



Institut de recherche  
Robert-Sauvé en santé  
et en sécurité du travail

## Les principes de manutention : la métrologie

*André Plamondon*



PRÉVENTION DURABLE EN SST  
ET ENVIRONNEMENT  
DE TRAVAIL

# Introduction

---

- Pour mieux étudier l'expertise des manutentionnaires, il nous faut être capables de quantifier l'activité de manutention en entreprise.
- On a donc besoin :
  - ✓ de systèmes de mesures valides (système inertiel);
  - d'une métrologie avancée pour quantifier le mouvement;
  - de critères numériques comme barème de succès ou d'échec.
- L'objectif est de vous présenter les développements récents dans la quantification des principes de manutention.

# Les principes en manutention

---

## 1. L'alignement postural :

- position de la charge;
- posture.

2. La mise sous charge

3. La stabilité

4. Le rythme

# Principe de l'alignement postural : points clés

---

Pour un alignement adéquat :

1. approcher le corps face à l'objet, c'est-à-dire être de face à l'objet à soulever;
  2. approcher la charge face au corps; amener (tirer la charge vers soi).
- Métriques :
- Bras de levier - distance des mains au dos (mètres)
  - Symétrie du tronc p/r au bassin et aux pieds (degrés)
  - Moments résultants et asymétriques (Nm)

# Principe de l'alignement postural : points clés

---

Dans une flexion avant (prise/dépôt) :

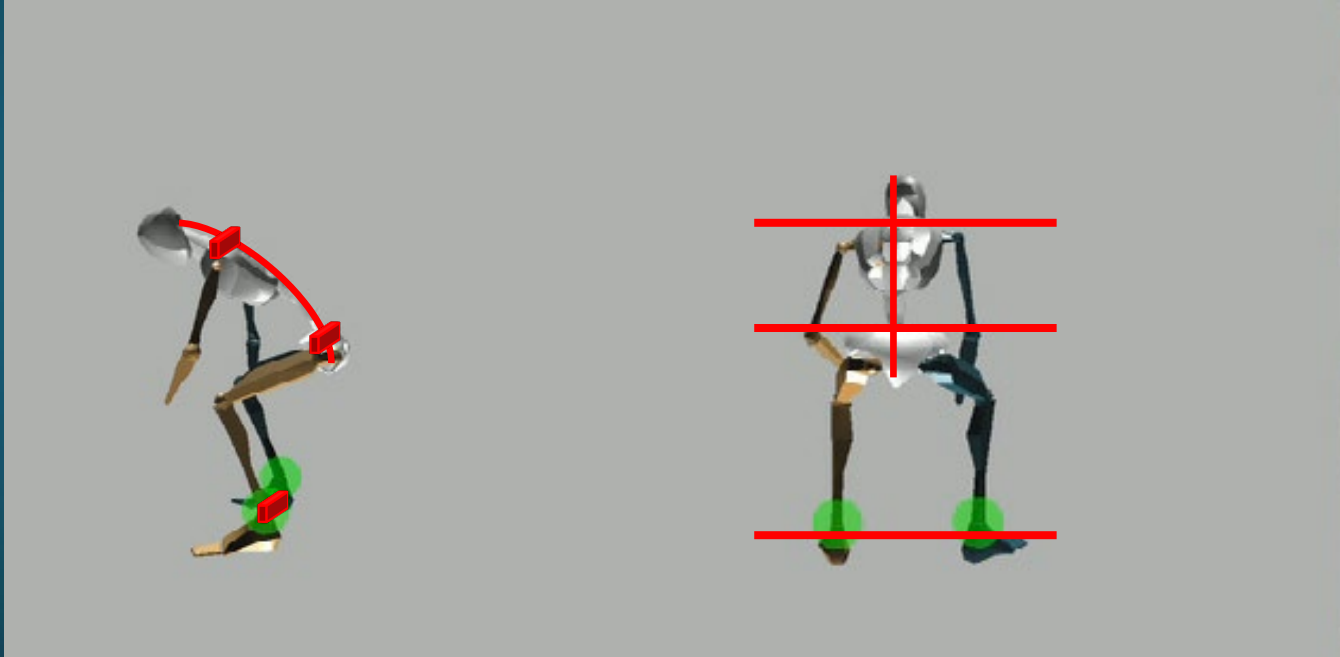
- Se laisser **une marge de sécurité** par :
  - une flexion modérée — ne jamais se pencher au maximum
  - une flexion des genoux (cas de charges au sol)
  - éviter les mouvements de torsion du tronc

# Critères de succès (prise/dépôt)

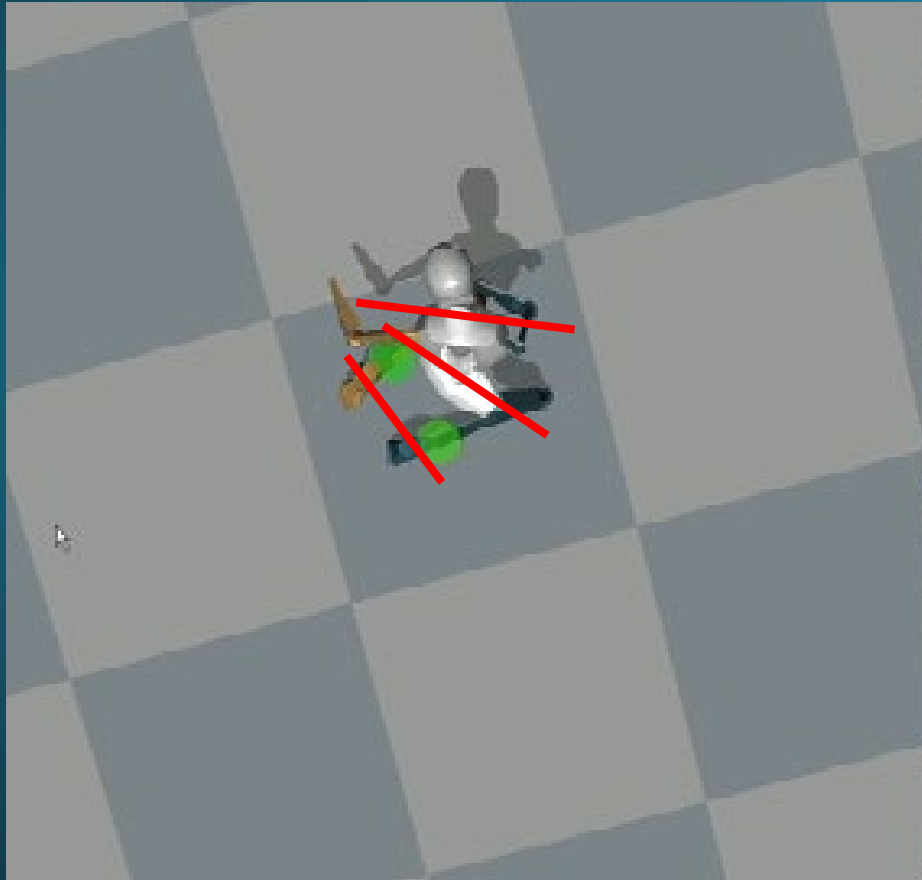
---

- Alignement postural : fixer des marges de sécurité (caisse au sol) :
  - En termes de **posture** → **au moment maximal** :
    - flexion lombaire < 50 degrés;
    - $50^\circ < \text{flexion des genoux} < 90$  degrés;
    - inclinaison du tronc < 90 degrés;
    - torsion du tronc < 30 degrés.
  - Moment asymétrique minimal;
  - Force de compression sous le seuil du NIOSH (< 3 400 N)

# Alignement : basé sur un comportement expert



# Asymétrie : pieds – bassin – épaules → pas alignés





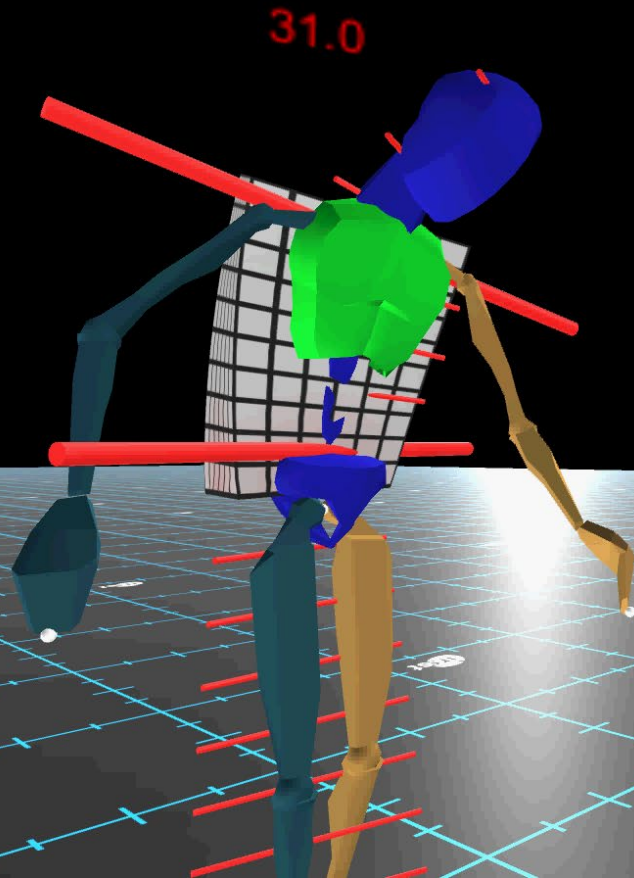
# Analyse de la vidéo assistée d'un avatar + d'indicateurs

New Unity F

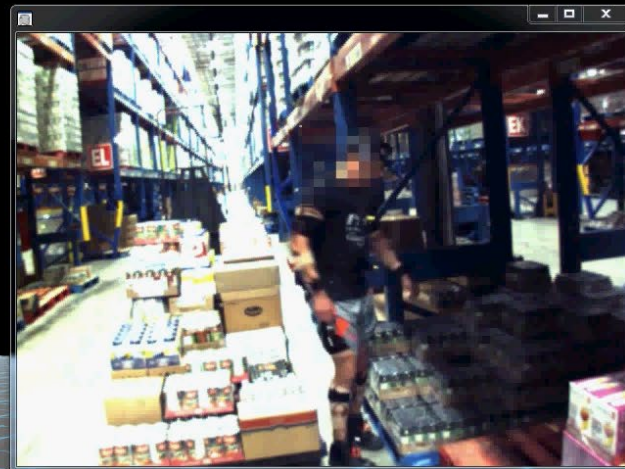
C:\Data\Solene\Sujets\S5\Sceances11\_15\_Aout\Torsion\Sujet005P-005\_frames\_65448-65960.mvnx



Unity toolbar containing icons for: +, first (irst), trash, heart, wrench and screwdriver, gear, question mark, and a red 'QUITTER' button with a small 'v' icon.



Video player interface showing a progress bar at the top. Below the bar, the text 'Image 44 (00:00:01.467)' is displayed. The current time is '00:00:01.467' and the total duration is '00:00:14.900'. Playback controls include buttons for previous, play/pause, next, and stop, along with a volume icon.



# Les principes en manutention

---

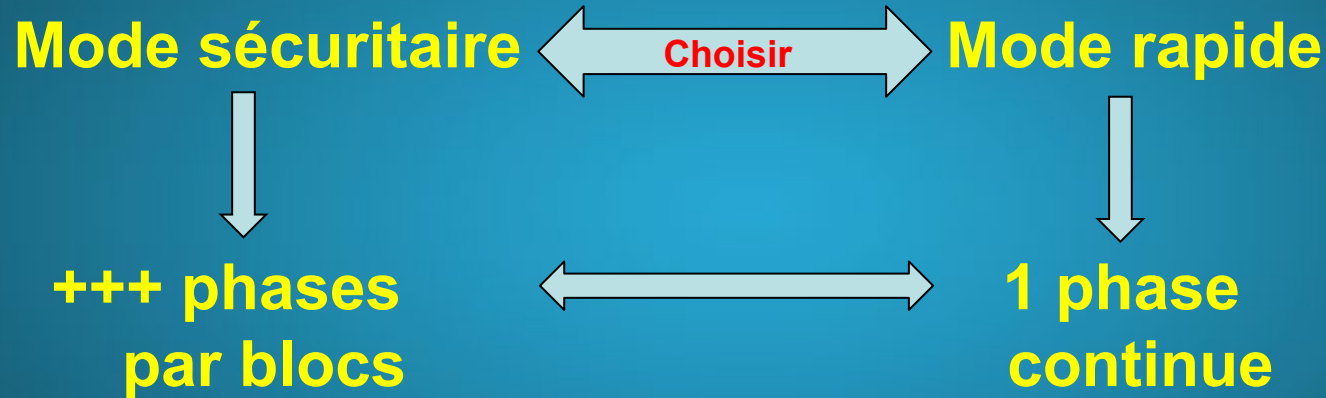
1. L'alignement postural
2. La mise sous charge :
  - parcours.
3. La stabilité
4. Le rythme

# Principe : la mise sous charge

---

- Moins on a la charge longtemps dans les mains, plus on s'économise.
- La phase où l'on supporte complètement la charge est la plus exigeante, il faut tenter de la réduire au maximum.

# Mise sous charge : différents parcours lors de la transition



Le choix du parcours dépend des déterminants dont :  
la charge à soulever, la hauteur, l'espace de travail.

# Principe de la mise sous charge : points clés

---

## 1. Prendre tard, déposer tôt :

- À la prise/dépôt : tirer/pousser – basculer – renverser pour rapprocher/éloigner une charge;
- Si possible **ne pas soulever la charge**; garder la charge appuyée;
- Durant la transition : minimiser la durée/parcours.
  - **Métriques :**
    - durée de transfert (s);
    - parcours de la charge (m);
    - moment cumulé (Nms);
    - déplacement des pieds (Muller et al., 2019).



# Vidéo Avatar

System Fade Conf Corp Segs Charge Param



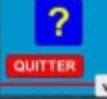
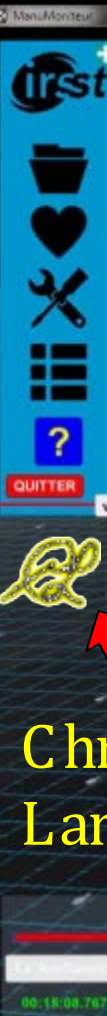
Christian Larue

Parcours boîte

Vidéo



Base d'appui

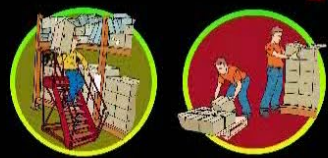
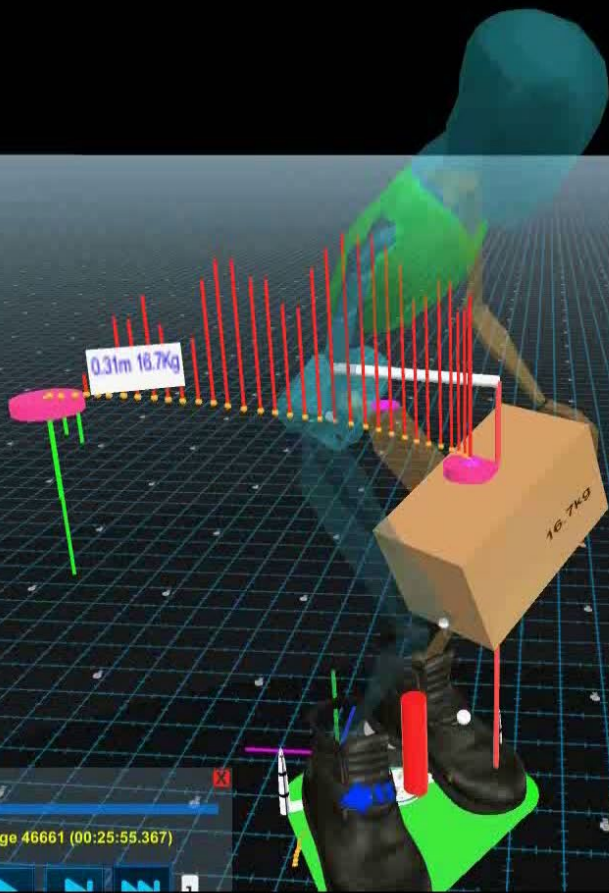




# Transition : mise sous charge



QUITTER



00:15:08.767

1/4 1/2 1X 2 4

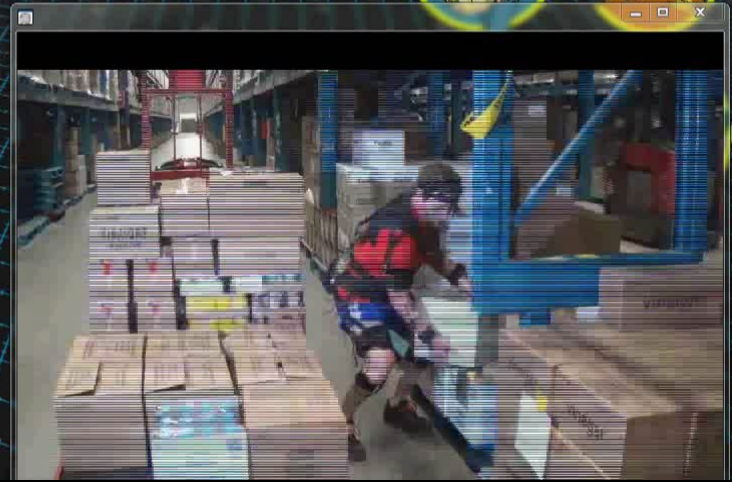
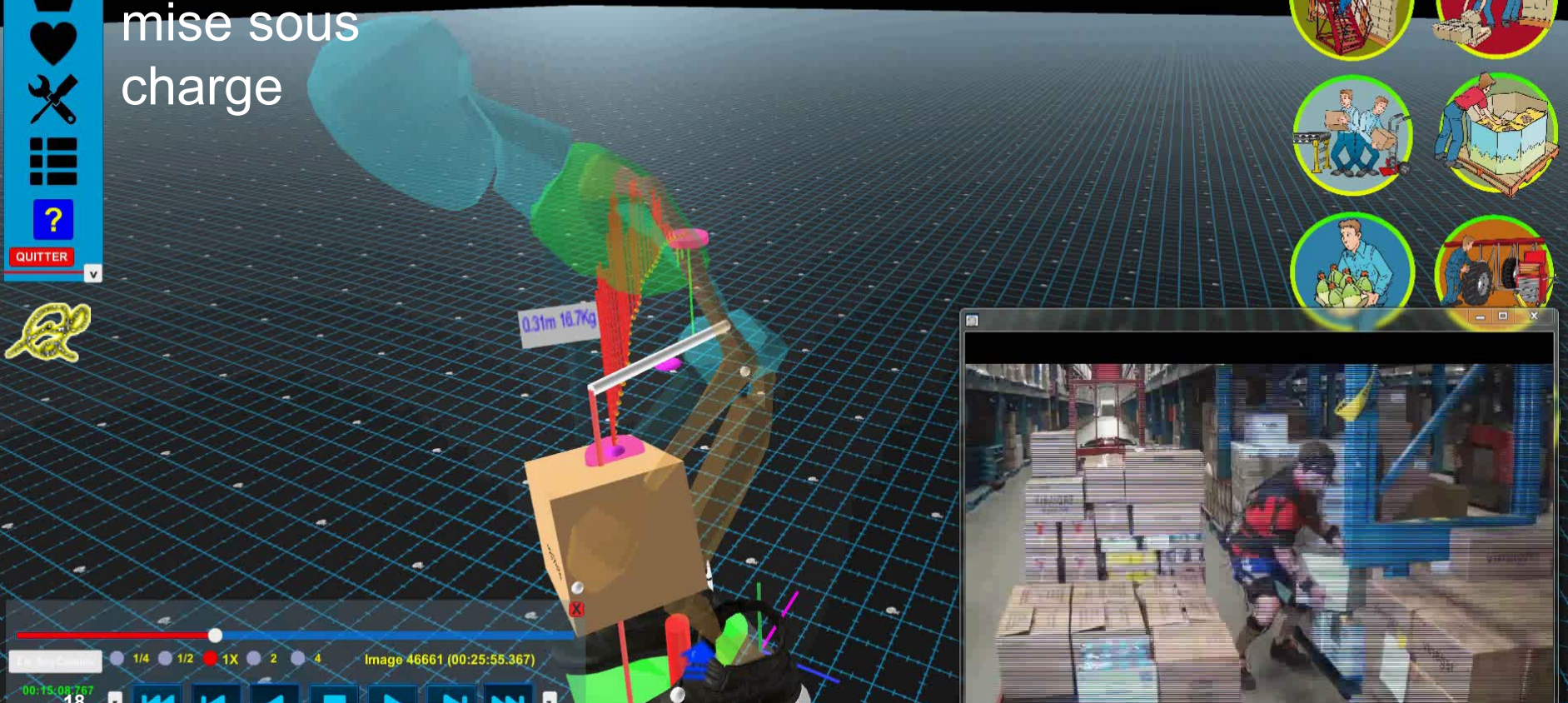
Image 46661 (00:25:55.367)



irst

- 🍵
- ❤️
- 🔧
- 📊
- ?
- QUITTER

Transition :  
mise sous  
charge

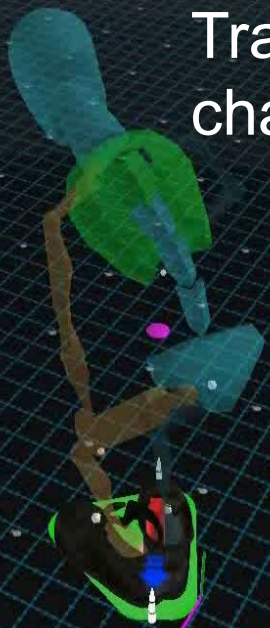






Transition : mise sous charge

System Fade Cont Cam Segs Charge Param



**Stabilité**

Pivots pieds

Gauche Droite

Poids

Distance

Distance < CoM/contour  
22cm 22cm

A diagram showing two foot pivots (Gauche and Droite) with a green line connecting them. A green circle represents the weight (Poids). A green circle represents the distance (Distance). A small 3D model of a person's head and torso is shown to the right of the diagram. A vertical green bar on the far right indicates a level or status.

00:23:29.200

1/4 1/2 1X 2 4

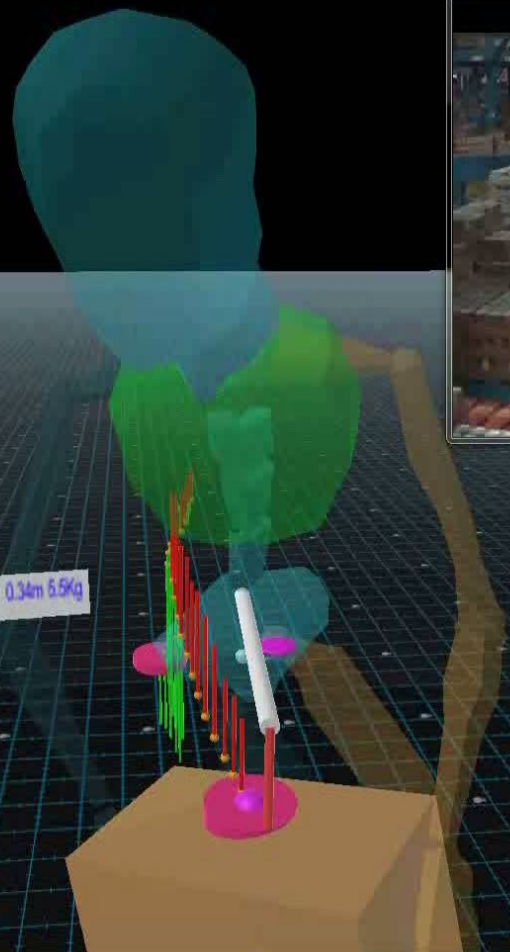
Image 46941 (00:26:04.700)

A video player interface showing a progress bar, a play button, and a volume icon. The video title is "Image 46941 (00:26:04.700)".

irsst

- ☰
- ♥
- 🔧
- ☰
- ?
- QUITTER

# Transition : mise sous charge



### Stabilité

Pivots pieds

Gauche Droite

Poids

Distance

Distance < CoM/coaritour  
3cm 27cm

00:15:10,100

1/4 1/2 1X 2 4

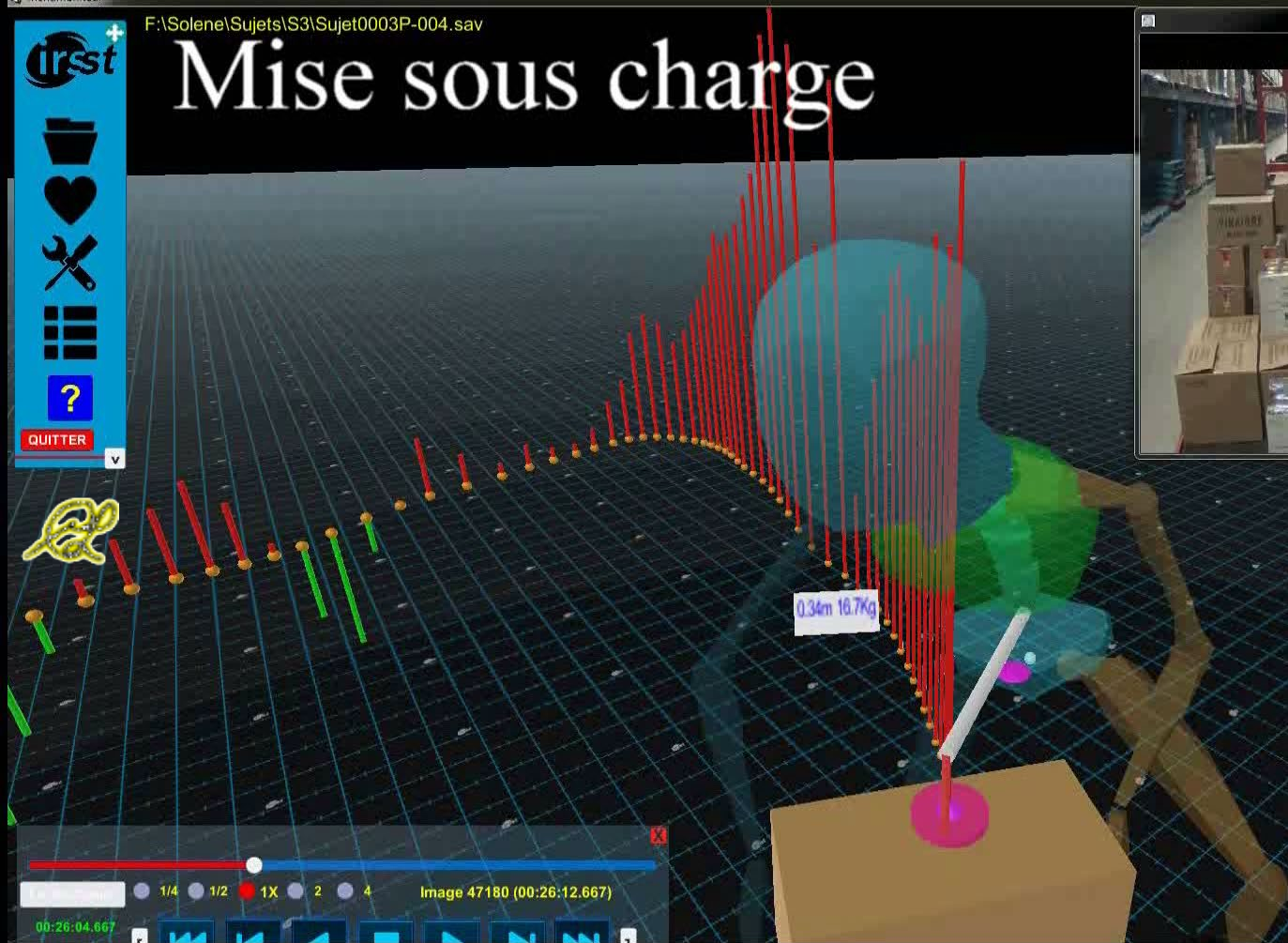
Image 27483 (00:15:16.100)



# Mise sous charge



QUITTER



### Stabilité

Pivots pieds

Gauche Droite

Poids

Distance

Distance < CoM/contour  
0cm 0cm

00:26:04.667

1/4 1/2 1X 2 4

Image 47180 (00:26:12.667)

# Les principes en manutention

---

1. L'alignement postural :

- position de la charge;
- posture.

2. La mise sous charge :

**3. La stabilité**

4. Le rythme

# Principe de stabilité : points clés

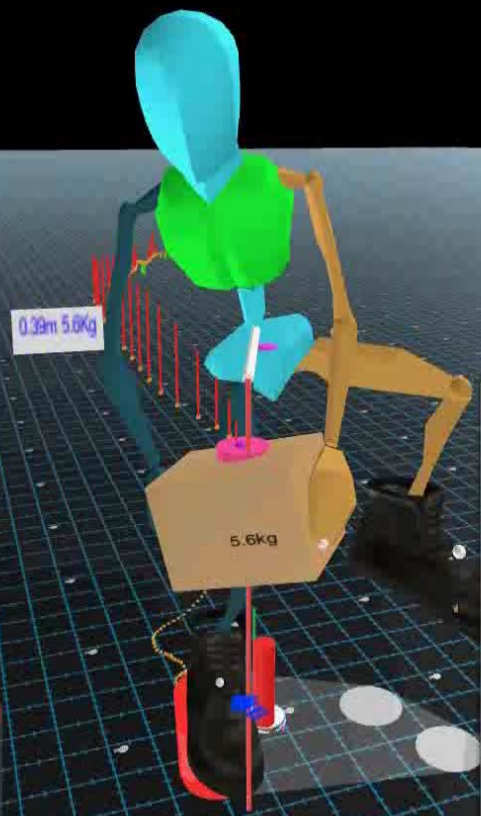
---

- Le manutentionnaire doit :
  - s'assurer d'une bonne stabilité lors de la prise et du dépôt;
  - être en mesure de déplacer la caisse (perte de stabilité) lors de la transition;
  - métriques :
    - centre de gravité à l'intérieur de la base de support à la prise et au dépôt;
    - transfert de poids dans la direction du mouvement;
    - pivot sur un pied = base de support trop petite → à proscrire.

trst

QUITTER

# Équilibre



### Stabilité

Pivots pieds

Gauche Droite

Poids

Distance

Distance = CoM/centreur  
0cm 0cm



00:14:17.067

1/4 1/2 1X 2 4

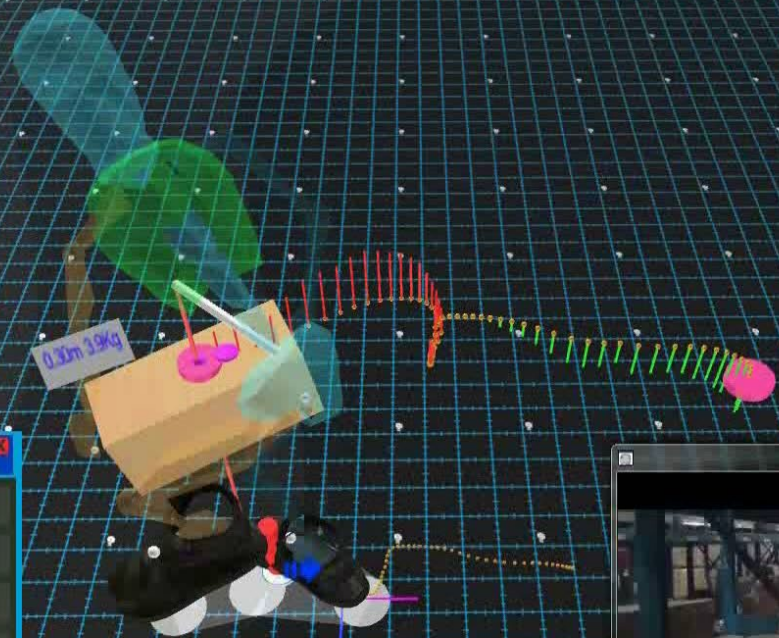
Image 25712 (00:14:17.067)





QUITTER

# Équilibre



**Stabilité**

Pivots pieds

Gauche Droite

Poids

Distance = CoM/coonbur  
0cm 0cm



# Conclusion

---

- Plusieurs principes ont des métriques ainsi que des critères de succès assez bien établis surtout en ce qui concerne la phase de prise (tel l'alignement).
- Par contre, pour ce qui concerne la stabilité ou encore la quantification du parcours du manutentionnaire, des développements sont encore nécessaires.
- Un projet de recherche est en cours ayant pour objectif de développer ces métriques et ces critères.



# Remerciements

---

- Professionnels scientifiques
  - CHRISTIAN LARUE
  - HAKIM MECHERI
  - SOPHIE BELLEFEUILLE
  - CYNTHIA APPLEBY
- Stagiaires
  - XAVIER ROBERT-LACHAINE
  - ANTOINE MULLER
  - JASMIN VALLÉE-MARCOTTE
- Chercheurs
  - DENYS DENIS
  - PHILIPPE CORBEIL

# Quelques recherches à consulter

- [Développement d'un système de mesures et d'un protocole de mesures permettant de quantifier l'exposition physique des manutentionnaires](#)
- [Estimation du chargement au dos - Développement d'une méthode ambulatoire intégrant la cinématique du dos et de l'électromyographie](#)
- [Estimation du chargement lombaire au moyen de modèles biomécaniques articulaires - Évaluation et application](#)
- [Impacts biomécaniques et ergonomiques de la manutention chez les travailleurs obèses](#)
- [Les femmes manutentionnaires - Un point de vue biomécanique et ergonomique](#)
- [Programme de formation participative en manutention manuelle - Fondements théoriques et approche proposée](#)
- [Manutention – Comparaison des façons de faire entre les experts et les novices](#)
- [Comparaison de deux modèles biomécaniques articulaires dans l'évaluation du chargement lombaire](#)