

Prévenir les TMS:  
3 innovations majeures et  
un regard vers l'avenir

Nicolas Paradis  
Ergonome certifié CCPE



1

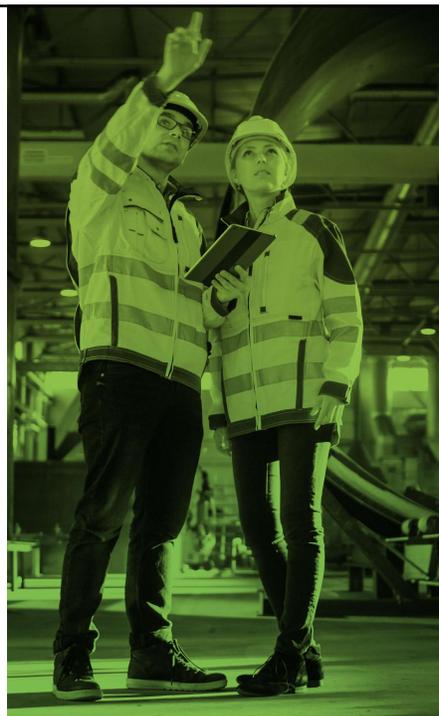
Ergokinox

Nicolas Paradis



Ergonome certifié CCPE

[nicolasparadis@ergokinox.com](mailto:nicolasparadis@ergokinox.com)



2

## PLAN DE LA CONFÉRENCE

- Ergonomie
- Démarche ergonomique
- Nouveautés & avancées technologiques
  - Captation de mouvements par vision
  - Capteurs portables
  - Exosquelettes
  - Cobots
  - Réalité étendue
- Réflexion sur les impacts projetés sur la démarche ergonomique
- Questions & Discussions



3

# Ergokinox

## Ergonomie

4

## ERGONOMIE

- Double objectif :
  - 🧑 Améliorer le bien-être et la sécurité des personnes
  - 📈 Optimiser la performance des systèmes (productivité, efficacité, fiabilité, qualité, etc.)
- L'ergonomie s'appuie sur :
  - 🧠 des sciences humaines (psychologie, sociologie, etc.)
  - 💪 des sciences du corps humain (biomécanique, physiologie)
  - 🛠 des sciences de l'ingénierie (conception, systèmes complexes)



Exigences vs Capacité

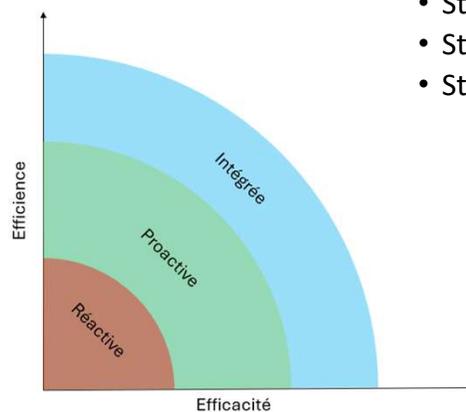


5

# Ergokinox

## TROIS TYPES APPROCHES

- Gestion de l'ergonomie
  - Stratégie réactive
  - Stratégie proactive
  - Stratégie intégrée

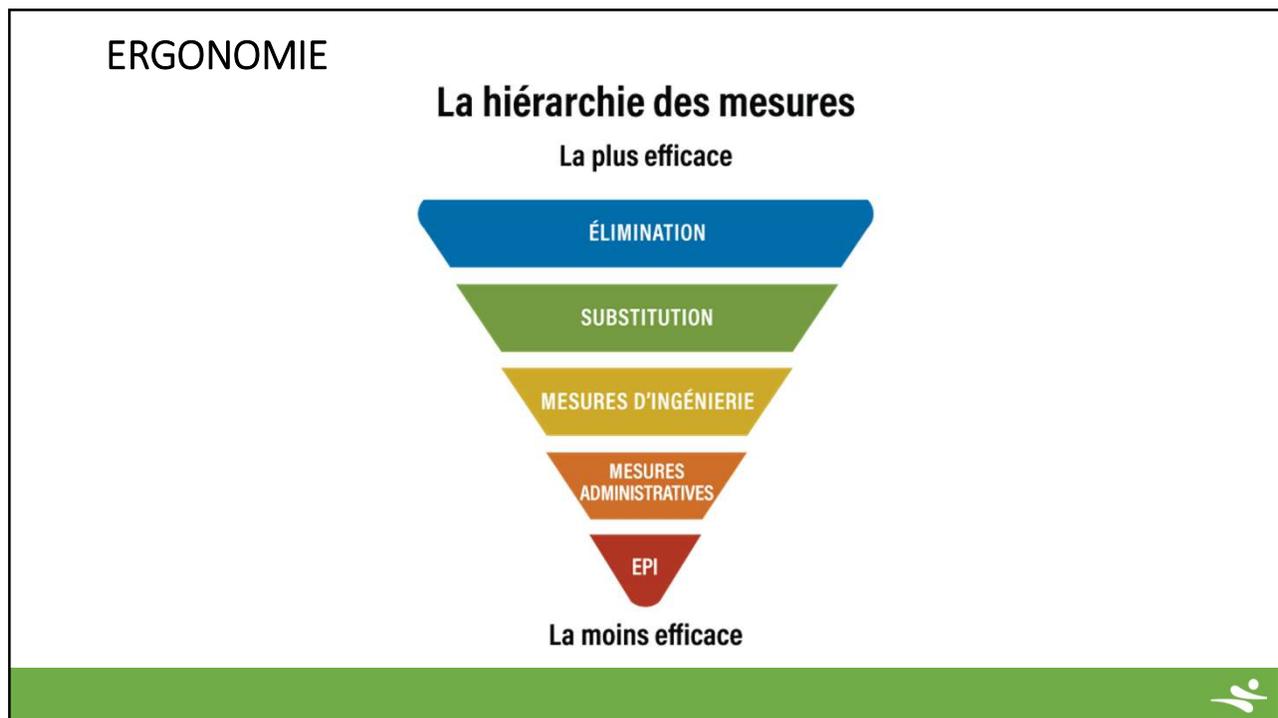


6

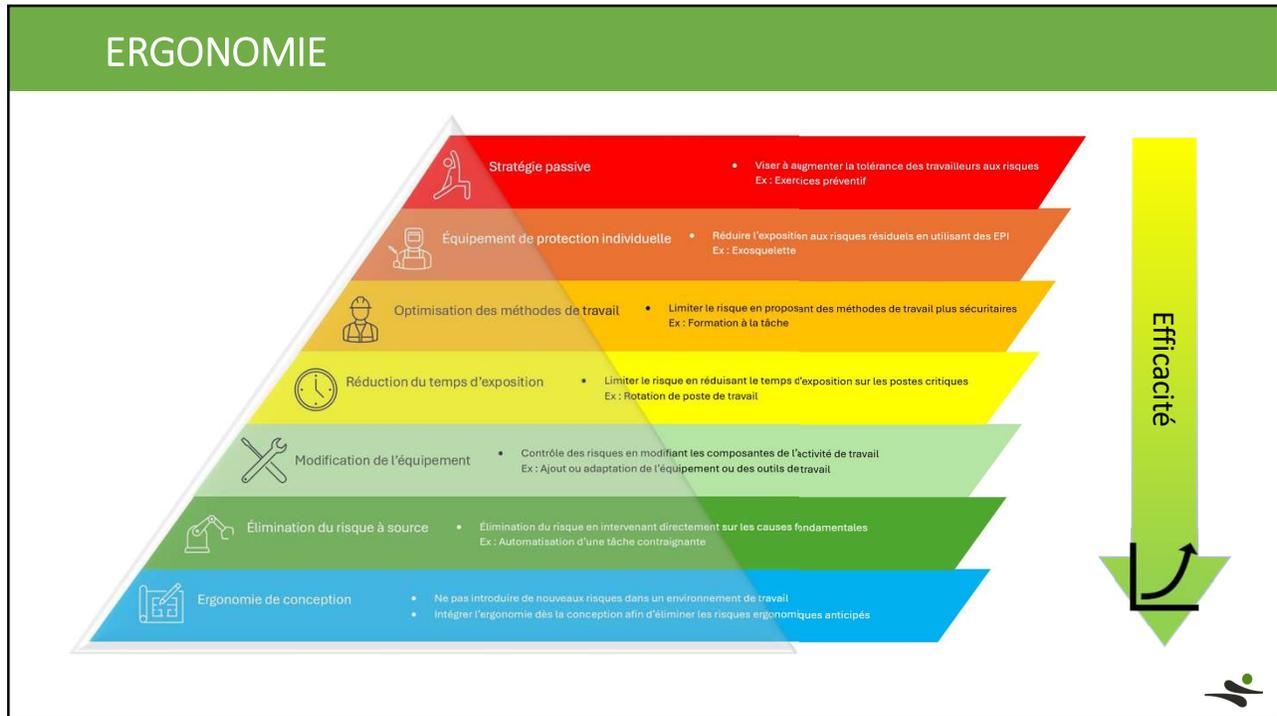
ERGONOMIE	
Approche réactive	Approche proactive
Intervient <b>après l'apparition</b> d'un problème	Vis à <b>prévenir</b> l'apparition des problèmes
S'amorce lors d'un <b>évènement / réclamation</b>	Basée sur l' <b>analyse structurée des risques</b>
Intervient souvent <b>sous pression de temps</b>	<b>Démarche</b> structurée et planifié avec échéancier
Marge de manœuvre souvent limité	Permet des <b>économies à long terme</b>

7

## Ergokinox



8



9

# Ergokinox

## NORME CSA-Z1004:24

**CSA Z1004:24**  
Norme nationale du Canada

**Norme sur la gestion et la mise en œuvre de l'ergonomie en milieu de travail**

can scc

**Figure 3**  
Application de l'ergonomie en santé et sécurité  
(Voir les articles 8.1.1 et 8.1.5.)

**Mise en œuvre : Application de l'ergonomie en santé et sécurité :**

- Identification et élimination des phénomènes dangereux et appréciation des risques
- Surveillance et suivi des mesures de prévention et de protection
- Élimination des phénomènes dangereux et maîtrise des risques

Sensibilisation, formation, participation et communication

**Étape 1 : Identification**

- Recenser les risques
- Examiner les blessures/rapports

**Étape 2 : Évaluation**

- Apprécier les risques
- Accorder la priorité au contrôle

**Étape 3 : Élimination des phénomènes dangereux et maîtrise des risques**

- Mettre en œuvre des mesures de prévention et de protection

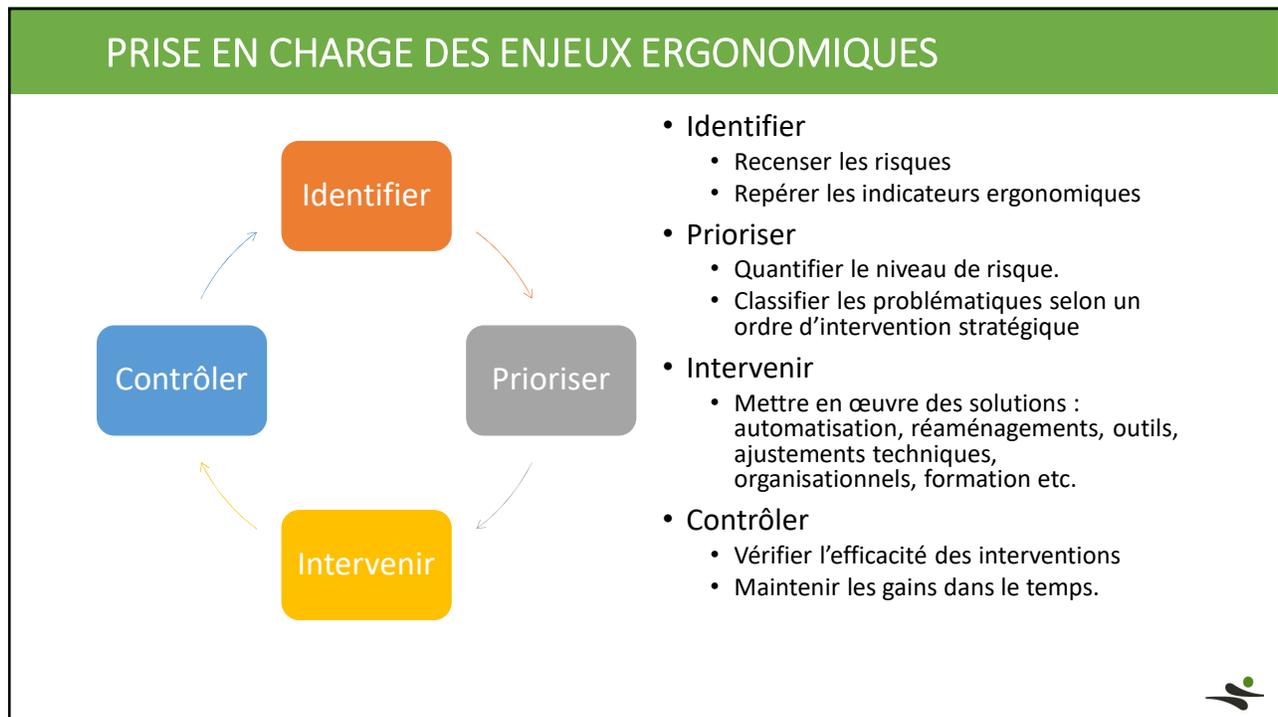
**Étape 4 : Surveillance et suivi**

- Évaluer les mesures de prévention et de protection
- Gérer le changement

1. Définir la population de travailleurs (centré sur l'utilisateur)
2. Effectuer une analyse des tâches à laquelle les travailleurs sont invités à participer
3. Identifier les données ergonomiques requises
4. Éliminer les phénomènes dangereux dans la mesure du possible
5. Déterminer le niveau de risque résiduel
6. Établir les priorités

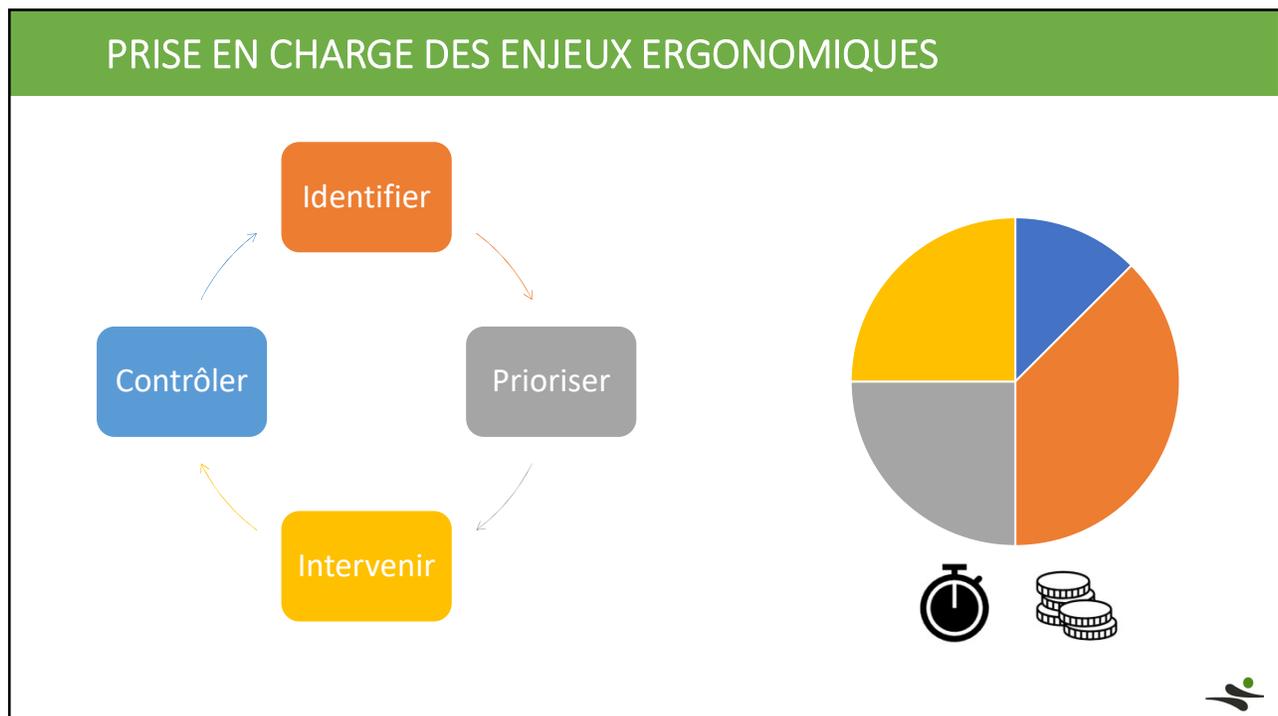
Extrait p.24

10

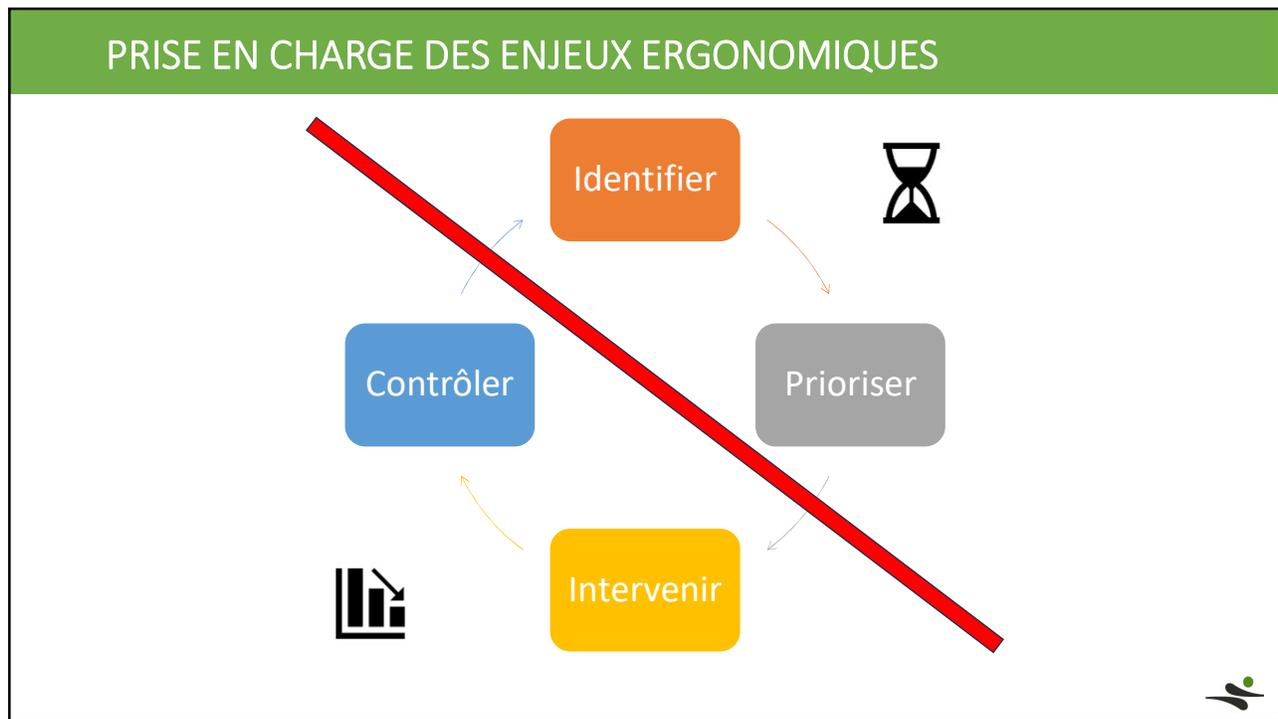


11

Ergokinox



12



13

Ergokinox

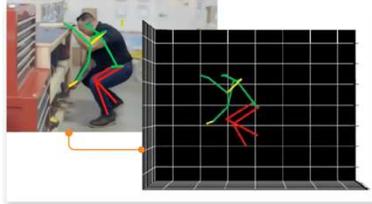
## Captation de mouvements

- Vision par ordinateur
- Capteurs portables



14

## VISION PAR ORDINATEUR



VelocityEHS



TuMeKe



Inseer

15

# Ergokinox

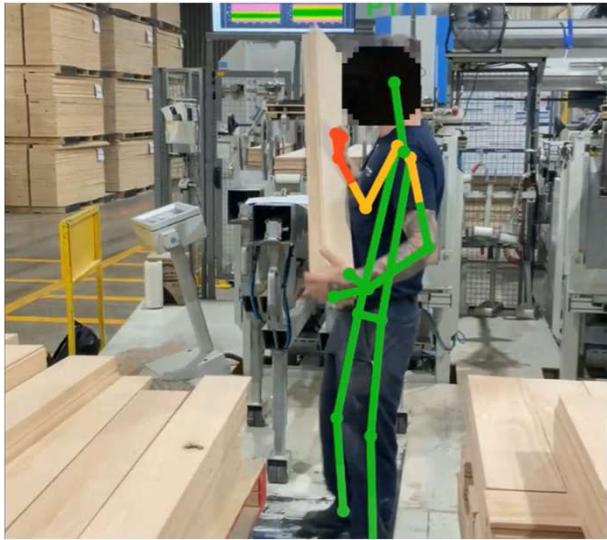
## VISION PAR ORDINATEUR

- Données recueillies
  - Angles articulaires.
  - Vitesse et accélération des segments corporels.
  - Fréquence d'exposition à des mouvements contraignants.
    - Seuil de pénibilité modulable
  - Durée d'exposition aux postures contraignantes.
  - Répartition des efforts dans le temps.
- Objectifs
  - Identifier les mouvements et les postures contraignantes.
  - Mesurer l'amplitude, la fréquence et la durée d'exposition.
  - Évaluer le risque à la pénibilité posturale et la répétitivité (ou statisme)
  - Évaluer la charge physique et certains risques musculo-squelettiques.
  - Fournir des données objectives pour recommander des améliorations.



16

# VISION PAR ORDINATEUR



17

# Ergokinox

# VISION PAR ORDINATEUR



18

## VISION PAR ORDINATEUR

### Bénéfices !

-  **Coût faible** : moins dispendieux que les capteurs portables
-  **Installation simple** : ne requièrent pas de capteurs portables ni de calibration complexe
-  **Temps réel** : permettent la captation du mouvement 3D en direct
-  **Utilisation intuitive** : adaptés aux non-experts, utilisés avec des interfaces conviviales
-  **Utilisation possible en milieu réel** : conviennent à des environnements semi-contrôlés ou de terrain
-  **Facilement combinables** : peuvent être intégrés avec des logiciels de simulation ou d'analyse ergonomique.

### Points de vigilance !

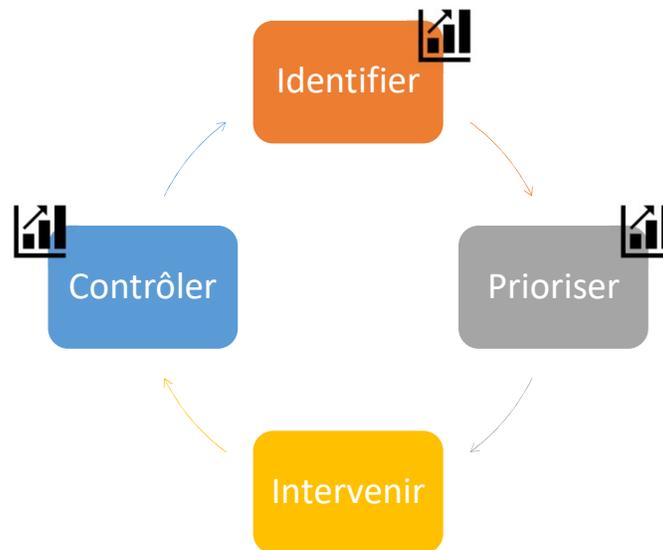
-  **Sensible à la qualité de la prise de données** : positionnement p/r rapport au travailleur
-  **Sensible aux conditions d'éclairage** : les performances peuvent chuter en faible luminosité.
-  **Moins adaptés à certaines postures** : difficulté à capter les mouvements au sol ou en rotation.
-  **Moins précis** : surtout pour les petits mouvements ou les angles complexes.



19

# Ergokinox

## VISION PAR ORDINATEUR



20

## Capteurs portables



21

# Ergokinox

## CAPTEURS PORTABLES



- **Utilisations:**

- **Prise de données** objective et rapide dans l'objectif de documenter les exigences et les contraintes posturales auxquelles sont exposés les travailleurs.



- **Biofeedback** en temps réel sur des paramètres physiologiques ou biomécaniques, permettant à l'utilisateur de « corriger » sa posture ou ses mouvements pour réduire les risques de troubles musculosquelettiques.



22

## CAPTEURS PORTABLES



23

# Ergokinox

## CAPTEURS PORTABLES

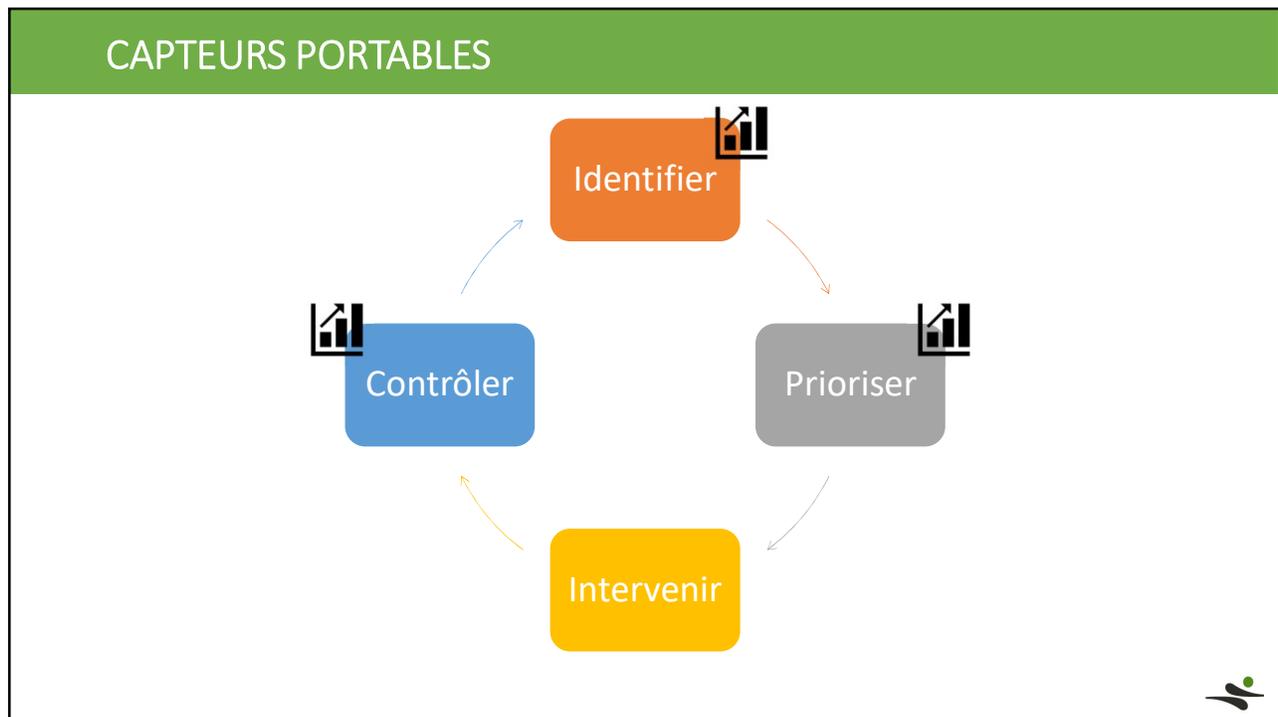
### Bénéfices !

- Portables et discrets** : légers, sans caméra, utilisables en environnement réel.
- Adaptés aux milieux non contrôlés** : parfaits pour le terrain, les chantiers, les environnements industriels.
- Captation continue** : suivent les mouvements sur de longues périodes sans interruption.
- Moins affectés par l'occlusion** : pas de perte de données si une partie du corps est masquée.
- Combinables avec EMG** : pour une analyse complète de la biomécanique et des efforts musculaires.

### Points de vigilance !

- Besoin de calibration initiale** : certaines procédures doivent être suivies pour une mesure fiable.
- Moins intuitifs** pour les utilisateurs non spécialisés : requièrent une certaine expertise technique.
- Placement critique** : la précision dépend fortement du positionnement exact des capteurs sur le corps.
- Pas de visualisation directe** : ne fournissent pas d'image ou de vidéo des mouvements captés en direct.
- Absence de visualisation vidéo** : sans enregistrement visuel, il peut être difficile de comprendre le contexte des contraintes identifiées ou de visualiser la cause des mouvements contraignants.

24



25

Ergokinox

## TECHNOLOGIES DE CAPTATION DE MOUVEMENTS

- 🎯 Ce sont des outils, pas une fin en soi...
- Les technologies de captation de mouvements peuvent être puissantes, mais elles n'ont de valeur qu'à une condition :
- 👉 qu'elles mènent à des interventions concrètes qui réduisent réellement les risques pour les travailleurs.

26

## CAPTEURS PORTABLES – BIOFEEDBACK

- Peu de preuves scientifiques solides démontrent que la rétroaction seule entraîne une  $\searrow$  mesurable du risque de TMS à long terme.
- La plupart des études notent des changements de posture immédiats ou des ajustements comportementaux à court terme — mais pas leur maintien ni leur effet sur l'incidence des TMS.
- Certains auteurs insistent sur le fait que l'efficacité dépend fortement du contexte d'utilisation, de la qualité de la formation qui accompagne le dispositif et surtout, de l'engagement du travailleur.

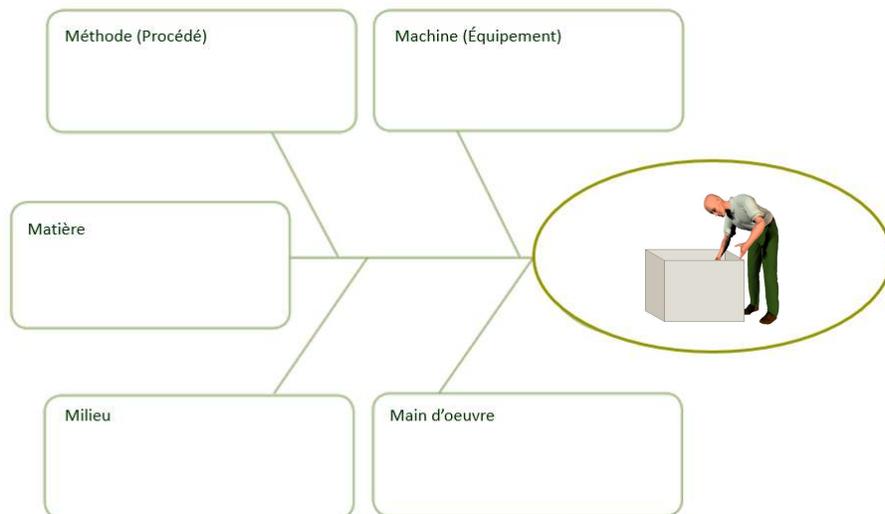
Ne pas négliger les réels déterminants de la posture



27

# Ergokinox

## DÉTERMINANTS DE LA POSTURE



28

# Exosquelettes

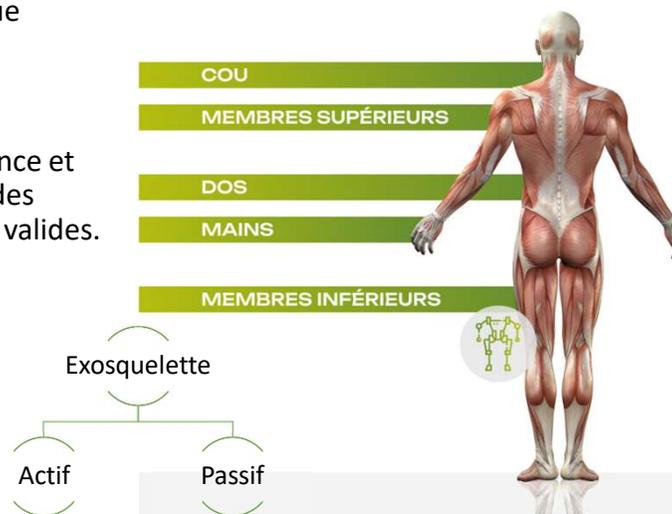


29

## Ergokinox

### EXOSQUELETES – QU'EST-CE QUE C'EST ?

- Dispositif d'assistance physique externe et portable.
- Il permet d'améliorer les performances humaines en augmentant la force, l'endurance et d'autres capacités physiques des personnes en bonne santé ou valides.
  - (Young et Ferris, 2017)



30



# EXOSQUELETES – QU’EST-CE QUE C’EST ?



AGADEXO Shoulder



Airframe (Levitate)



CDYS (Crimson Dynamic)



Ekso Evo (EksoBionics)



EXY One (EXY)



Hapo Front (Ergosanté)



Plum' (HMT)



Mate XT (Comau)



31

# Ergokinox

# EXOSQUELETES – QU’EST-CE QUE C’EST ?



Muscle Suit (Innophys)



LiftSuit (Auxivo)



Laevo Flex (Laevo)



Japet W.+ (Japet)



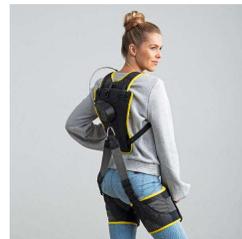
Hapo (ErgoSanté)



HAL Lumbar Type (Cyberdyne)



Uplift (Mawashi)



Apex 2 (HeroWear)



32

## EXOSQUELETTE - LITTÉRATURE

-  **Pas encore de preuve directe** d'une baisse des TMS à long terme
- Causes de variabilité et limites méthodologiques
  - Échantillonnage restreint ou non représentatif
    - Taille d'échantillon faible, profils d'utilisateurs non diversifiés, tâches peu généralisables.
  - Arrimage incomplet entre l'exosquelette et la tâche réelle
    - Mauvais choix de modèle, ajustement inadéquat ou incompatibilité avec les exigences posturales.
  - Temps de familiarisation insuffisant
    - Résultats influencés par un manque d'adaptation de l'utilisateur.
  - Pondération inégale des indicateurs
    - Importance variable donnée aux données biomécaniques, physiologiques ou subjectives
  - Conditions expérimentales éloignées de la réalité terrain
    - Études souvent réalisées en laboratoire, avec des tâches standardisées ne reflétant pas toujours la complexité du travail réel.



33

# Ergokinox

## EXOSQUELETTES - LITTÉRATURE



### Can back exosuits simultaneously increase lifting endurance and reduce musculoskeletal disorder risk?

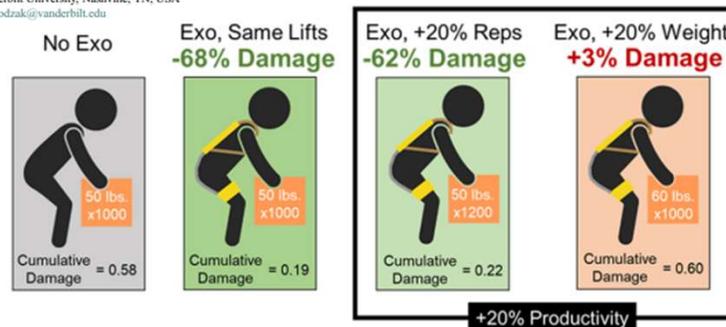
K.M. Rodzak<sup>1</sup>, P.R. Slaughter<sup>1</sup>, D.N. Wolf<sup>2</sup>, C.C. Ice<sup>1</sup>, S.J. Fine<sup>1</sup> and K.E. Zelik<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Vanderbilt University, Nashville, TN, USA

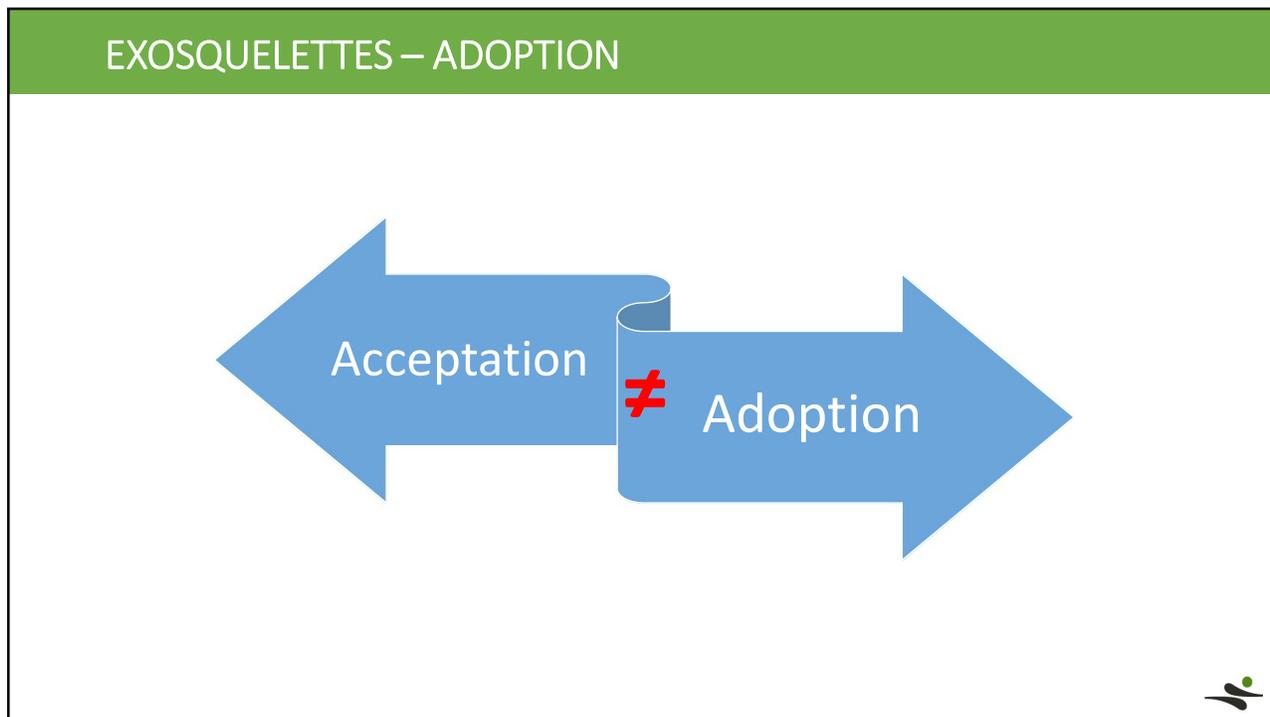
<sup>2</sup>Department of Biomedical Engineering, Vanderbilt University, Nashville, TN, USA

<sup>3</sup>Department of Physical Medicine & Rehabilitation, Vanderbilt University, Nashville, TN, USA

Corresponding author: K.M. Rodzak; Email: katherine.rodzak@vanderbilt.edu

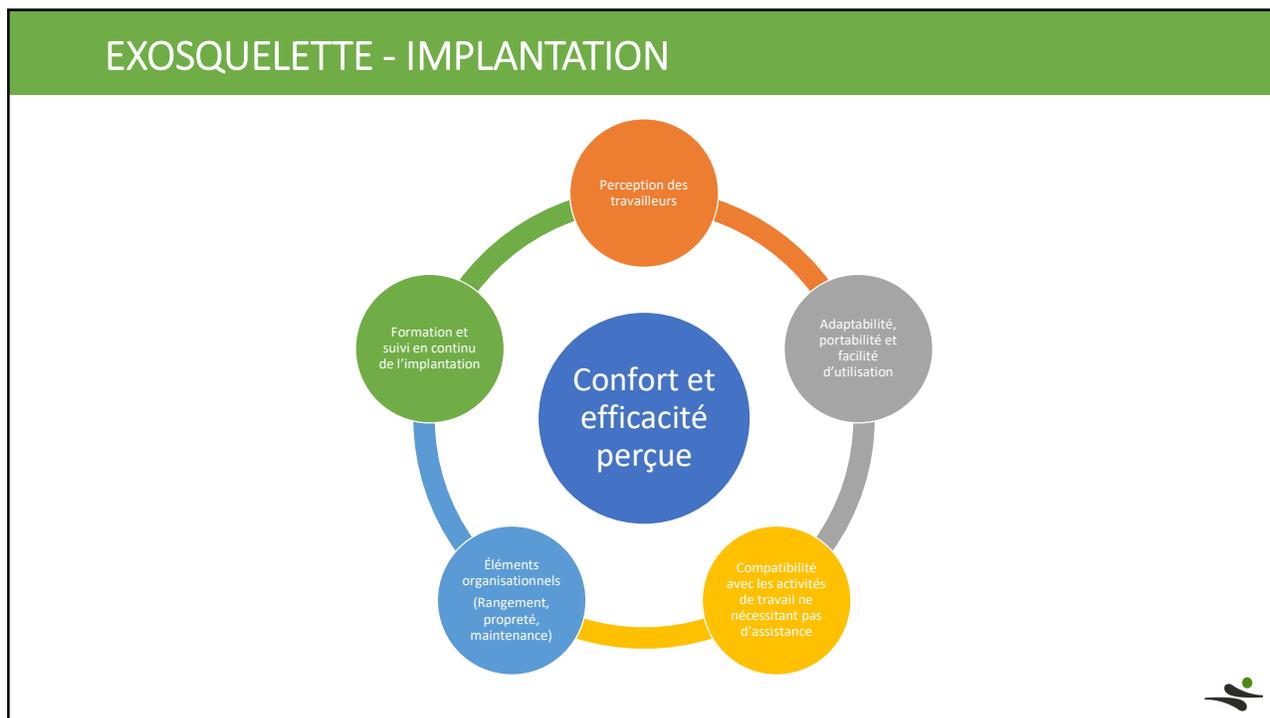


34

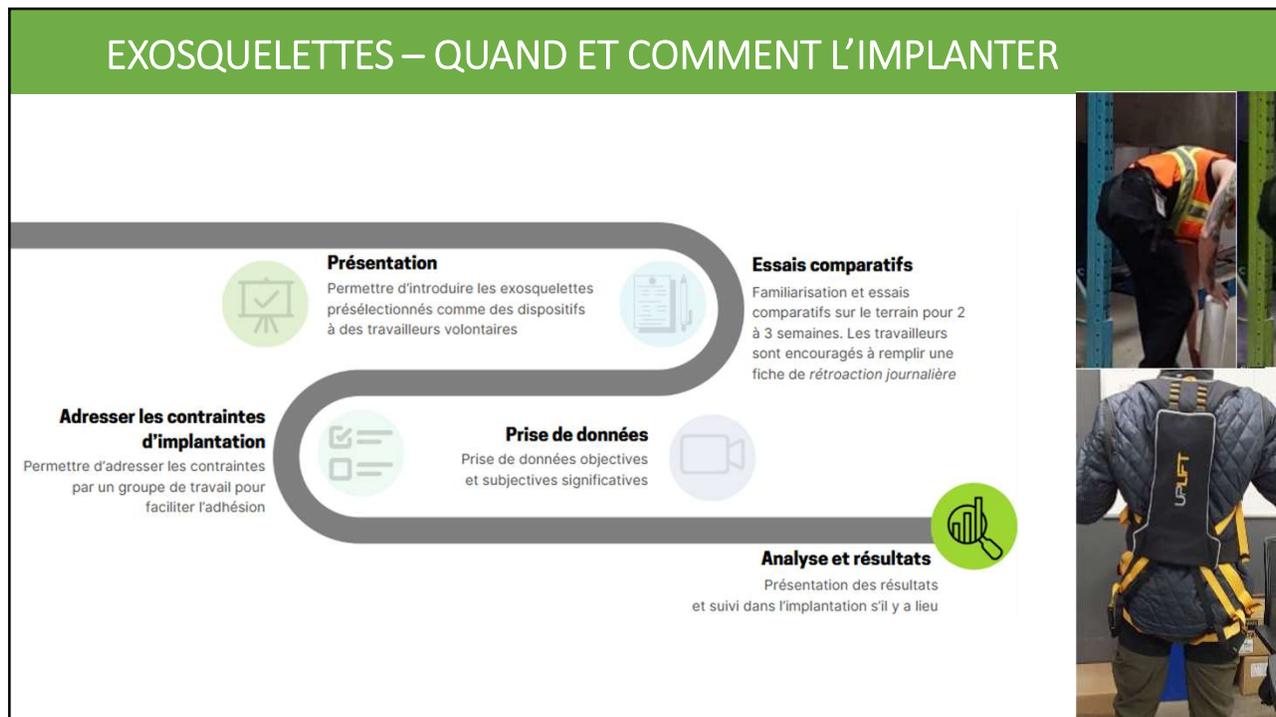


35

Ergokinox

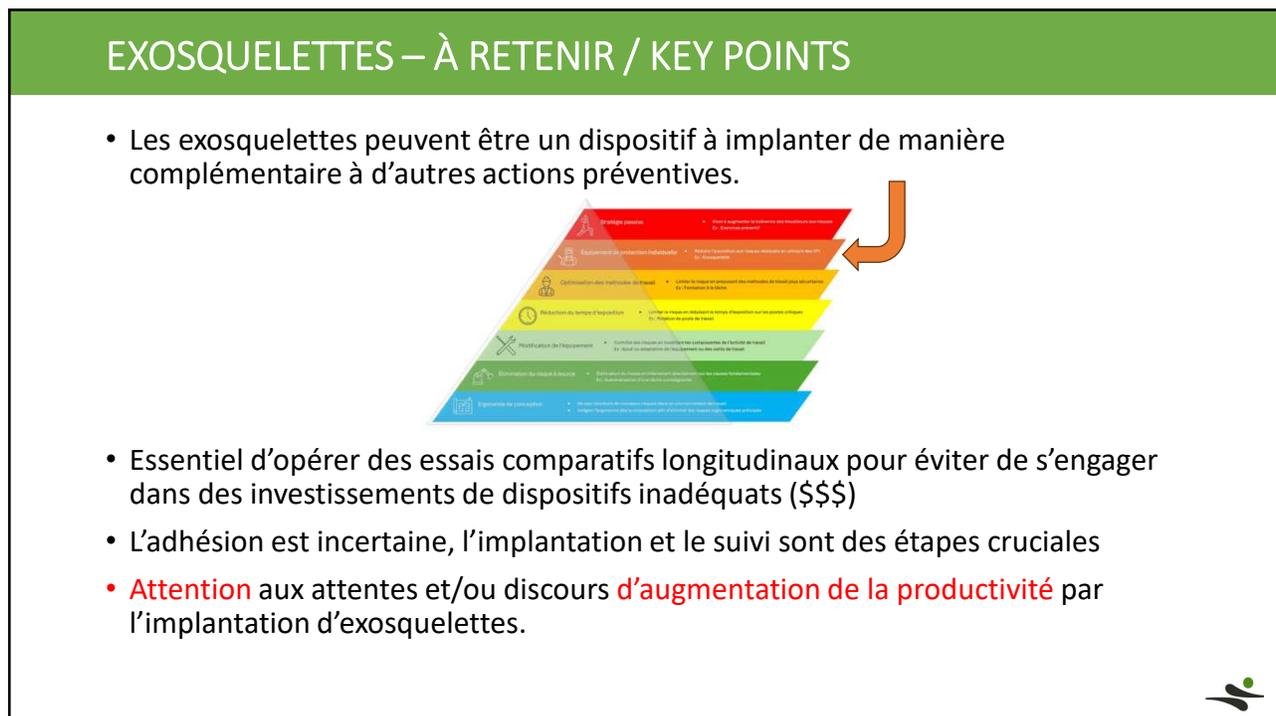


36



37

## Ergokinox



38



## EXOSQUELETES

### Bénéfices !

-  **Réduction de l'activation musculaire** (bras, épaules, dos) lors de tâches spécifiques
-  **Allègement de la charge physique perçue** – effort ressenti moindre
-  **Réduction potentielle du risque biomécanique**
-  **Diminution de la fatigue musculaire locale** à court terme
-  **Outils complémentaire** dans une gestion des risques ergonomiques

### Points de vigilance !

-  **Pas encore de preuve directe** d'une baisse des TMS à long terme
-  **Transfert potentiel de contraintes** vers d'autres segments corporels
-  **Inconforts potentiels** (pression, chaleur, rigidité, gêne dans certains mouvements)
-  **Efficacité potentiellement réduite** dans les tâches dynamiques ou variables
-  **Nécessite formation, ajustement individuel et suivi** pour un usage sécuritaire et optimal
-  **Attention aux attentes et/ou discours d'augmentation de la productivité**



39

# Ergokinox

## Cobots

40

## COBOTS

- Robots collaboratifs
- Conçus pour travailler avec les humains
- Partagent le même espace de travail sans barrières physiques
- Fort potentiel dans les tâches hautement répétitives, lourdes ou précises.
- Exemple :
  - AMR (Autonomous Mobile Robot) qui suivent (ou non) l'opérateur pour transporter des charges, réduisant ainsi le besoin de manutention manuelle.
  - Réalisent l'emballage ou la palettisation en fin de ligne de production.
  - Assistent dans la manipulation de charges stériles ou répétitives
  - Soutiennent l'assemblage de pièces lourdes en coordination avec l'opérateur.



41

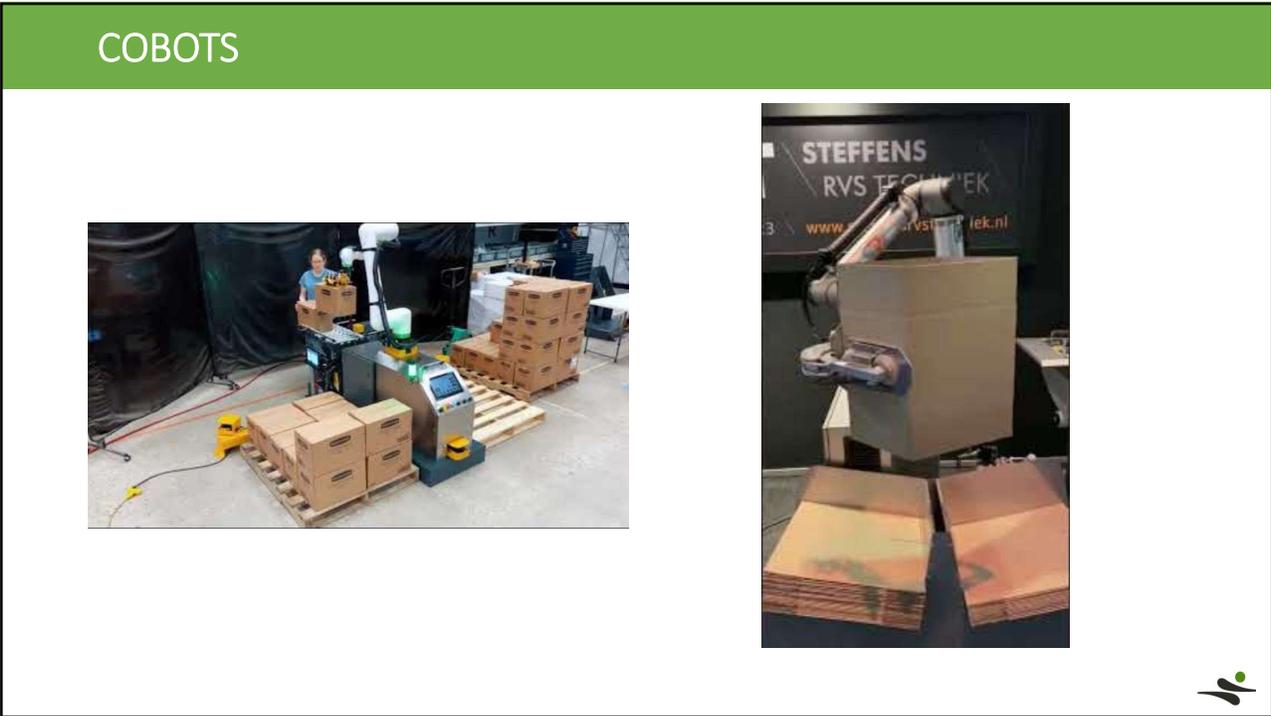
# Ergokinox

## ROBOTS VS COBOTS

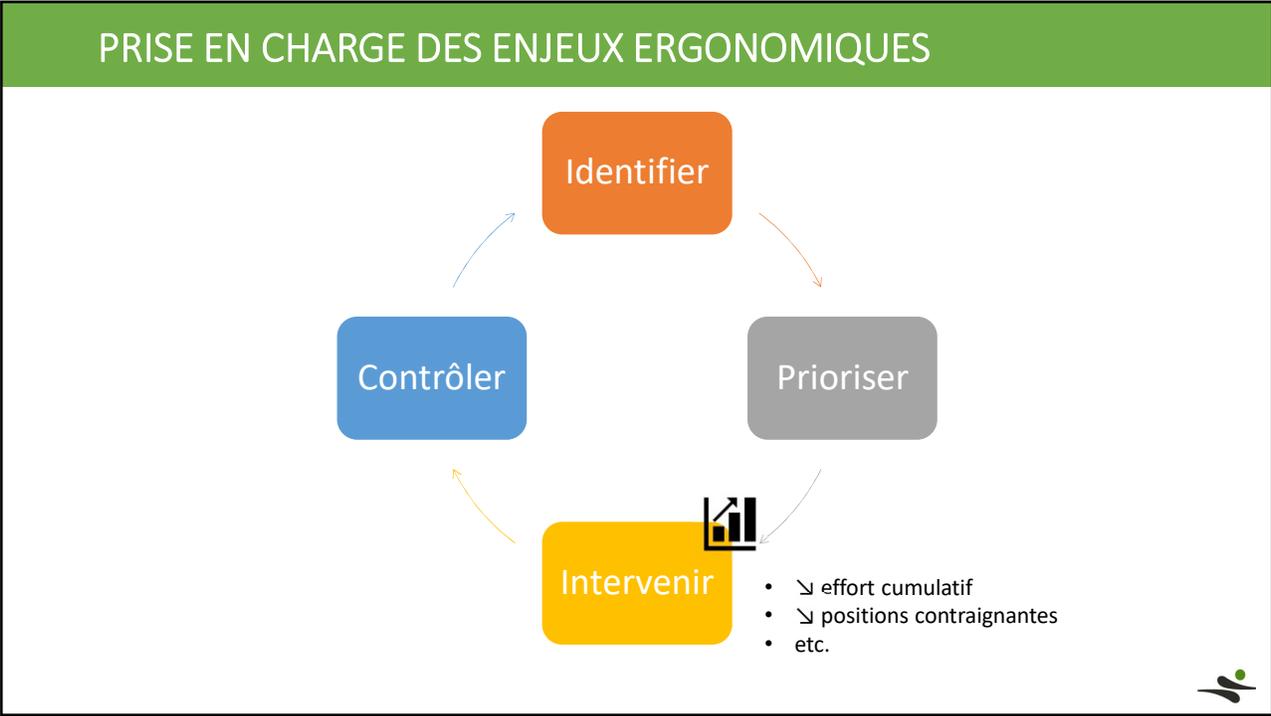
	Robots traditionnels	Cobots
 <b>Environnement</b>	Séparés des humains, souvent en cage	Travaillent aux côtés des humains
 <b>Sécurité</b>	Nécessitent des barrières physiques	Conçus pour une interaction sécuritaire
 <b>Flexibilité</b>	Programmation rigide, souvent moins adaptables	Programmation simple, plus grande flexibilité
 <b>Rôle</b>	Effectuent des tâches automatisées	Assistent les humains dans leur travail
 <b>Coût d'implantation</b>	Plus élevé, nécessite aménagements spécifiques	Peut être moins coûteux, plus facile à intégrer



42



# Ergokinox



## COBOTS

**Bénéfices !**

-  **Réduction de la charge physique**
-  **Moins de mouvements répétitifs**
-  **Moins de mouvements contraignants**
-  **Allègement cognitif** : ↘ de la charge mentale liée à la concentration sur des gestes très fins ou précis.
-  **Meilleure constance** : Le cobot exécute avec précision, ce qui peut réduire les erreurs de manipulation.

**Points de vigilance !**

-  **Risques de collision**
-  **Tâches statiques résiduelles**
-  **Potentielle mauvaise intégration au poste**
-  **Risque d'augmentation du rythme**
-  **Perte d'autonomie ou de stimulation** : peut engendrer une perte d'intérêt ou de variété dans la tâche



45

Ergokinox

# Réalité étendue

Survol des opportunités, usages et limites



46

## RÉALITÉ ÉTENDUE

- **Réalité virtuelle**
  - L'utilisateur est plongé dans un environnement virtuel, coupé du monde réel.
- **Réalité augmentée**
  - L'environnement réel reste visible, et des infos/objets numériques sont ajoutés par-dessus.
- **Réalité mixte**
  - L'environnement réel et les éléments virtuels coexistent et interagissent entre eux.



47

# Ergokinox

## RÉALITÉ ÉTENDUE

Technologie	Immersion	Interaction avec le réel
• <b>Réalité virtuelle</b>	🌐 Totale	✗ Aucune
• <b>Réalité augmentée</b>	👁️ Partielle	✅ Oui (superposition)
• <b>Réalité mixte</b>	👉 Hybride	✅ Oui (avec interaction)



48

## RÉALITÉ ÉTENDUE

- Former les travailleurs de façon interactive et engageante
- Guider l'exécution de tâches complexes ou dangereuses, en assurant sécurité et efficacité
- Donner un accès facile aux instructions, plans et autres informations utiles
- Permettre à des personnes externes ou à distance d'observer et d'assister le travail
- Améliorer la perception de l'environnement en fournissant des alertes et infos en temps réel sur les dangers



49

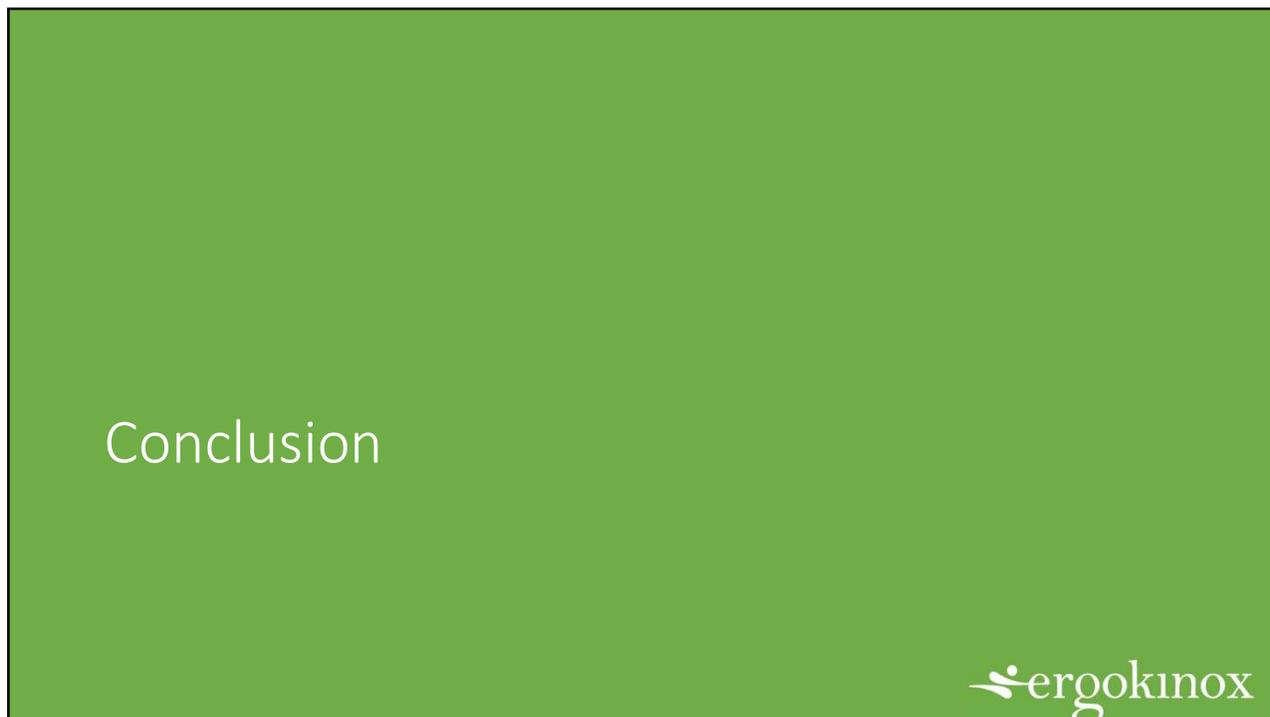
# Ergokinox

## RÉALITÉ ÉTENDUE

- Bienfaits potentiels
  - Conception et aménagement
    - Modélisation de scénarios de travail sans devoir créer un prototype physique
    - Test virtuel d'aménagements avant implantation
    - Conception participative en impliquant davantage les travailleurs
    - Ajustements en temps réel visualisables
  - Formation et sensibilisation
    - Formation plus interactive
    - Séance potentiellement plus engageante
    - Se familiariser avec les risques et les consignes de sécurité, sans danger réel
- Limitations et défis à surveiller
  - Coût d'équipement et d'implantation élevé
  - Courbe d'apprentissage pour les utilisateurs
  - Besoin de validation rigoureuse des solutions de réalité augmentée

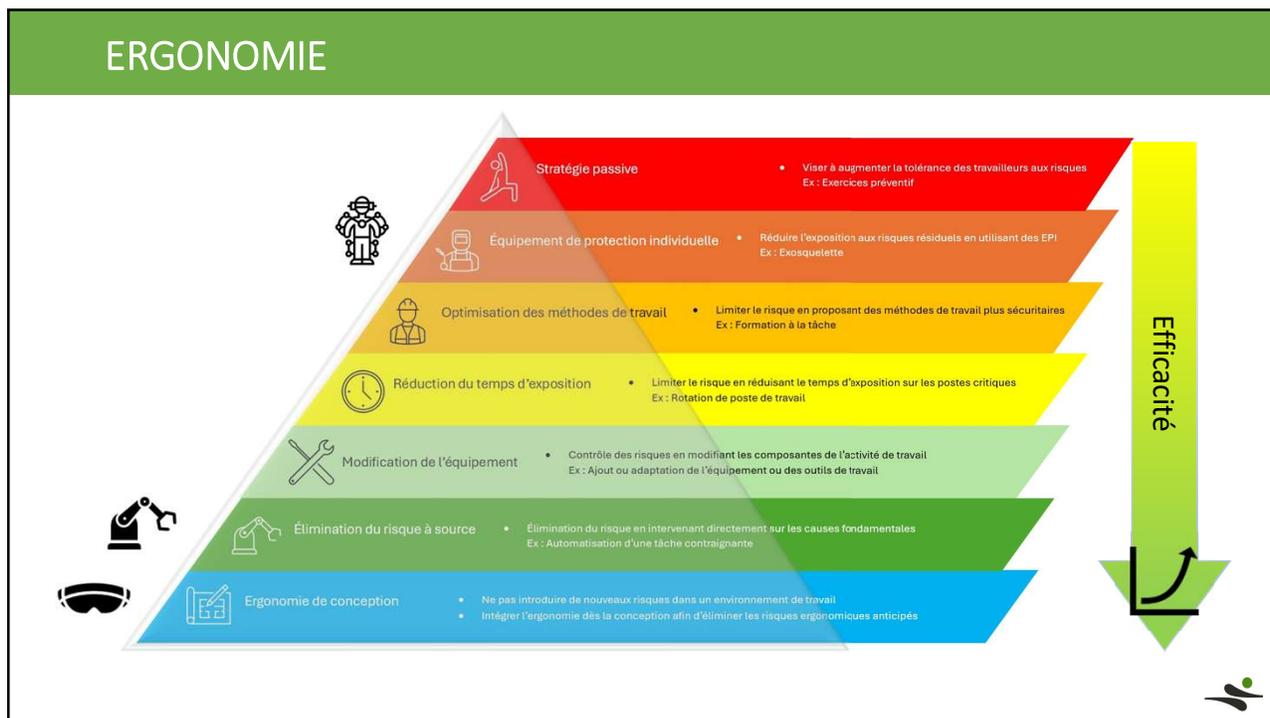


50

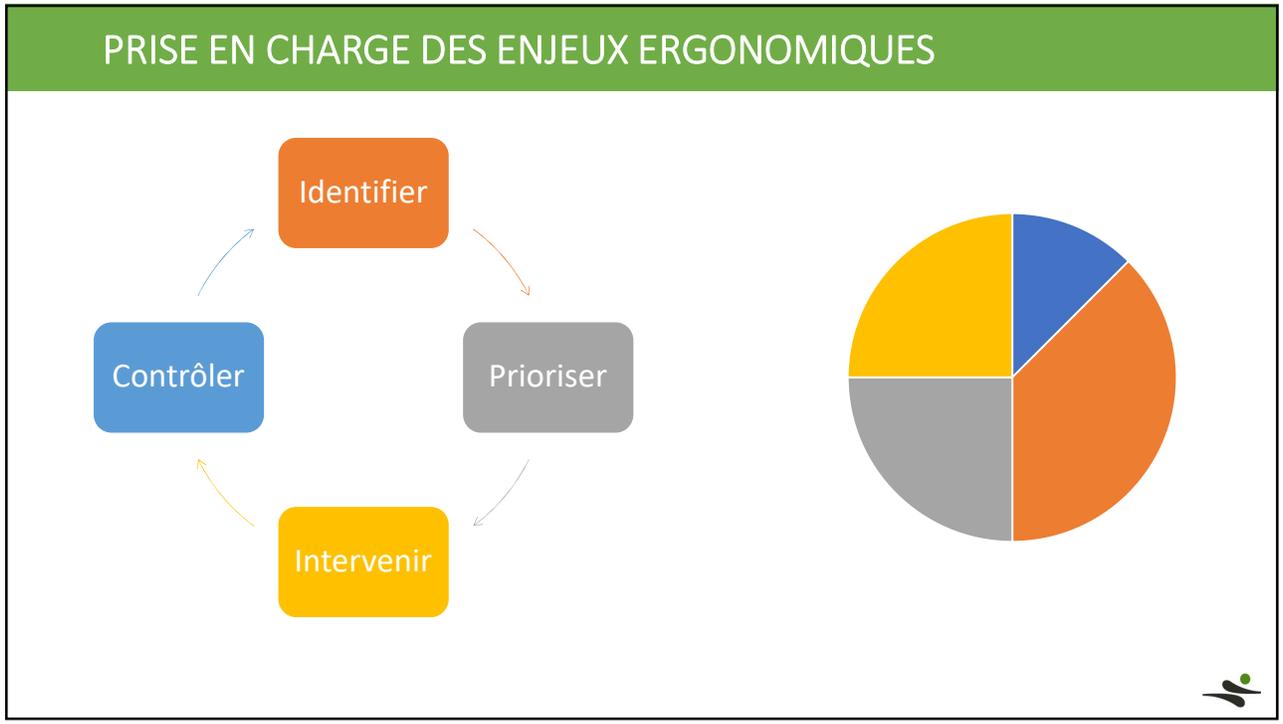


51

# Ergokinov

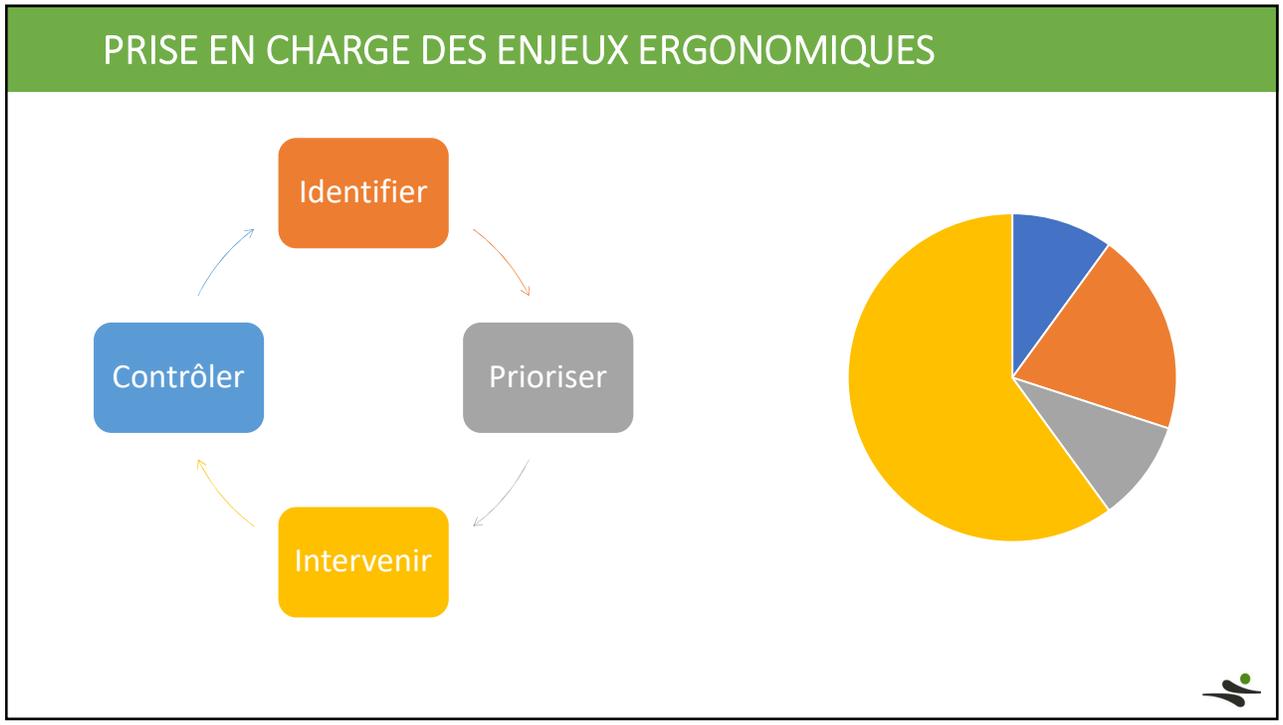


52



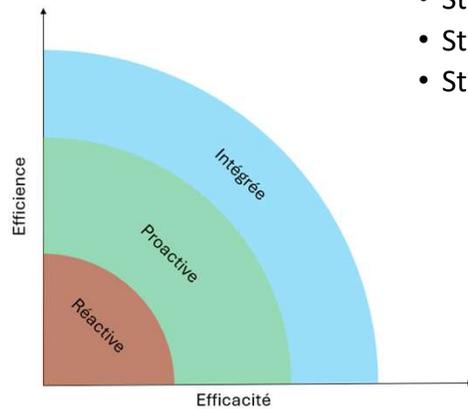
53

Ergokinox



54

## TROIS TYPES APPROCHES



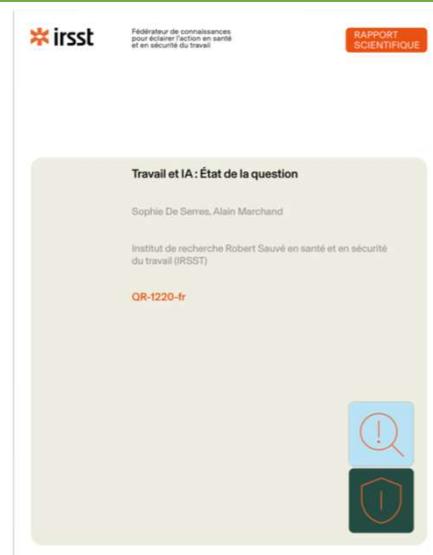
- Gestion de l'ergonomie
  - Stratégie réactive
  - Stratégie proactive
  - Stratégie intégrée

55

Ergokinox

## LECTURE RECOMMANDÉE

- Rapport Scientifique IRSST
- Travail et IA : État de la question
  - Sophie De Serres
  - Alain Marchand
- L'évolution technologique rapide de l'intelligence artificielle (IA) et son utilisation de plus en plus importante dans les organisations et entreprises entraînent des transformations appréciables des milieux de travail. Une revue récente et non exhaustive de la littérature scientifique et grise permet de faire état des connaissances actuelles des répercussions de l'IA sur la santé et la sécurité du travail (SST), en soulignant à la fois les effets positifs observés chez les travailleuses et travailleurs, et les effets négatifs, principalement psychosociaux. Des situations d'utilisation de l'IA en amont, autrement qu'en temps réel (analyse prédictive, recrutement, formation ou recherche), sont également présentées ainsi que des enjeux cruciaux associés à l'intégration de l'IA en milieu de travail, comme la confidentialité des données, les biais algorithmiques et l'absence de normes. Pour finir, des pistes de recherche sont proposées afin d'optimiser l'utilisation de l'IA au bénéfice de la SST.
- <https://pharesst.irsst.qc.ca/expertises-revues/170/>



56



Nicolas Paradis  
ergokinox  
Ergonome certifié CCPE  
[nicolasparadis@ergokinox.com](mailto:nicolasparadis@ergokinox.com)



57

Ergokinox