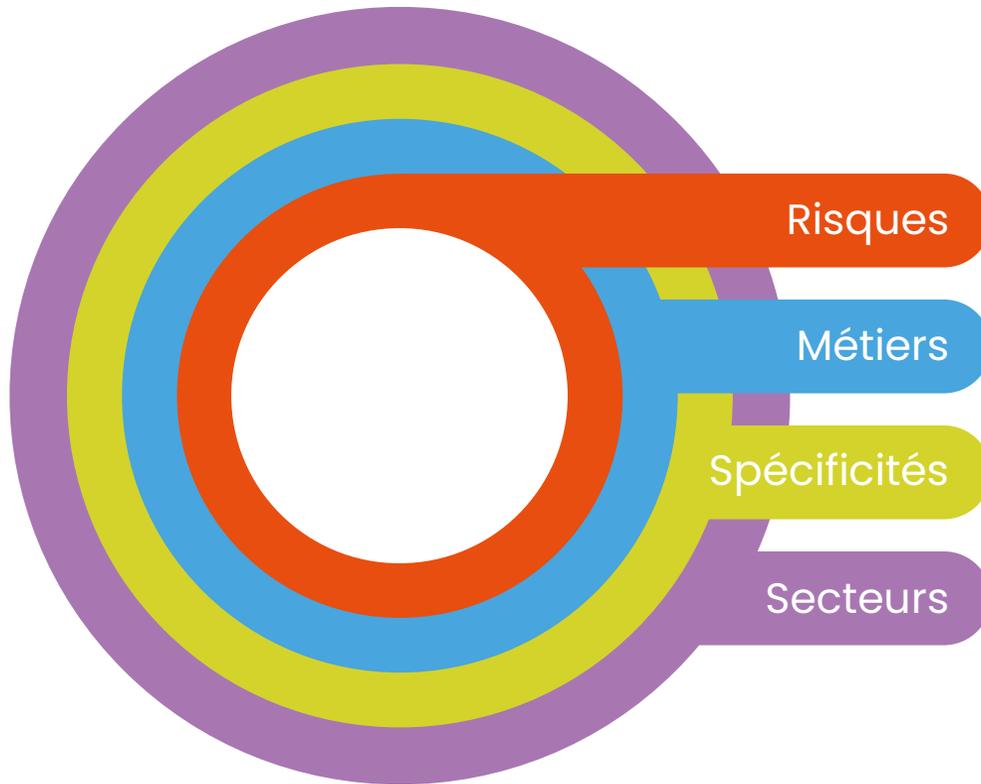
<https://www.prevention-pro974.re/conseils-outils/conseils/>

Réseau Ergonomes



Les partenaires de la prévention 974

Actions



CMR, Inaptitude, TMS, Vieillesse, Sécurité, Conception des locaux, Désinsertion, Radioprotection, Accident du travail, DUERP, Risque routier, Risque chimique, Amiante, HAP, Travaux en hauteur, RPS, Chutes, Addiction, Benzène, Nanomatériaux, Perturbateurs endocriniens ...

CSPS, Dirigeants, Peintre en carrosserie, Soudeurs, Bouchers en grande distribution, Carreleurs, SDCP, IPRP, CHSCT/CSE, Acteurs relais ...

Ateliers métalleries, Réparations automobile, Quincailleries, Collecte de déchets, Béton prêt à l'emploi, concassage, Elagage, Chaîne logistique, Interim

Aide à la personnes, Métiers du bois, Métiers de l'automobile, Transports de marchandise/voyageurs, BTP, Restauration, Métiers de la propreté, Care (soins), Distributions, Spectacle vivant ...

#2

Réduire les efforts, l'exosquelette est-il une solution?

Xavier FAREL, CGSS



Financé par
l'Union européenne

REDUIRE LES EFFORTS, L' EXOSQUELETTE EST-IL UNE SOLUTION ?

Le 18 octobre 2023





1. DÉFINITIONS

2. 10 IDÉES REÇUES SUR LES EXOSQUELETTES

3. ACQUISITION ET INTÉGRATION D'UN EXOSQUELETTE DANS L'ACTIVITÉ DE TRAVAIL

4. POUR ALLER PLUS LOIN...



DÉFINITIONS



Exosquelette d'assistance physique : structure technique qui double celle du squelette humain dans le but de l'assister dans la réalisation d'une tâche ou d'une activité.

Des applications sont possibles et ont été testées dans le domaine militaire, pour des applications médicales, dans le monde du travail de différents types d'industries, voire pour des applications domestiques ou de la vie de tous les jours

Dispositifs d'assistance physique (DAP) : assistance physique générée par un principe de restitution d'énergie mécanique (ressorts, élastiques,...)

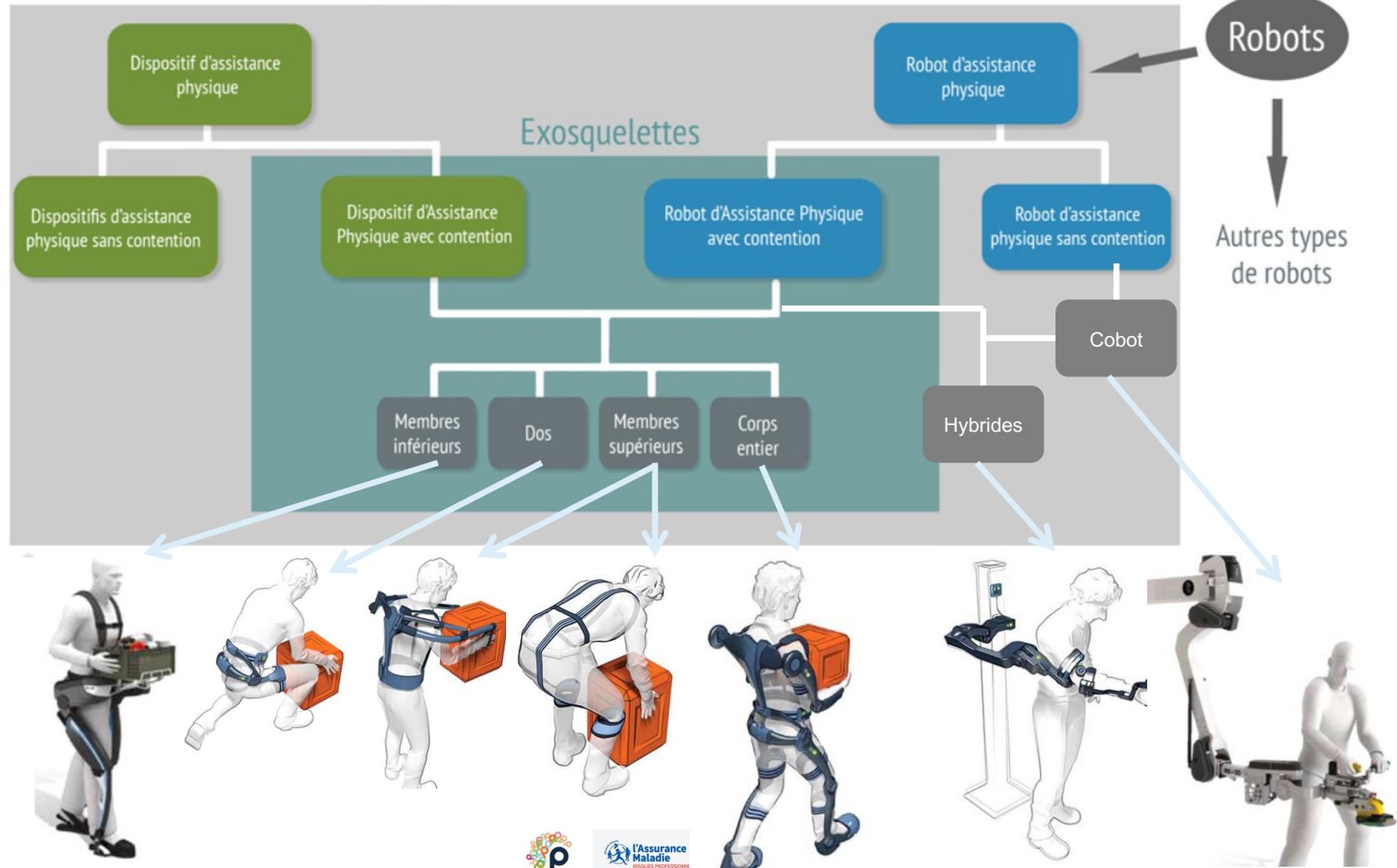
→ Technologies « passives » non robotisées

Robots d'assistance physique (RAP) : assistance physique produite par un système robotisé (couple commande-moteur)

DEFINITIONS



Nouvelles technologies d'assistance physique





10 IDÉES REÇUES

IDÉE REÇUE N°1 : LES EXOSQUELETES SONT TOUS DES ROBOTS

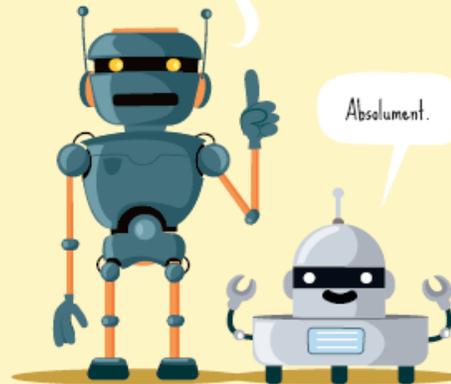


IDÉE REÇUE N°1

«LES EXOSQUELETES SONT TOUS DES ROBOTS.»

VRAI FAUX

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



Absolument.

IDÉE REÇUE N°2 : LES EXOSQUELETES SONT LA SOLUTION CONTRE LES RISQUES DE TMS



IDÉE REÇUE N°2

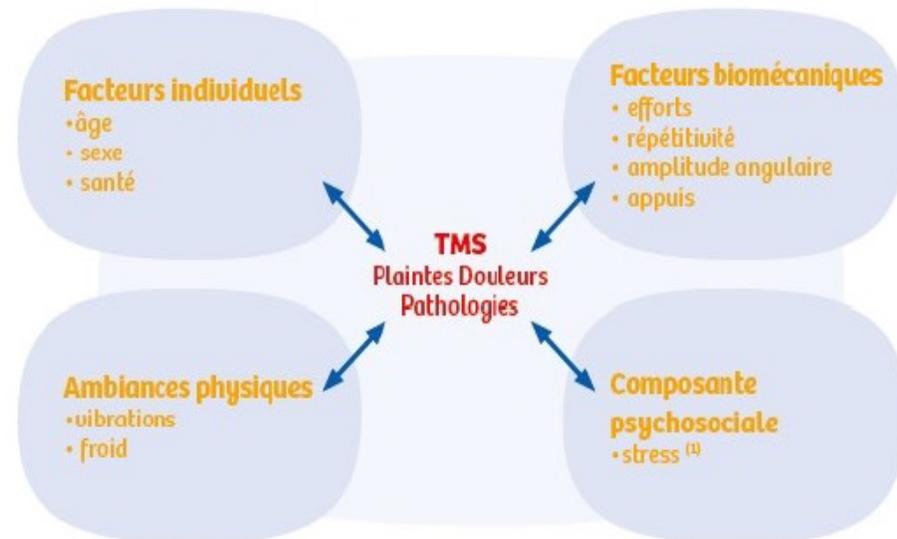
«LES EXOSQUELETES SONT LA SOLUTION CONTRE LES RISQUES DE TROUBLES MUSCULOSQUELETTIQUES.»

VRAI FAUX

Par contre, il me rend bien des services !

=> Les exosquelettes peuvent contribuer à limiter certains facteurs de risques des TMS mais pas tous.

Facteurs de risques des TMS



IDÉE REÇUE N°3 : LES EXOSQUELETTES LIMITENT LES EFFORTS PHYSIQUES



IDÉE REÇUE N°3

«LES EXOSQUELETTES LIMITENT
LES EFFORTS PHYSIQUES.»

VRAI FAUX





IDÉE REÇUE N°4

«LES EXOSQUELETTES AUGMENTENT LA FORCE DU SALARIÉ.»

VRAI FAUX

Je ne sais pas ce qu'il se passe... À chaque fois que je m'équipe, je me transforme.



Facteurs biomécaniques:

- Amplitude
- Effort **Répartition**
- Répétitivité
- Appuis

IDÉE REÇUE N°5 : LES EXOSQUELETTES CONVIENNENT À TOUS LES SALARIÉS



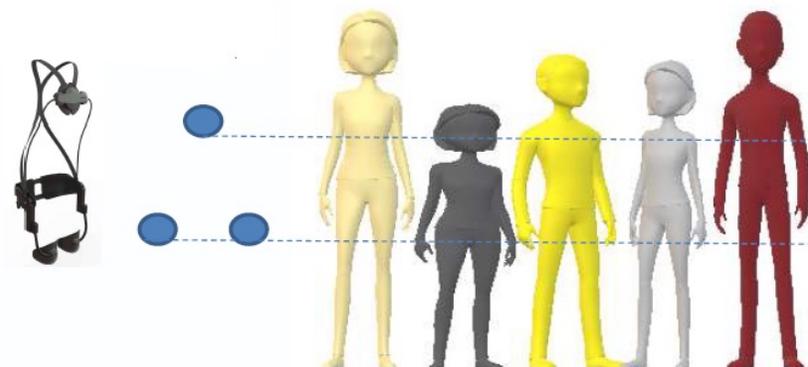
IDÉE REÇUE N°5

«LES EXOSQUELETTES CONVIENNENT À TOUS LES SALARIÉS.»

VRAI FAUX



Variabilité interindividuelle



IDÉE REÇUE N°6 : LES EXOSQUELETES NE PRÉSENTENT AUCUN RISQUE POUR LES SALARIÉS



IDÉE REÇUE N°6

«LES EXOSQUELETES NE PRÉSENTENT AUCUN RISQUE POUR LES SALARIÉS.»

VRAI FAUX



IDÉE REÇUE N°7 : LES EXOSQUELETTES SONT ADAPTÉS A TOUTES LES SITUATIONS DE TRAVAIL



IDÉE REÇUE N°7

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

VRAI FAUX

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



IDÉE REÇUE N°8 : LES EXOSQUELETES SONT IMMÉDIATEMENT UTILISABLES EN SITUATION DE TRAVAIL



IDÉE REÇUE N°8

«LES EXOSQUELETES SONT IMMÉDIATEMENT UTILISABLES EN SITUATION DE TRAVAIL.»

VRAI FAUX

Euh... Envoyez la sécurité, Régis est resté coincé avec son exosquelette.



Aménagement
(espace,
circulation)

Réorganisation
(temps
d'équipement,
temps de
réalisation de la
tâche...)



- Formation aux conditions d'utilisation (réglages, risques potentiels, restriction d'usage, ...)
- Phase de test hors situation de production
 - Phase de test en situation réelle



IDÉE REÇUE N°10 : LES EXOSQUELETES SONT DES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE



IDÉE REÇUE N°10

« LES EXOSQUELETES SONT DES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE. »

VRAI FAUX



Équipement de Protection Individuelle

Le fabricant démontre que l'équipement apporte une protection contre un risque

« Examen CE de type » effectué par un organisme notifié



ACQUISITION ET INTÉGRATION D'UN EXOSQUELETTE EN ENTREPRISE

3 PHASES



PHASE 1

CHOIX DE L'EXOSQUELETTE

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

PHASE 1 : CHOIX DE L'EXOSQUELETTE



Analyse de la charge physique de travail et recherche de pistes de prévention

Description détaillée des tâches pouvant bénéficier d'une assistance physique

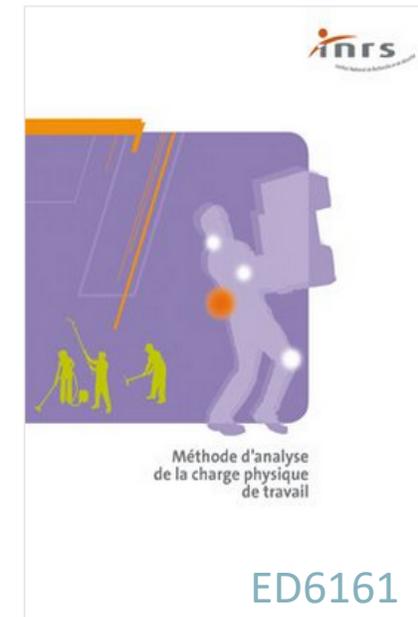
Validation collective des caractéristiques de l'exosquelette
→ Cahier des charges

PHASE 1 : CHOIX DE L'EXOSQUELETTE



Etape 1 Analyse de la charge physique de travail

- Repérage des situations de travail
 - Document unique d'évaluation des risques
 - Plaintes des salariés
 - Diagnostic TMS
- Analyse approfondie de la charge physique
 - Efforts physiques,
 - Dimensionnement de la situation de travail
 - Contraintes temporelles
 - Facteurs environnementaux
 - Caractéristiques de l'organisation de travail



PHASE 1 : CHOIX DE L'EXOSQUELETTE



➤ Recherche de solution de prévention

Les 9 principes généraux de prévention

- 1 Éviter les risques, c'est supprimer le danger ou l'exposition au danger.
- 2 Évaluer les risques, c'est apprécier l'exposition au danger et l'importance du risque afin de prioriser les actions de prévention à mener.
- 3 Combattre les risques à la source, c'est intégrer la prévention le plus en amont possible, notamment dès la conception des lieux de travail, des équipements ou des modes opératoires.
- 4 Adapter le travail à l'homme, en tenant compte des différences interindividuelles, dans le but de réduire les effets du travail sur la santé.
- 5 Tenir compte de l'évolution de la technique, c'est adapter la prévention aux évolutions techniques et organisationnelles.
- 6 Remplacer ce qui est dangereux par ce qui l'est moins, c'est éviter l'utilisation de procédés ou de produits dangereux lorsqu'un même résultat peut être obtenu avec une méthode présentant des dangers moindres.
- 7 Planifier la prévention en intégrant technique, organisation et conditions de travail, relations sociales et environnement.
- 8 Donner la priorité aux mesures de protection collective et n'utiliser les équipements de protection individuelle qu'en complément des protections collectives si elles se révèlent insuffisantes.
- 9 Donner les instructions appropriées aux salariés, c'est former et informer les salariés afin qu'ils connaissent les risques et les mesures de prévention.



PHASE 1 : CHOIX DE L'EXOSQUELETTE

Etape 2

Description détaillée des tâches nécessitant une assistance physique spécifique

- Nécessité de connaître finement l'activité de travail :
 - Quelles contraintes musculaires ? Effort physique ?
 - Quelles postures ?
 - Activité statique ou dynamique ?
 - Poids de charges manipulées ?
 -



Maintien statique (ou quasi-statique) des bras en hauteur



Maintien statique (ou quasi-statique) du tronc en position inclinée vers l'avant



Maintien statique (ou quasi-statique) du tronc en position inclinée vers l'avant



PHASE 1 : CHOIX DE L'EXOSQUELETTE



ED6315

Tâche			
Description détaillée de la tâche			Remarques
Identification des zones à soulager	Localisation des plaintes (douleurs, gênes, engourdissement) ▶ situer sur les schémas leur localisation		
	AT/MP		
Description des caractéristiques physiques (efforts, postures...)	Manutention manuelle/ Port de charges		
	Postures : – postures dynamiques – postures statiques prolongées		
	Utilisation d'outils ou d'équipements		
Description des caractéristiques de l'environnement	Configuration de l'espace de travail (dimensionnement, circulation...)		
	Ambiances physiques de travail (température, humidité...)		
	Sol (qualité des sols, dénivelés...)		
	Équipements de protection (individuels et collectifs)		
Description de l'organisation du travail	Travail individuel ou en équipe		
	Possibilités de pauses		



PHASE 1 : CHOIX DE L'EXOSQUELETTE

Etape 3 Validation collective des caractéristiques de l'exosquelette

➤ Définition du **cahier des charges** avec des critères objectifs

Quelles sont les intentions de départ ?	<ul style="list-style-type: none">▶ Retour au travail de personnes à restriction médicale.▶ Supprimer une contrainte spécifique à un poste.▶ Apporter une aide globale à l'opérateur.	Quelles sont les conditions de réalisation de la tâche à considérer avec l'exosquelette ?	<ul style="list-style-type: none">▶ Objectifs de production.▶ Contraintes environnementales auxquelles le dispositif sera confronté (température, humidité, environnement poussiéreux, utilisation en extérieur et donc soumis aux intempéries...).▶ Contraintes organisationnelles (séquençage de l'activité, rythme de travail, relations avec les collègues...).
Quels sont les apports et limites ?	<ul style="list-style-type: none">▶ L'exosquelette permet de répondre aux contraintes de l'activité listées dans la fiche (voir <i>Fiche-tâche – étape 2</i>).▶ L'exosquelette risque de faire apparaître de nouvelles contraintes qui doivent être anticipées (par exemple, augmentation des sollicitations biomécaniques, modification de l'organisation du travail...).	Quels sont les besoins de réglages spécifiques de l'exosquelette pour prendre en compte la variabilité des tâches et la variabilité interindividuelle des opérateurs ?	<ul style="list-style-type: none">▶ Réglages faciles à utiliser.▶ Zones de fixation à éviter ou à privilégier en fonction des caractéristiques des différents utilisateurs (taille, genre, âge...) et de l'utilisation d'équipements de protection individuels (EPI).▶ Réglage de l'intensité de l'assistance en fonction des tâches à réaliser.
Quelles zones corporelles nécessitent une assistance ?	<ul style="list-style-type: none">▶ Membres supérieurs.▶ Dos.▶ Membres inférieurs.▶ Corps entier.		
Quelles sont les fonctions d'assistance souhaitées pour l'exosquelette ?	<ul style="list-style-type: none">▶ Élévation des membres supérieurs.▶ Port de charges lourdes.▶ Postures statiques maintenues.		

PHASE 1 : CHOIX DE L'EXOSQUELETTE



- Evaluation des nouvelles contraintes potentielles générées par les exosquelettes
 - Risques mécaniques ;
 - Risques liés à la charge physique ;
 - Des risques en lien avec la charge mentale de travail.



PHASE 2 : EVALUATION DE L'INTERACTION HOMME - EXOSQUELETTE



Introduction des
critères et des
outils
d'évaluation

Elaboration du
protocole
d'évaluation

Apprentissage
hors situation
réelle de travail

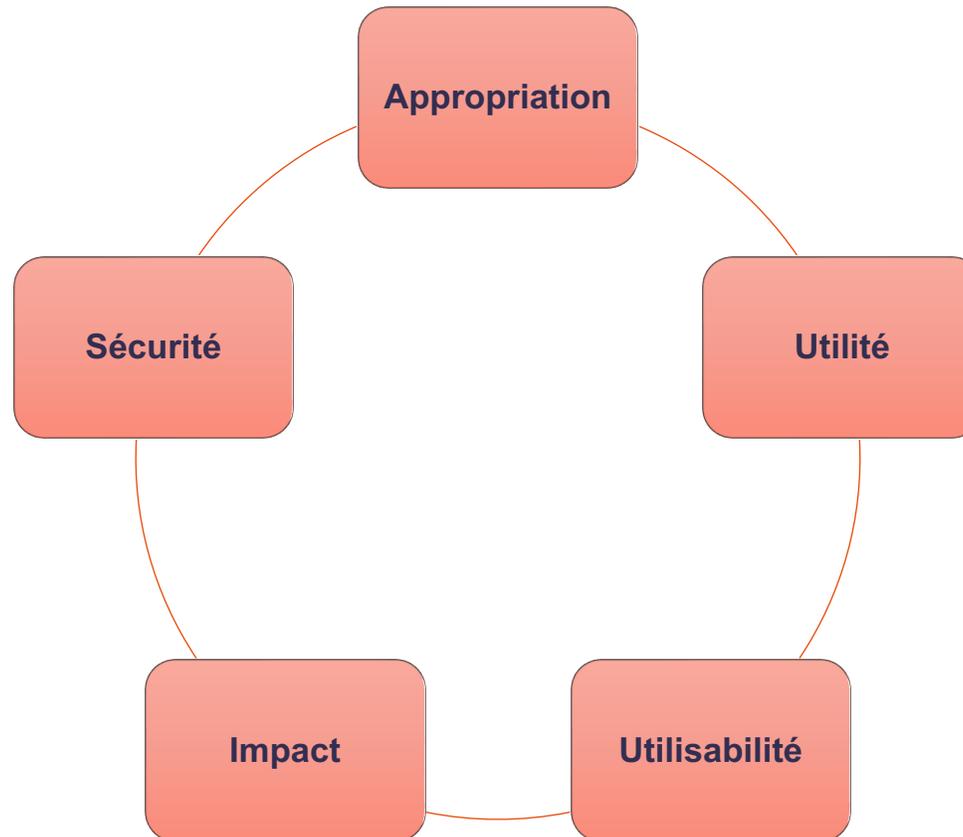
Mise en œuvre
en situation
réelle de travail



PHASE 2 : EVALUATION DE L'INTERACTION HOMME - EXOSQUELETTE

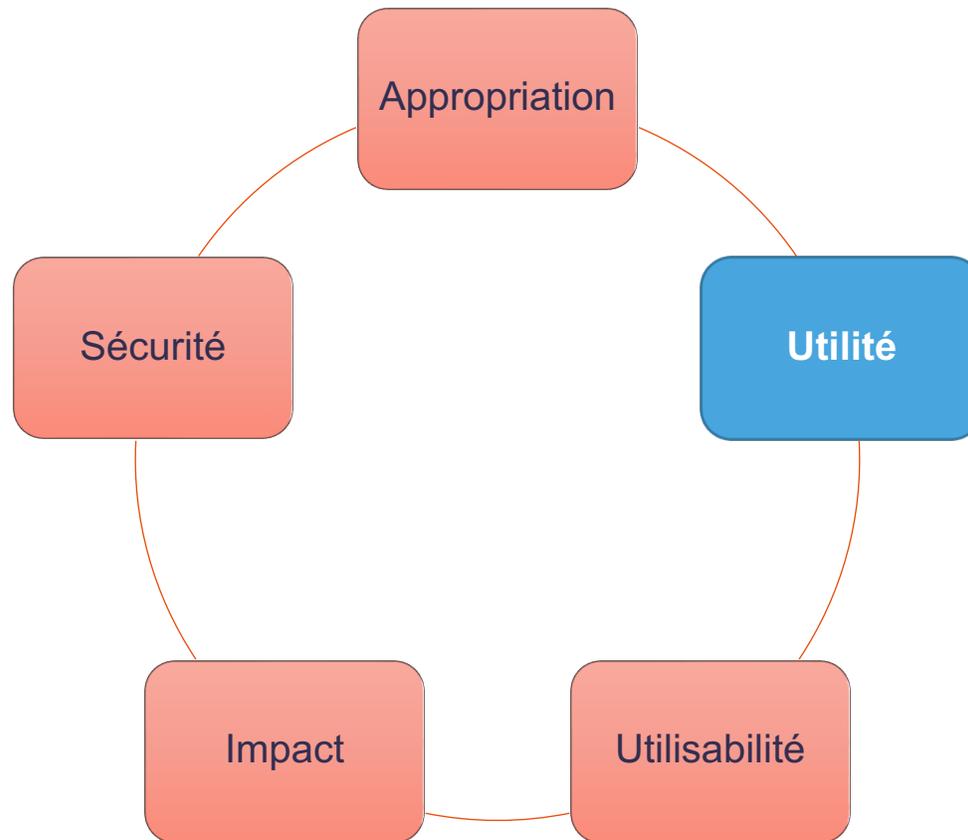
Etape 1 Introduction des critères et des outils d'évaluation

5 dimensions pour mesurer la pertinence de l'exosquelette





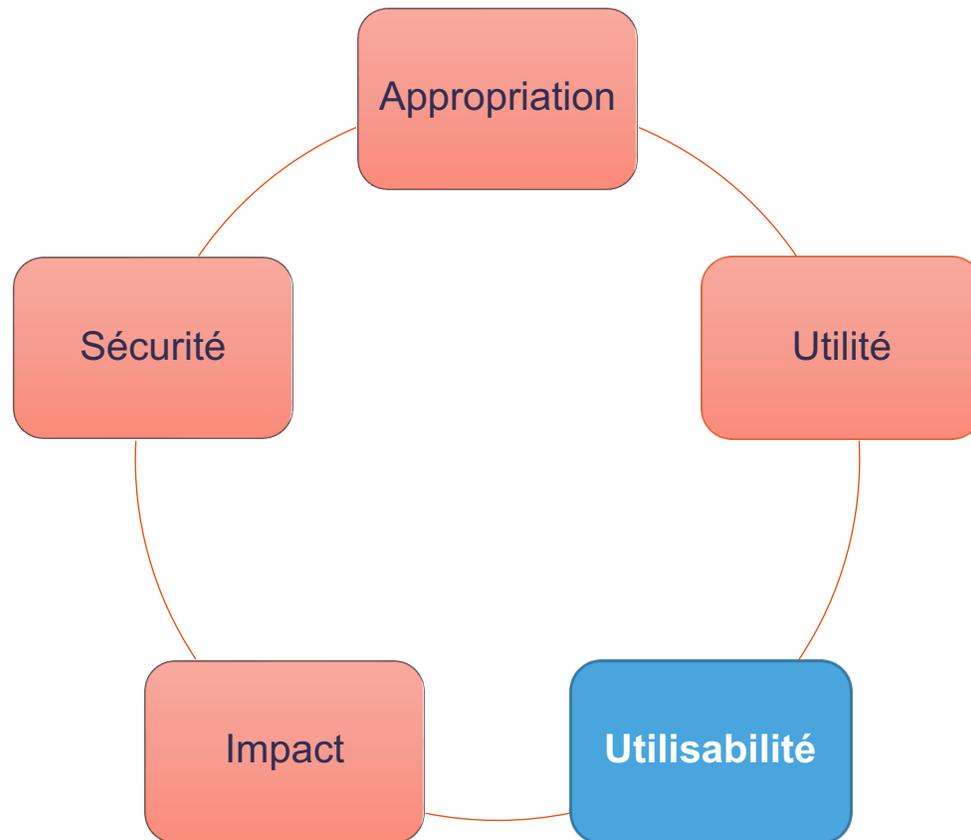
PHASE 2 : EVALUATION DE L'INTERACTION HOMME - EXOSQUELETTE



- Tenue du temps de cycle
- Respect de la qualité de l'opération
- Efficience de l'assistance physique
- Durée d'assistance active durant la tâche
- Ressenti des opérateurs



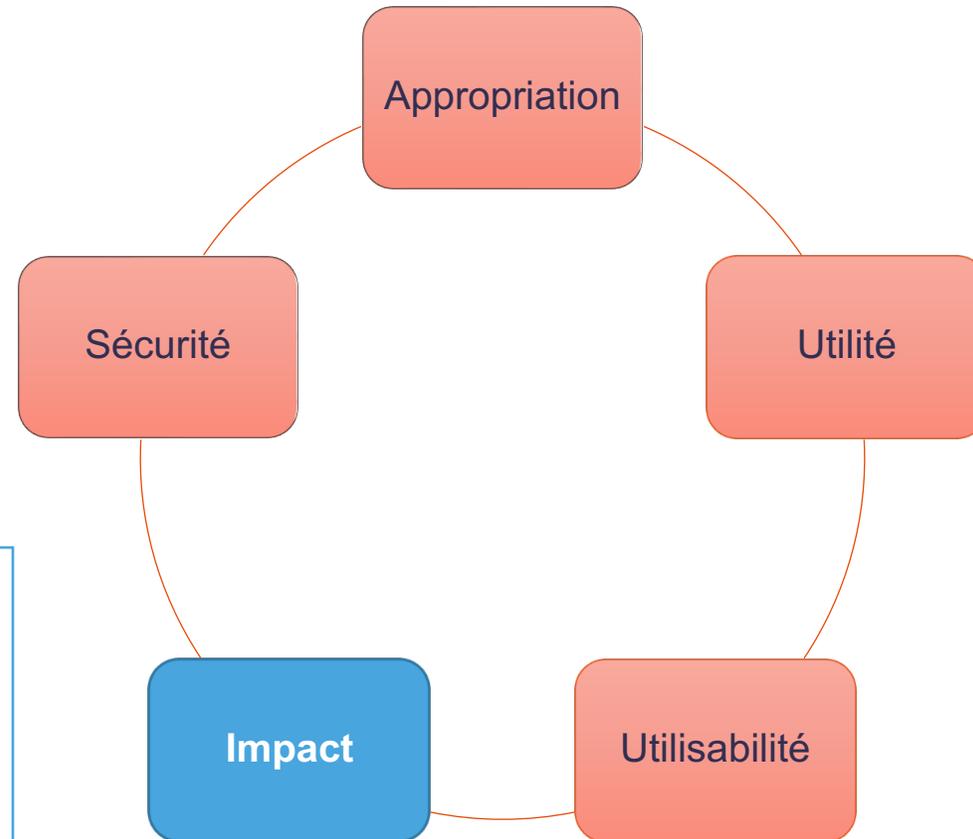
PHASE 2 : EVALUATION DE L'INTERACTION HOMME - EXOSQUELETTE



- Facilité de mise en œuvre : mise en place, retrait, réglages...
- Facilité d'utilisation
- Facilité de maintenance : nettoyage, entretien...
- L'opérateur n'est pas gêné dans la réalisation de sa tâche
- Adaptabilité aux différentes composantes de l'activité
- Ressenti des opérateurs



PHASE 2 : EVALUATION DE L'INTERACTION HOMME - EXOSQUELETTE

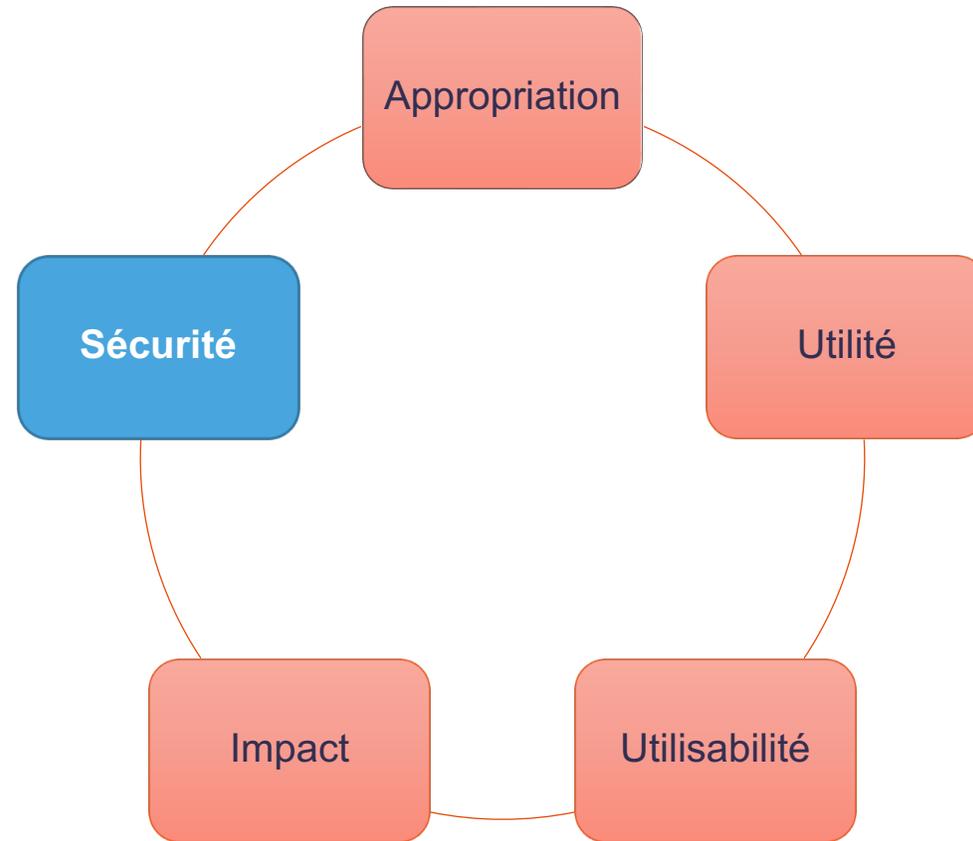


- Bonne intégration dans l'activité de travail
- Maîtrise des nouvelles stratégies opératoires
- Effets sur l'opérateur
- Effets sur le collectif de travail
- Ressenti des opérateurs



PHASE 2 : EVALUATION DE L'INTERACTION HOMME - EXOSQUELETTE

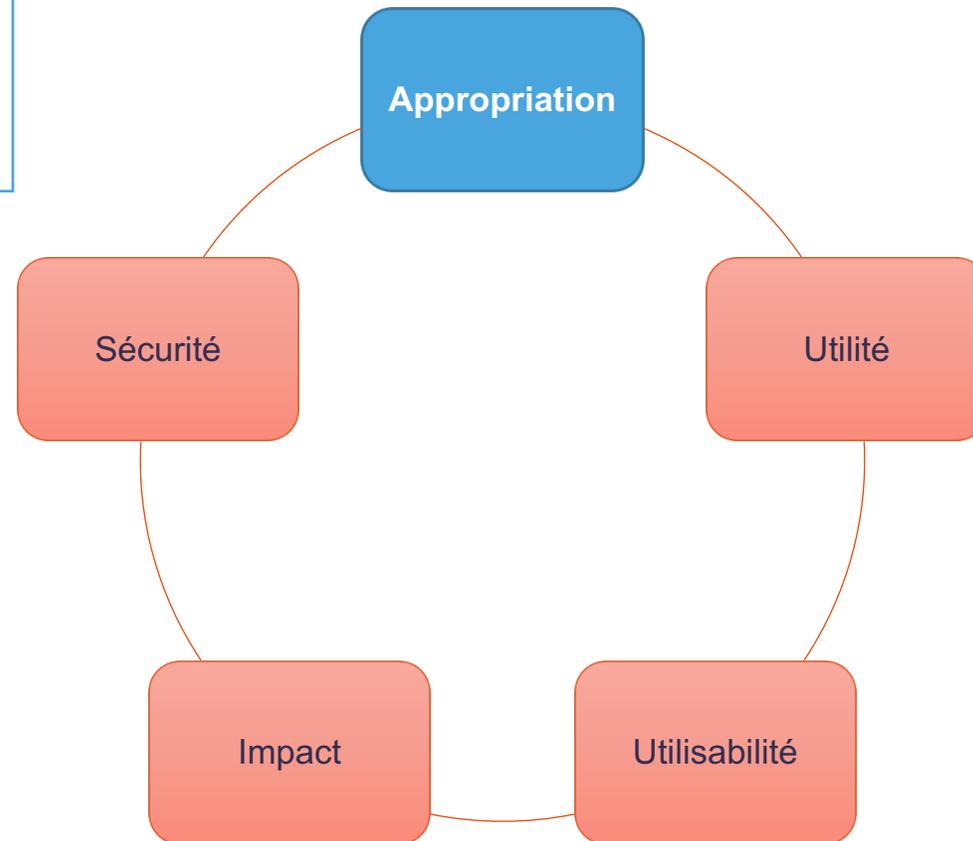
- Evaluation des risques pour l'opérateur
- Evaluation des risques pour les collègues
- Evaluation des risques pour l'environnement de travail
- Prise en compte des risques de dégradation de l'exosquelette
- Ressenti des salariés





PHASE 2 : EVALUATION DE L'INTERACTION HOMME - EXOSQUELETTE

- Fluidité du mouvement
- Maîtrise de l'exosquelette
- Durée de réalisation de la tâche
- Acceptation sociale
- Ressenti des opérateurs





PHASE 2 : EVALUATION DE L'INTERACTION HOMME - EXOSQUELETTE

Etape 2 Elaboration du protocole d'évaluation

- Echantillonnage
- Etablir le protocole de mesures
 - Sélectionner les outils d'évaluation
 - Réalisation de la tâche avec/sans exosquelette
 - Evaluation de l'interaction homme-squelette
- Informer les acteurs





PHASE 2 : EVALUATION DE L'INTERACTION HOMME - EXOSQUELETTE

Etape 3 Apprentissage hors situation réelle de travail

➤ Familiarisation

- S'assurer que les spécifications techniques et les possibilités de réglages du système s'adaptent à la morphologie de l'opérateur ;
- Identifier les moments durant lesquels les phases d'assistance physique du dispositif sont actives ou non ;
- Repérer les apports et les contraintes de l'exosquelette
- ...

➤ Apprentissage de la tâche reproduite

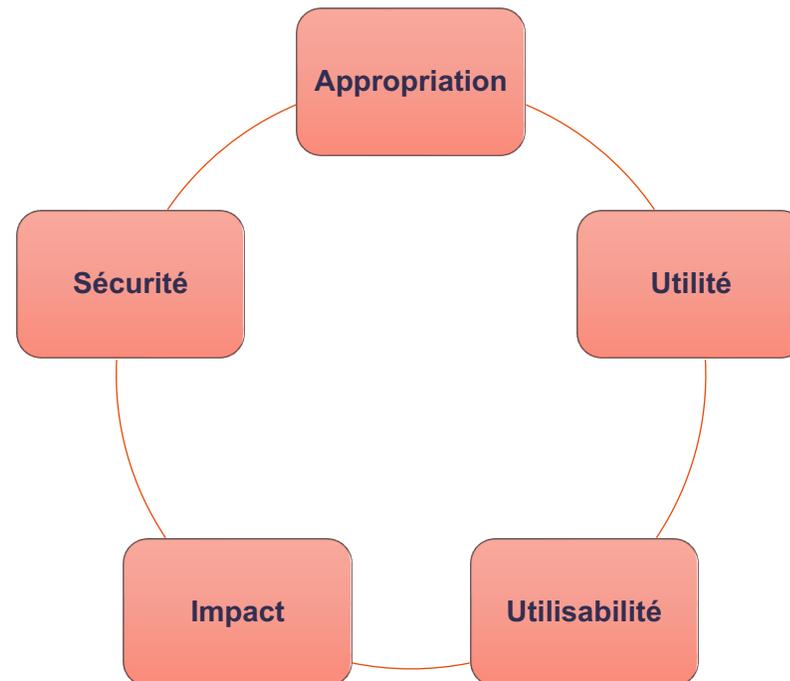
- Reproduire une tâche au plus proche de la situation réelle de travail pour confronter l'usage de l'exosquelette à la tâche et à l'environnement dans lequel il sera utilisé ;
- Reconfigurer, si besoin, la situation de travail reproduite (éléments matériels, environnement de travail...) pour que l'opérateur découvre et exploite
- Identifier les moments durant lesquels les phases d'assistance physique du dispositif sont actives ou non



PHASE 2 : EVALUATION DE L'INTERACTION HOMME - EXOSQUELETTE

Etape 4 Mise en œuvre en situation réelle

- Apprentissage approfondi en situation réelle
- Validation de l'intégration





POUR ALLER PLUS LOIN...



DOCUMENTATION INRS



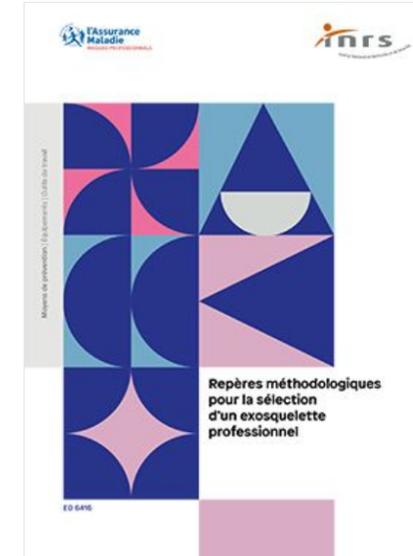
ED6295



ED6315



ED6311



ED6416

#2

CAPTIV

Laurent THIERY, IUT



aract
Réunion

**Merci de votre
participation**



Evaluation

St Denis
île de la Réunion



57^e Congrès de la SELF

17 - 19 oct. 2023

**DÉVELOPPER
L'ÉCOLOGIE DU TRAVAIL**

Ressource indispensable
aux nouvelles formes de souverainetés

Evaluation



vu.fr/sZHs

Infographie résultats



vu.fr/hSOK