

Rendez-vous de la science

Bertrand Galy

**Harnais de sécurité : confort en
suspension et lors de
mouvements contrôlés**



Équipe de recherche



Bertrand Galy



Chantal Gauvin



Université du Québec
à Montréal



Denis Marchand



Guillaume Montpetit (*M. Sc. A.*)



Antoine Archambault (*M. Sc. A.*)



Marie-Anne Landry-Duval (*M. Sc. A.*)



Marion Poirier (*M. Sc. A.*)



Jean Arteau



McGill



Yves Beauchamp

Problématique SST – Chutes de hauteur

2022 (chutes) : **15 décès** ; 22 % des décès au travail, **2^e cause**

Top 10 des causes de lésions professionnelles (Duguay et al. 2017)

- **5000** lésions professionnelles par an en moyenne
- Arrêt de travail moyen : **142 jours** (2010-2012)

2^e cause d'accident en termes de coûts par année : **397 M\$** (Lebeau et al. 2013)

Coût moyen par accident \approx **81 000 \$** (double de la moyenne des accidents)



Problématique SST – Différents types de harnais



Harnais en H
(anneaux pour positionnement)

Source : Miller



Harnais en X
(anneau pour échelle)

Source : Dynamic Safety



Harnais en Y
(anneau pour échelle)
(anneau ventral)
(anneaux pour positionnement)

Source : Singer Frères

Problématique SST – Harnais

Période 1998-2020 :

- 32 rapports d'accident dont 21 où le harnais n'était pas porté
- 26 décès
- Souvent le harnais est disponible mais non porté

Les harnais de sécurité ne sont pas toujours portés :

- Trop chauds
- Trop lourds
- Pas pratiques

⇒ Besoin de harnais confortables

⇒ Certains types de harnais favorisent-ils le confort ?



Problématique SST – Traumatisme de suspension

Les harnais peuvent être dangereux lors de la suspension qui suit un arrêt de chute :

- Le traumatisme de suspension peut survenir très rapidement

⇒ Certains types de harnais sont-ils moins dangereux ?

⇒ Les *trauma straps* sont-ils efficaces ?



Source : <https://www.whitecap.com/fall-protection/descent-rescue>



Source : <https://canadasafety.com/product/suspension-trauma-safety-strap-9501403c/>



Source : <https://www.safetydirect.ca>

Objectifs



1. Évaluer le confort de différents types de harnais
 - a) Pour des mouvements contrôlés
 - b) En suspension prolongée
2. Identifier les caractéristiques permettant d'optimiser le confort (en suspension et pour les mouvements)

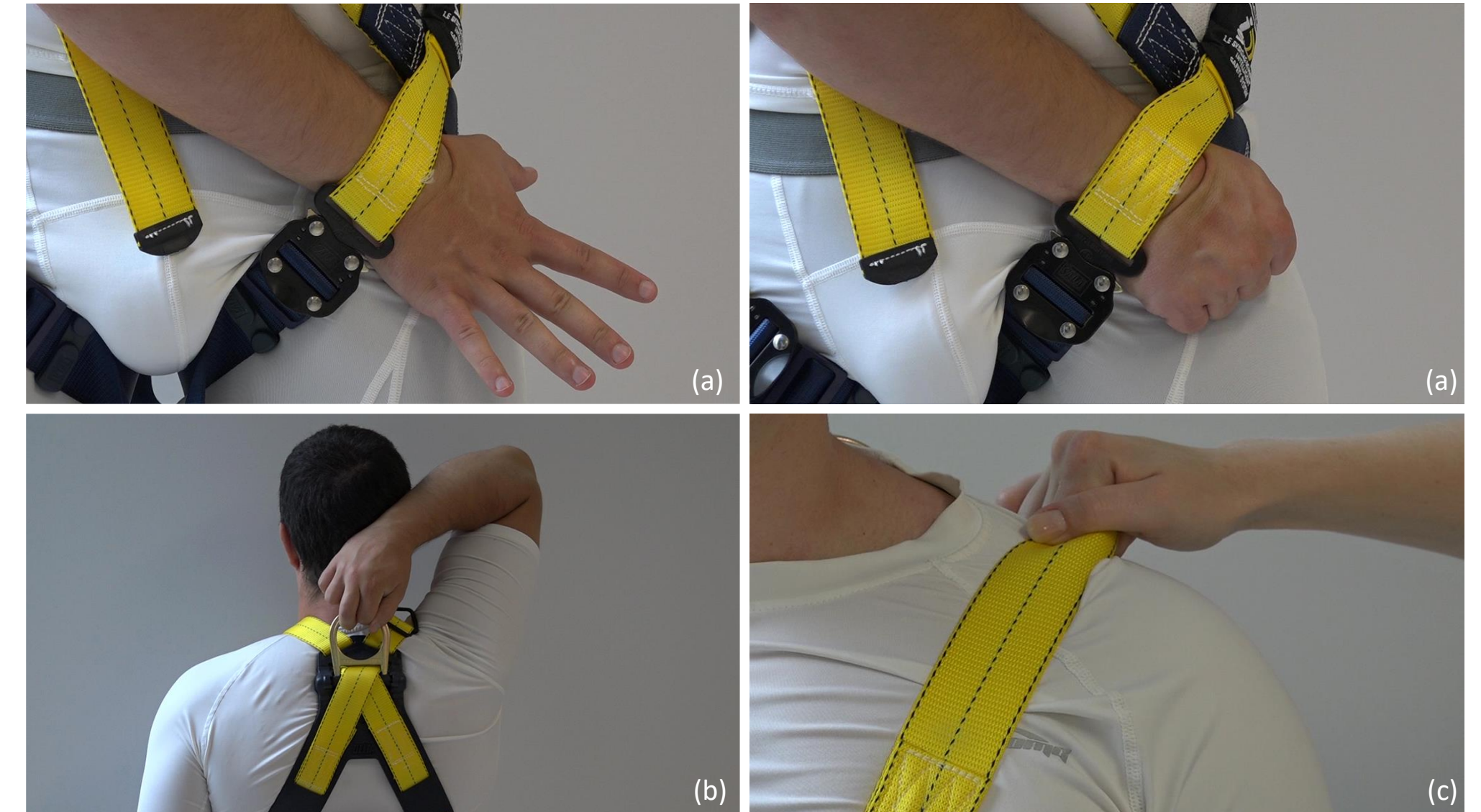
Section 1

Essais de laboratoire (harnais commerciaux)



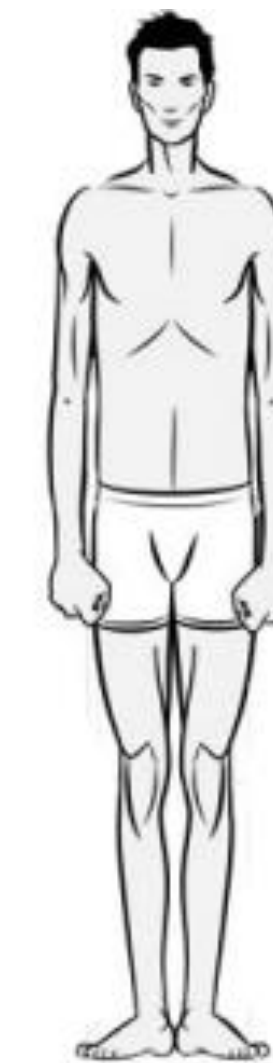
Essais de laboratoire - Méthodologie

- Ajustement du harnais => normalisé
- Mouvements contrôlés (représentatifs de mouvements observés)
- Suspension



60 participants (étudiants UQÀM)

Somatotype	Hommes	Femmes
Ectomorphe	10	10
Mésomorphe	10	10
Endomorphe	10	10



Ectomorph



Mesomorph



Endomorph

Essais de laboratoire - Méthodologie



Type X
Harnais A



Type H
Harnais B



Type Y
Harnais C

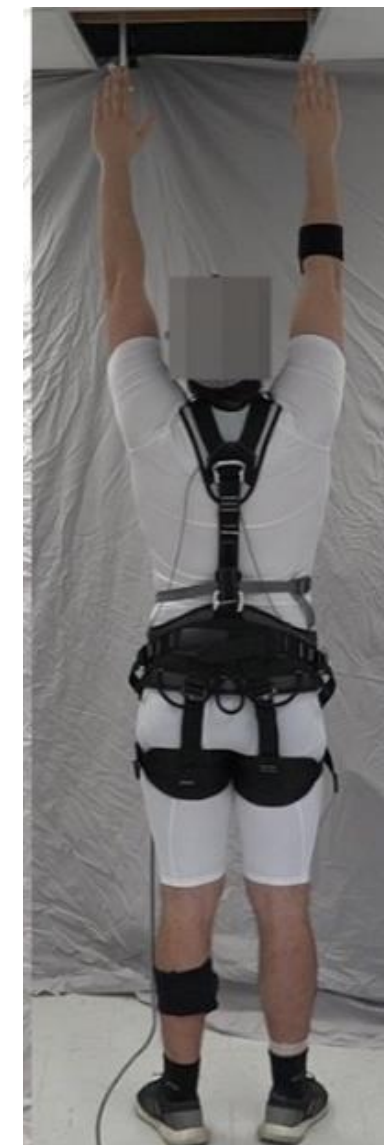
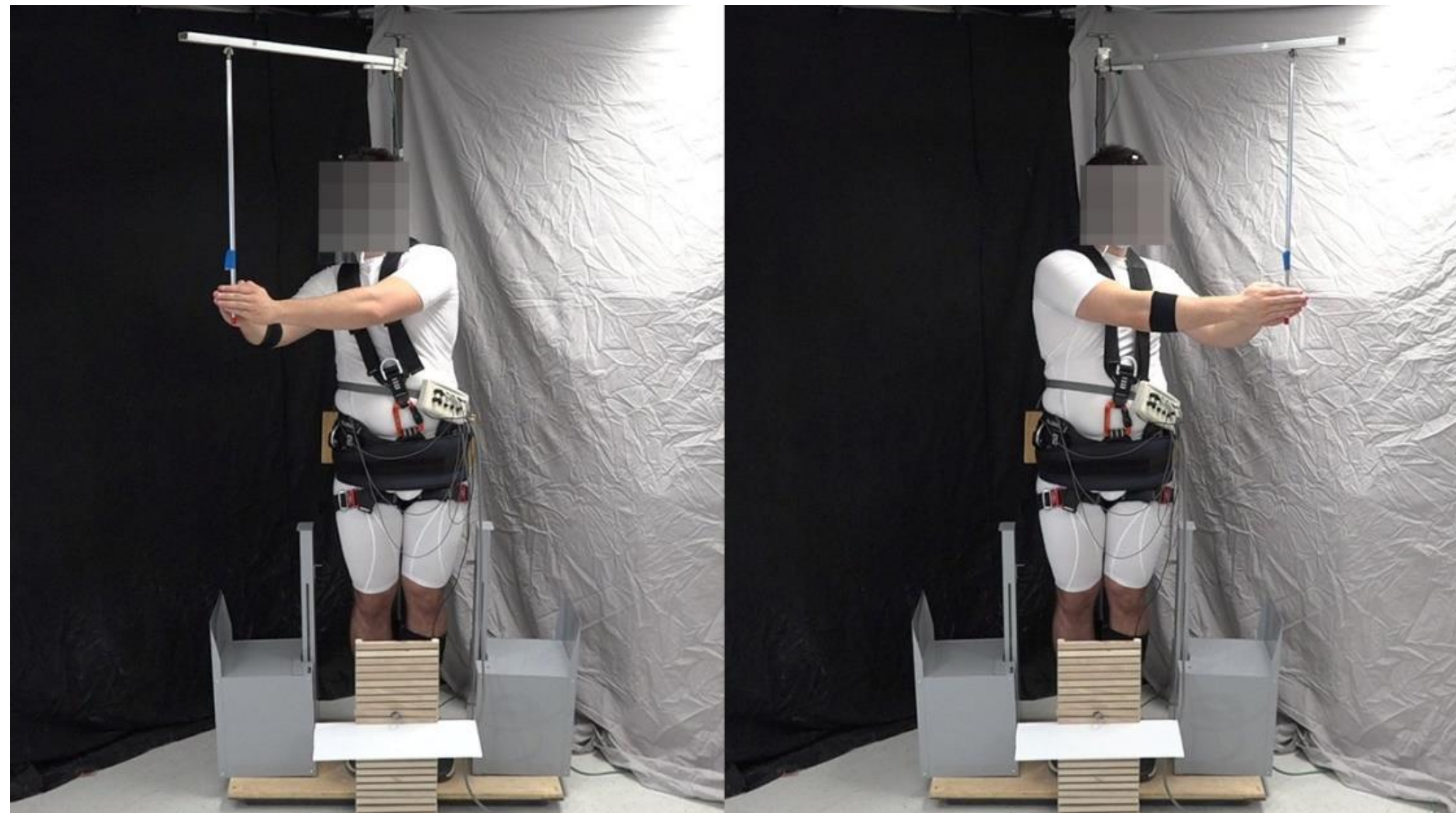


Type H
Harnais D

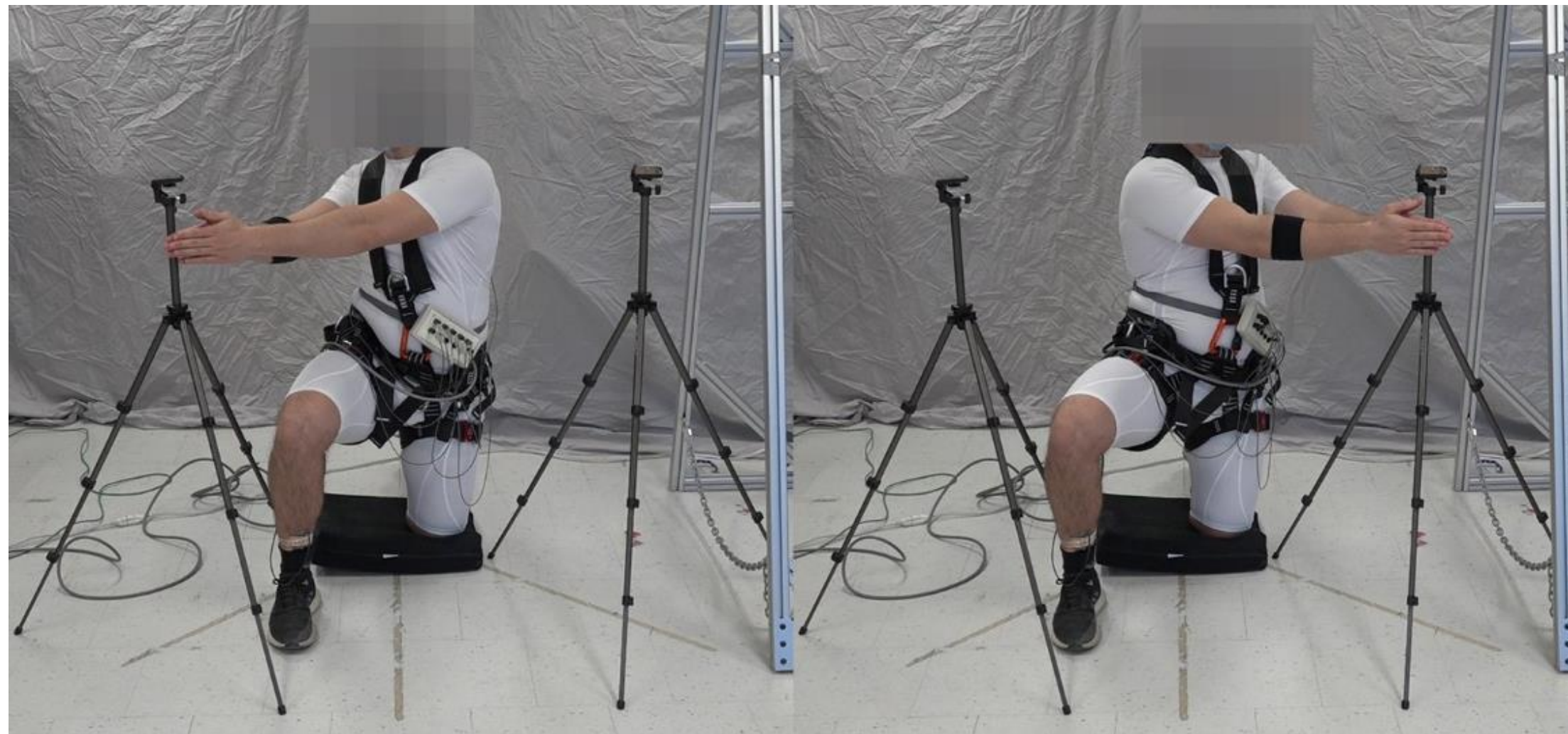
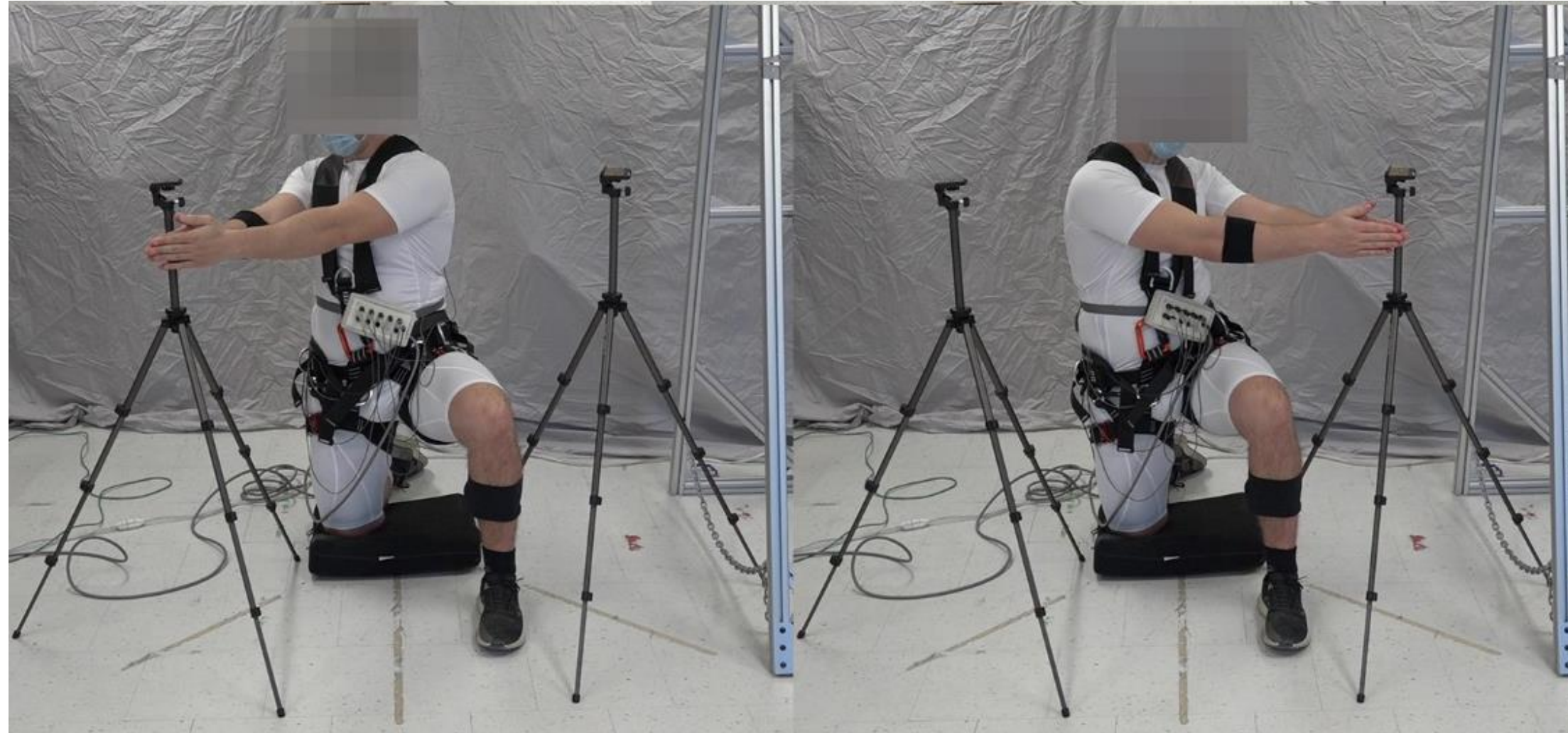
Essais de laboratoire - Méthodologie

Paramètres mesurés	Mouvements contrôlés	Suspension
Psychophysique : évaluation de l'inconfort par les participants	X	X
Biomécanique : tapis de pression	X	X
Biomécanique : électromyographie	X	
Physiologique : oxygénation cérébrale		X
Physiologique : oxygénation musculaire		X
Physiologique : rythme cardiaque		X
Physiologique : pression sanguine		X

Essais de laboratoire - Méthodologie



Essais de laboratoire - Méthodologie



Essais de laboratoire – Résultats (mouvements)

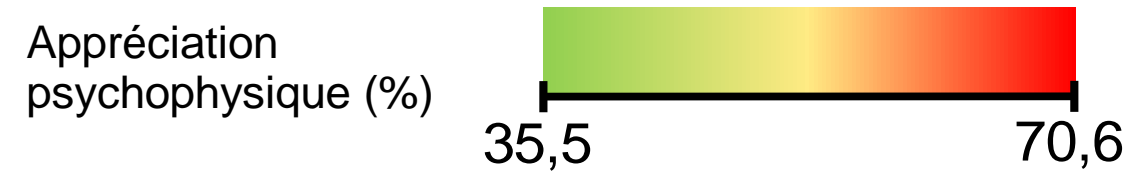


Harnais A (X)

Harnais B (H)

Harnais C (Y)

Harnais D (H)



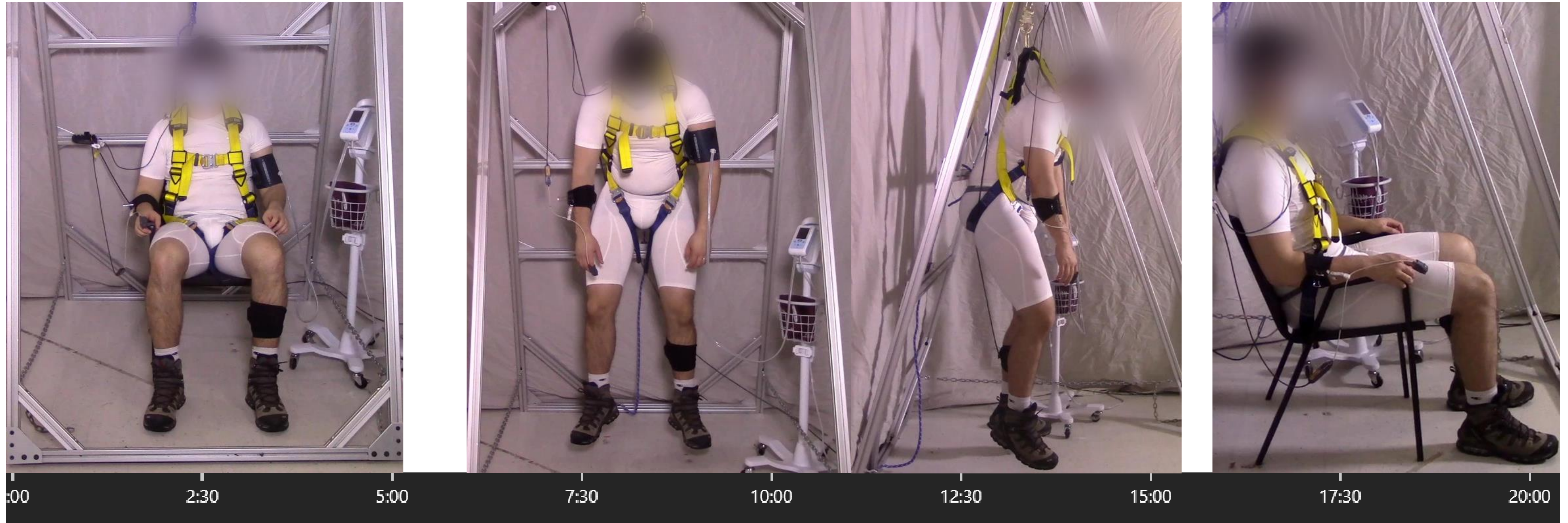
Mouvement	Zone	Harnais A (X)		Harnais B (H)		Harnais C (Y)		Harnais D (H)	
		Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite
Élévation des bras	Épaules	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
	Région pelvienne	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Penché en avant	Épaules	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Région pelvienne	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Inclinaison sur la gauche	Épaules	Green	Yellow	Yellow	Orange	Green	Green	Yellow	Orange
	Région pelvienne	Green	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Orange
Inclinaison sur la droite	Épaules	Yellow	Green	Orange	Green	Green	Green	Orange	Yellow
	Région pelvienne	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Green	Orange	Green
Rotation sur la gauche	Épaules	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Green	Red
	Région pelvienne	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Orange
Rotation sur la droite	Épaules	Orange	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Yellow
	Région pelvienne	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow
Chevalier JG rotation G	Épaules	Yellow	Yellow	Green	Orange	Yellow	Green	Yellow	Orange
	Région pelvienne	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Orange
Chevalier JD rotation D	Épaules	Orange	Orange	Orange	Green	Yellow	Yellow	Orange	Yellow
	Région pelvienne	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Orange	Yellow

Harnais en Y : le pire pour l'élévation des bras, le meilleur pour tout le reste

Harnais en X : intermédiaire entre Y et H

Harnais en H : restreignent les mouvements dissymétriques, globalement les moins bons

Essais de laboratoire – Méthodologie (suspension)



Mesure au repos

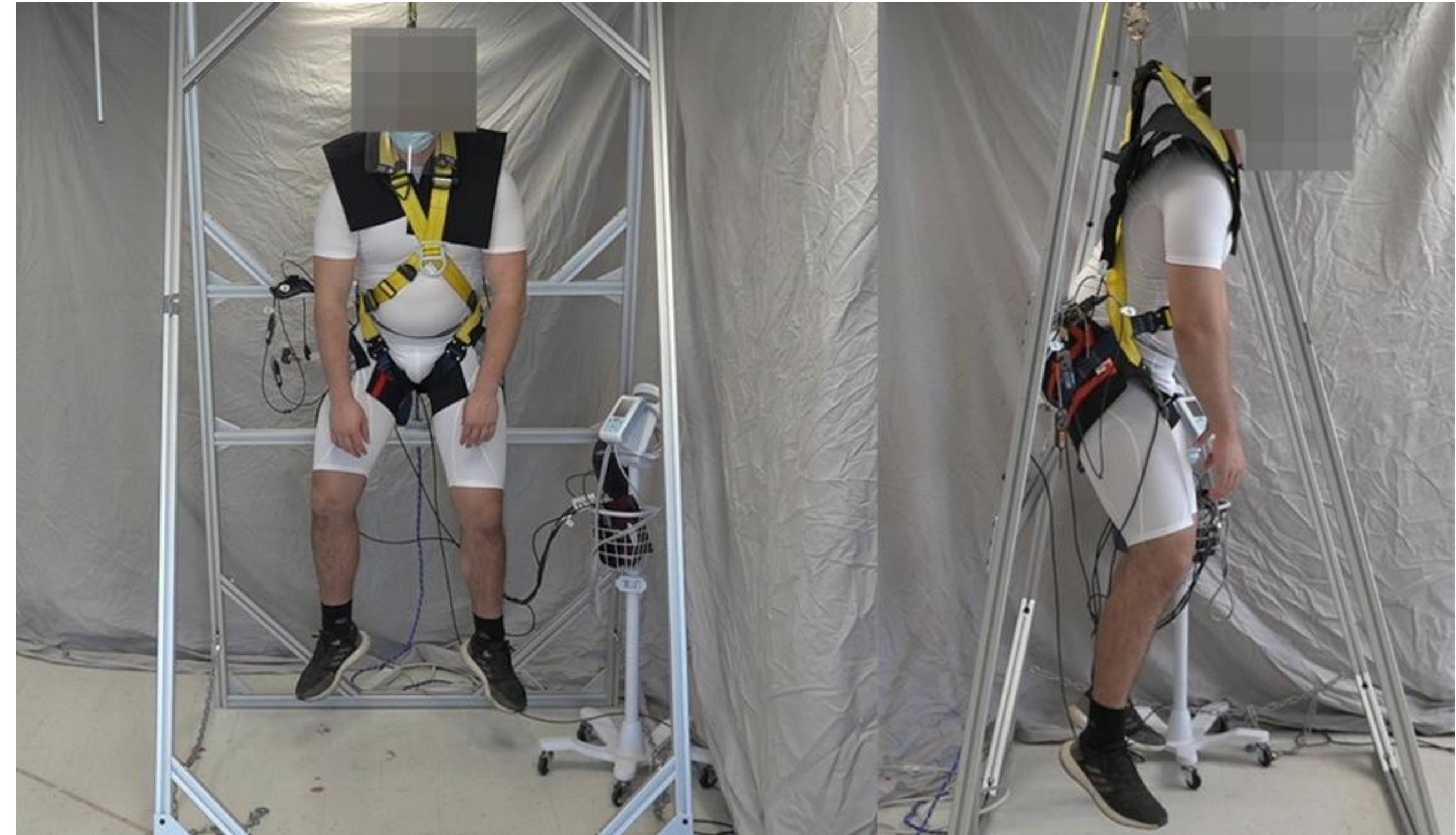
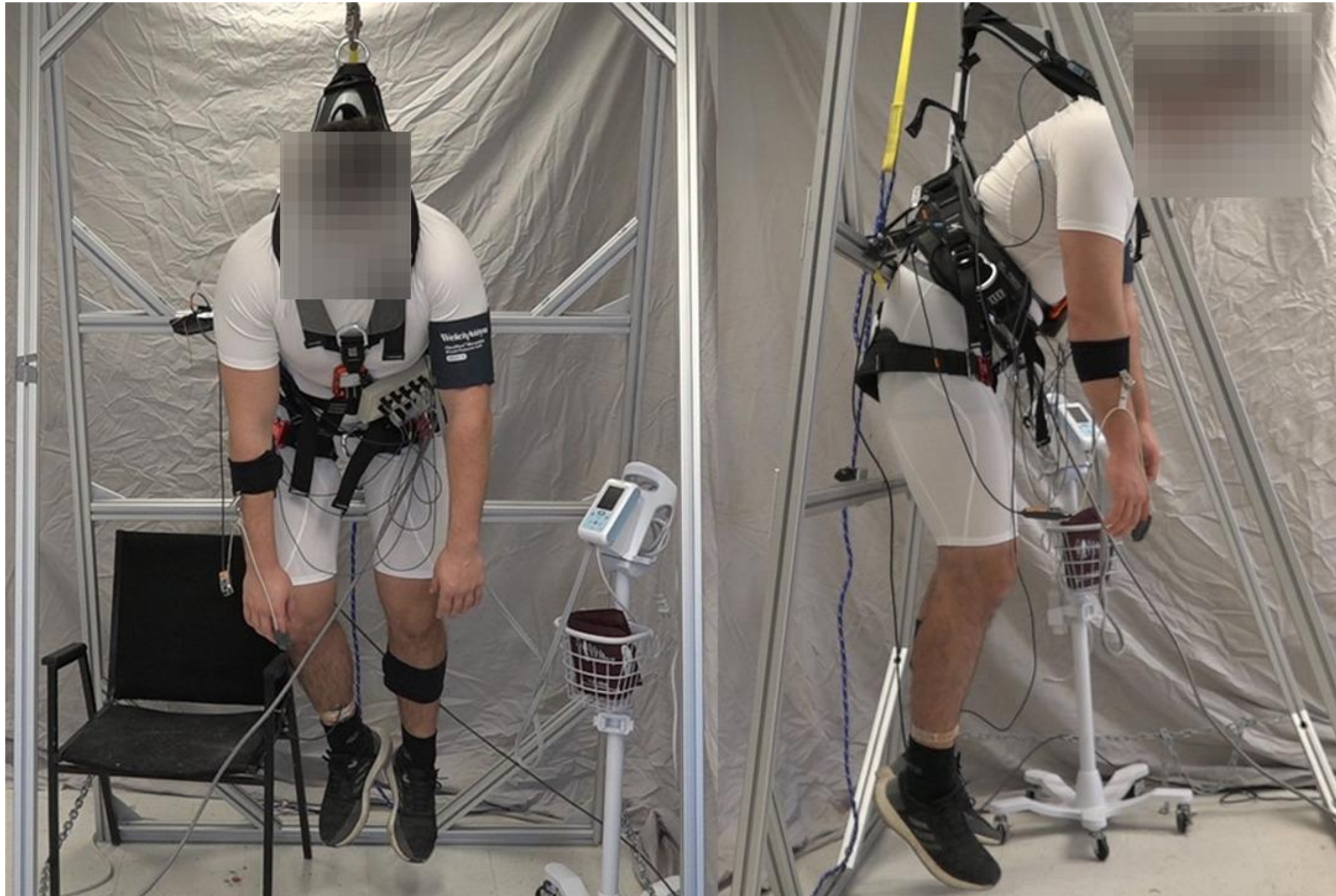
Transition

Suspension
(10 minutes)

Transition

Retour au repos

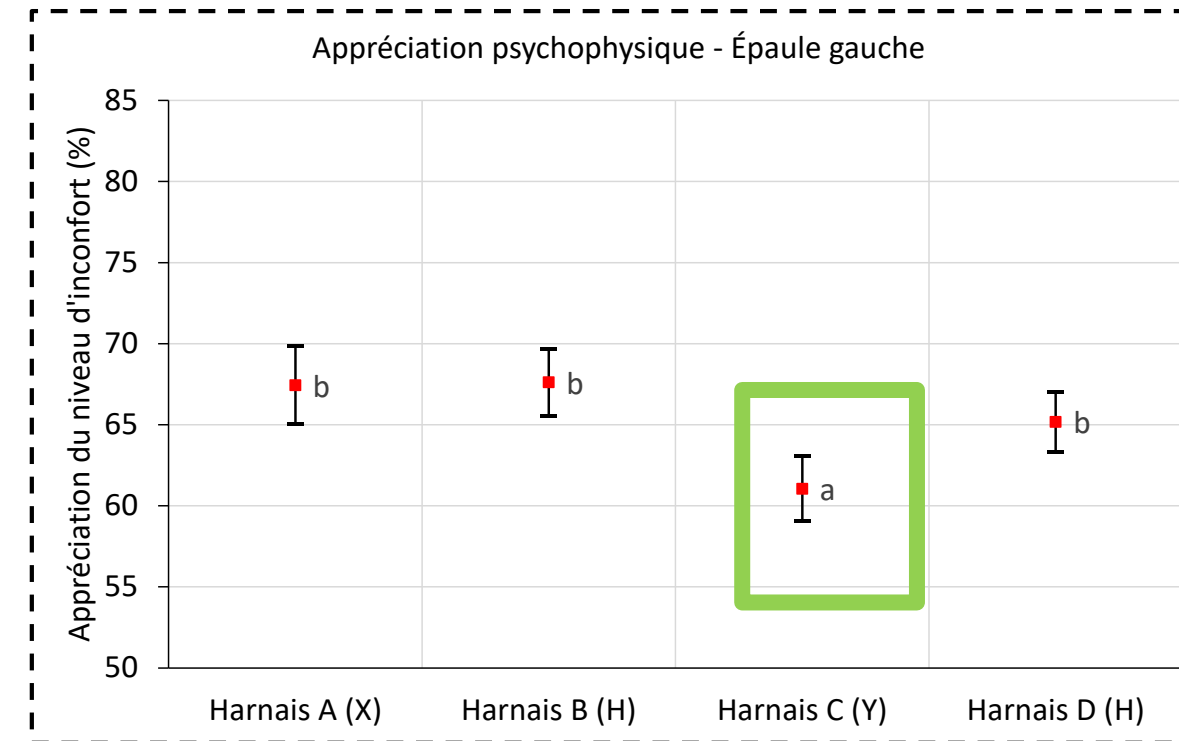
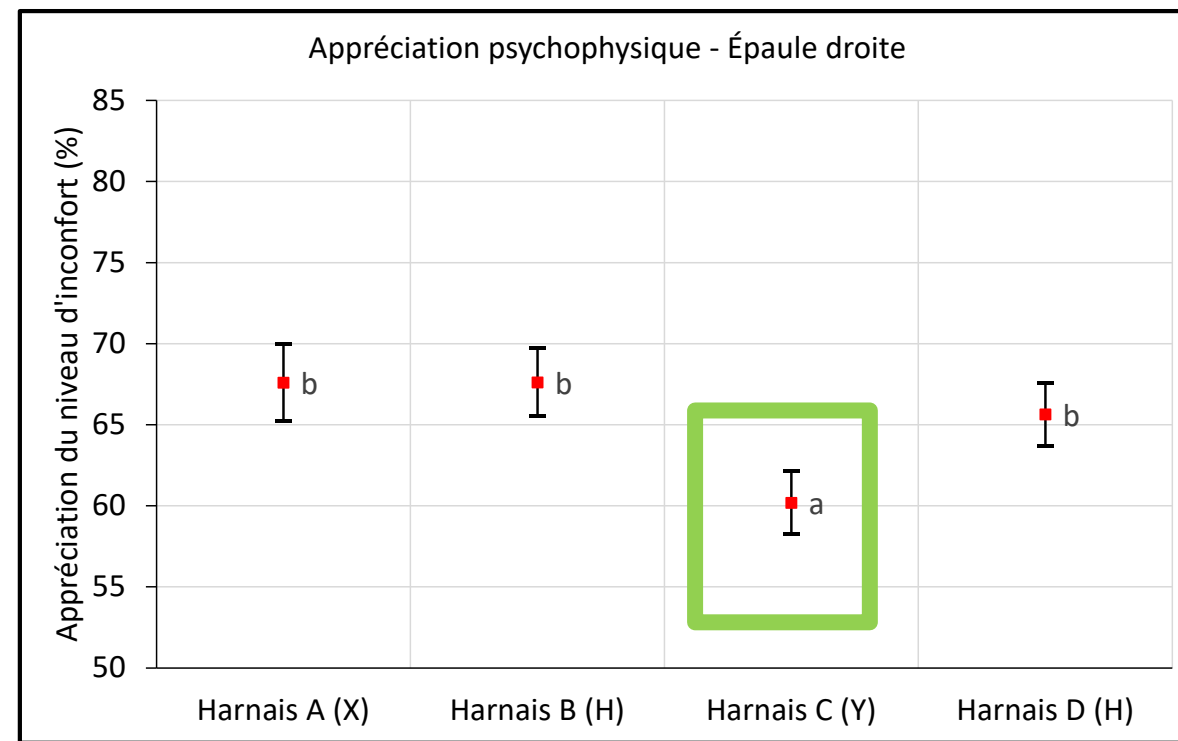
Essais de laboratoire – Méthodologie (suspension)



Suspension de 10 min :
Appréciation psychophysique et paramètres
physiologiques

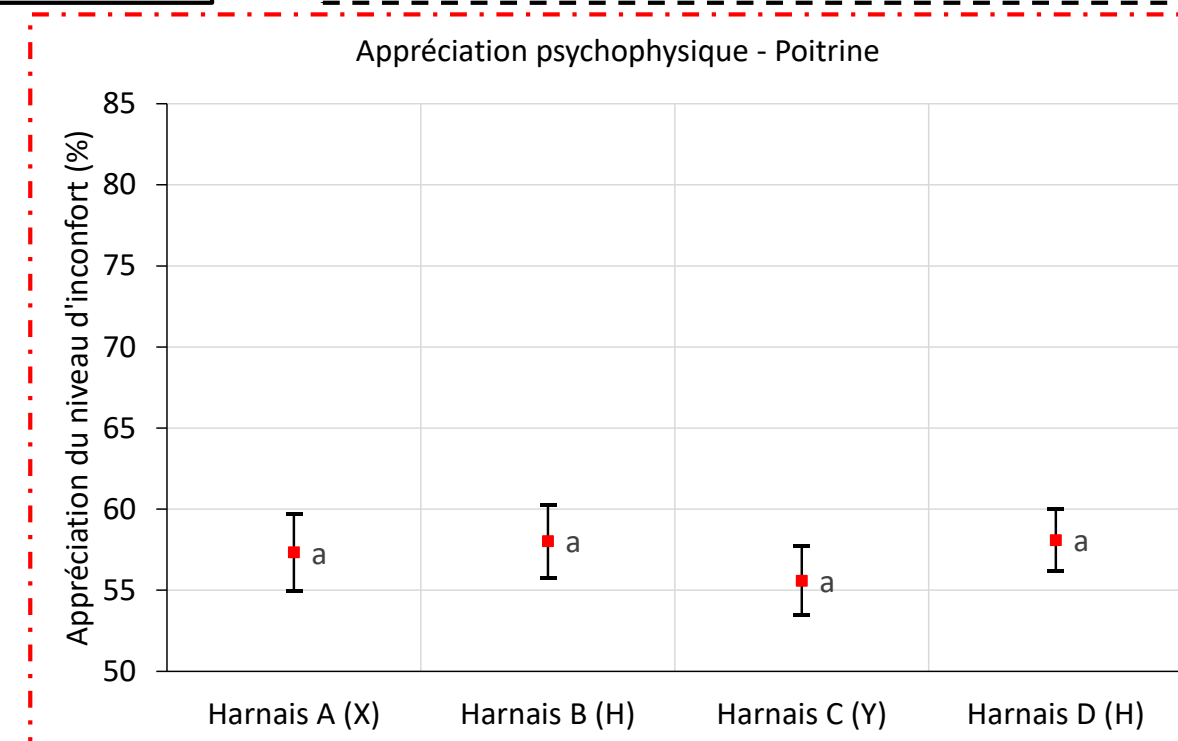
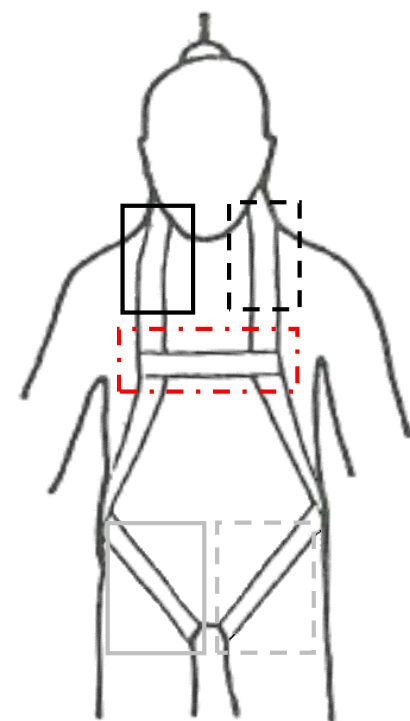
Suspension courte (environ 30 s)
Mesure de pression des sangles
(tapis de pression)

Essais de laboratoire – Résultats (suspension)



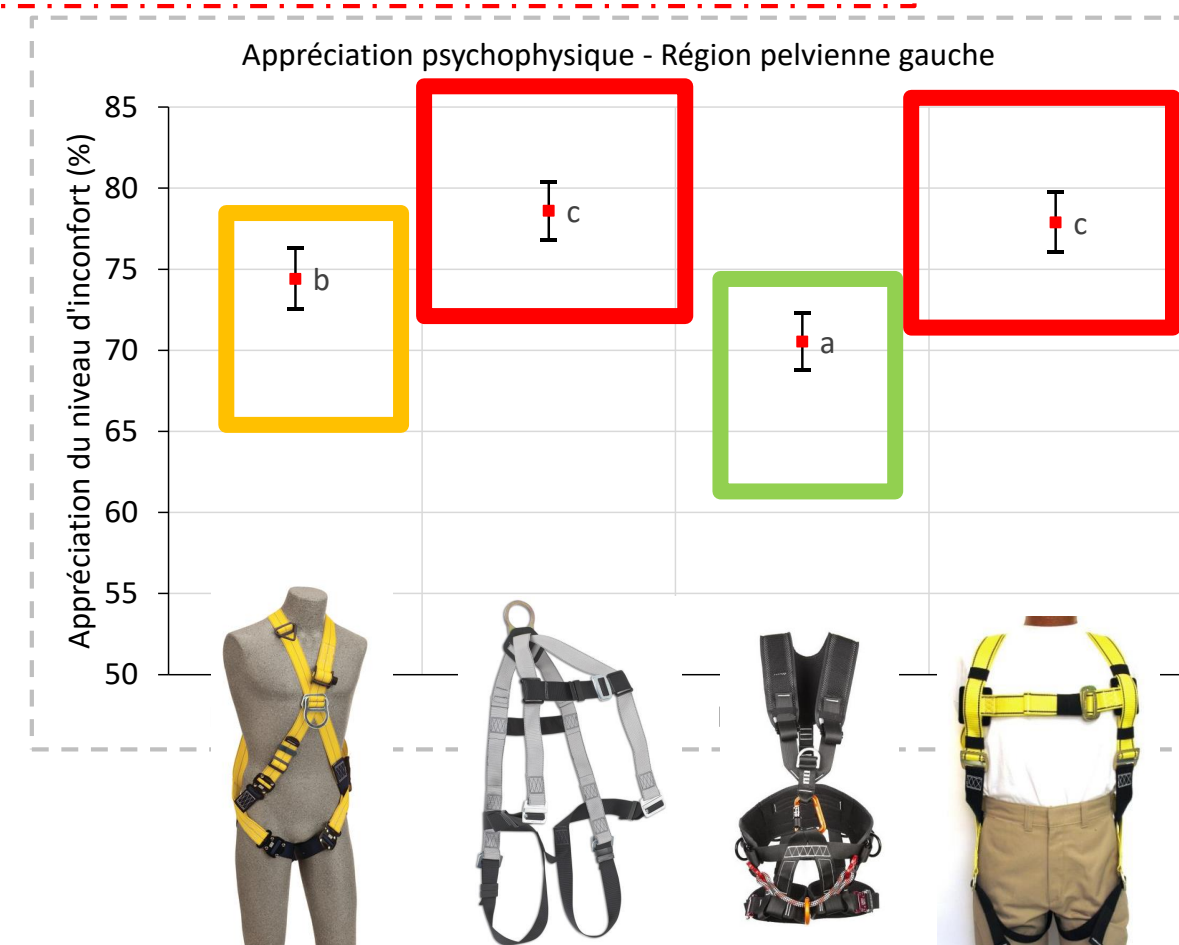
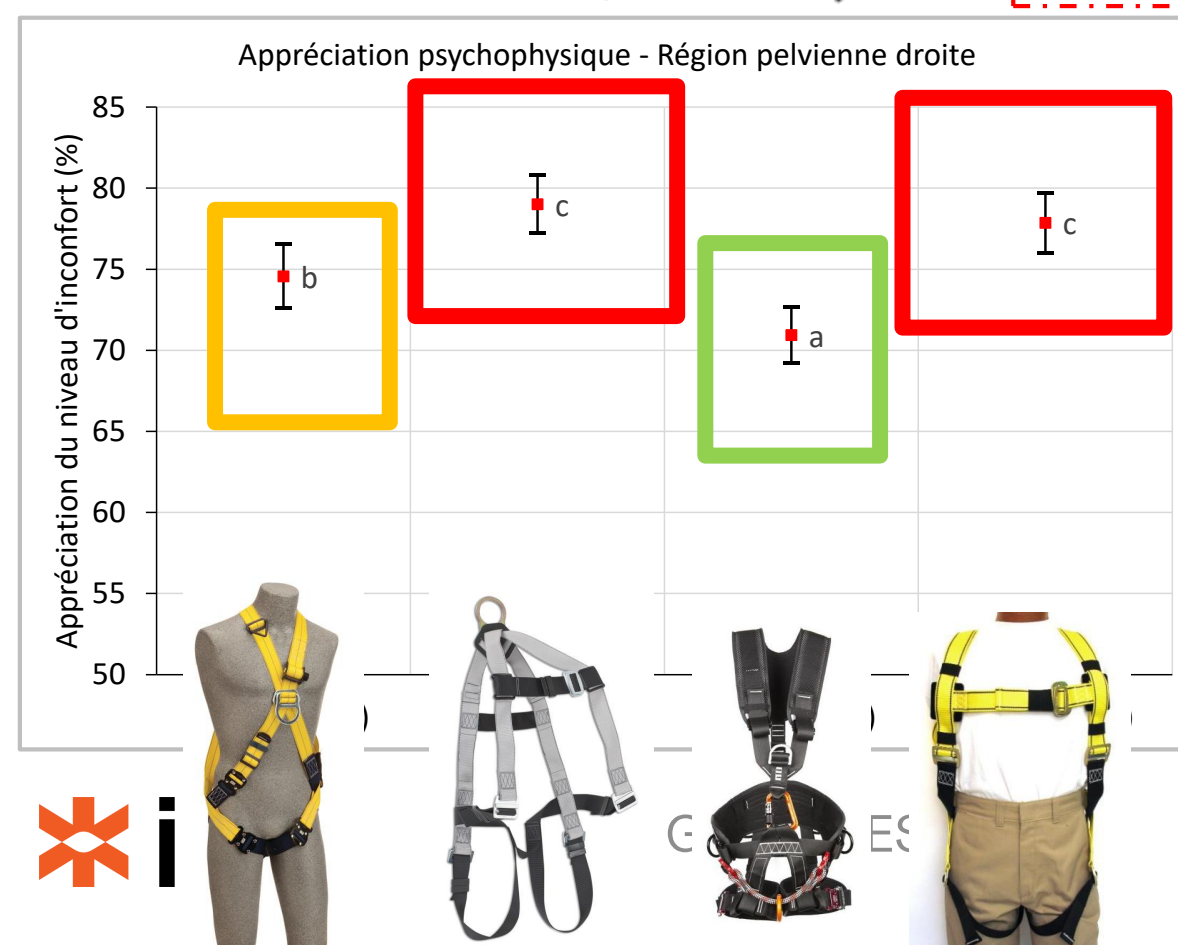
ÉPAULES

Harnais en Y : le meilleur
 Harnais en X : intermédiaire
 Harnais en H : les pires



POITRINE

Ici : moyenne pour 10 min de suspension



CUISSES

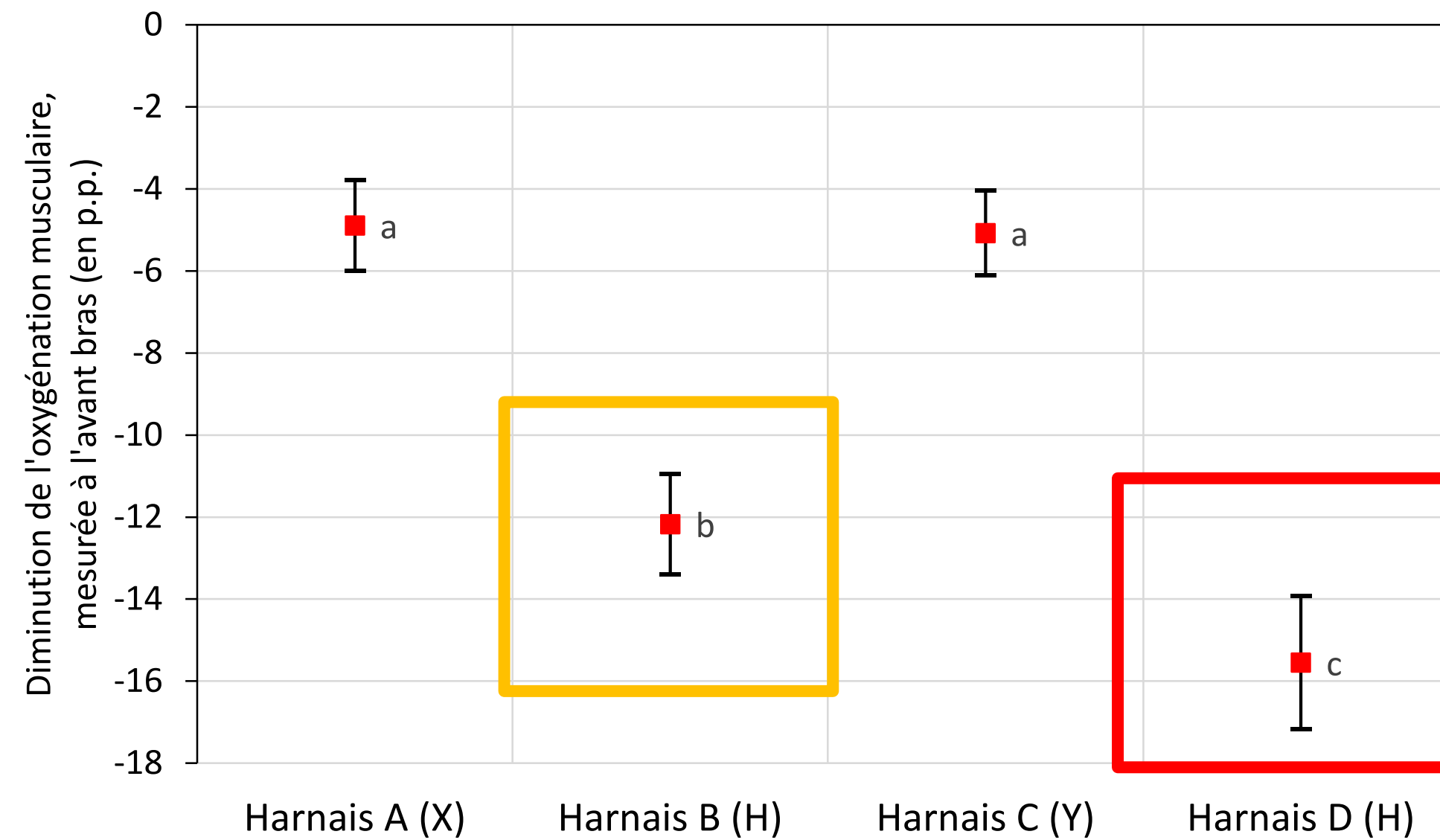
L'inconfort augmente avec le temps
 (toutes les zones du corps)



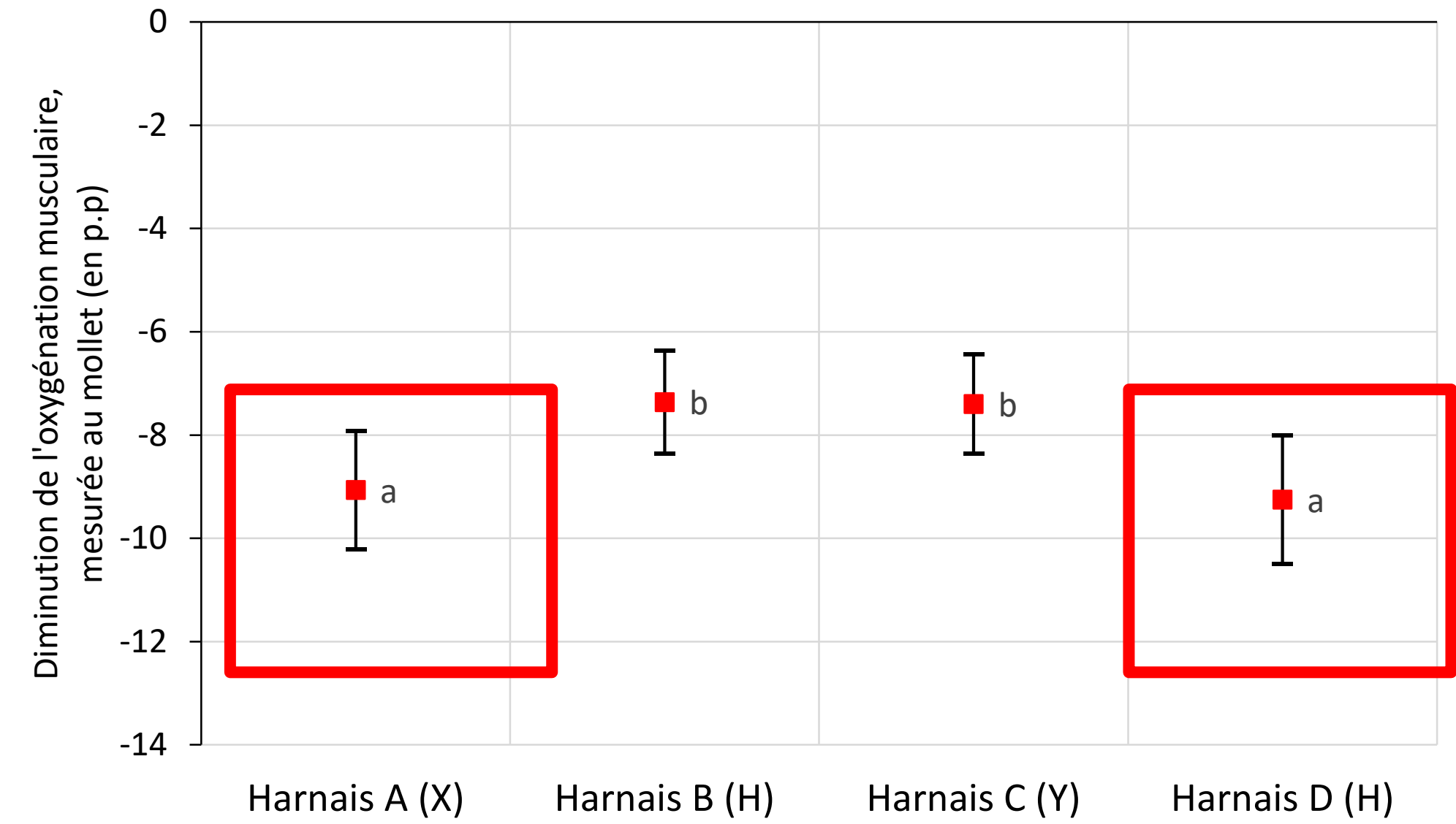
Essais de laboratoire – Résultats (suspension)



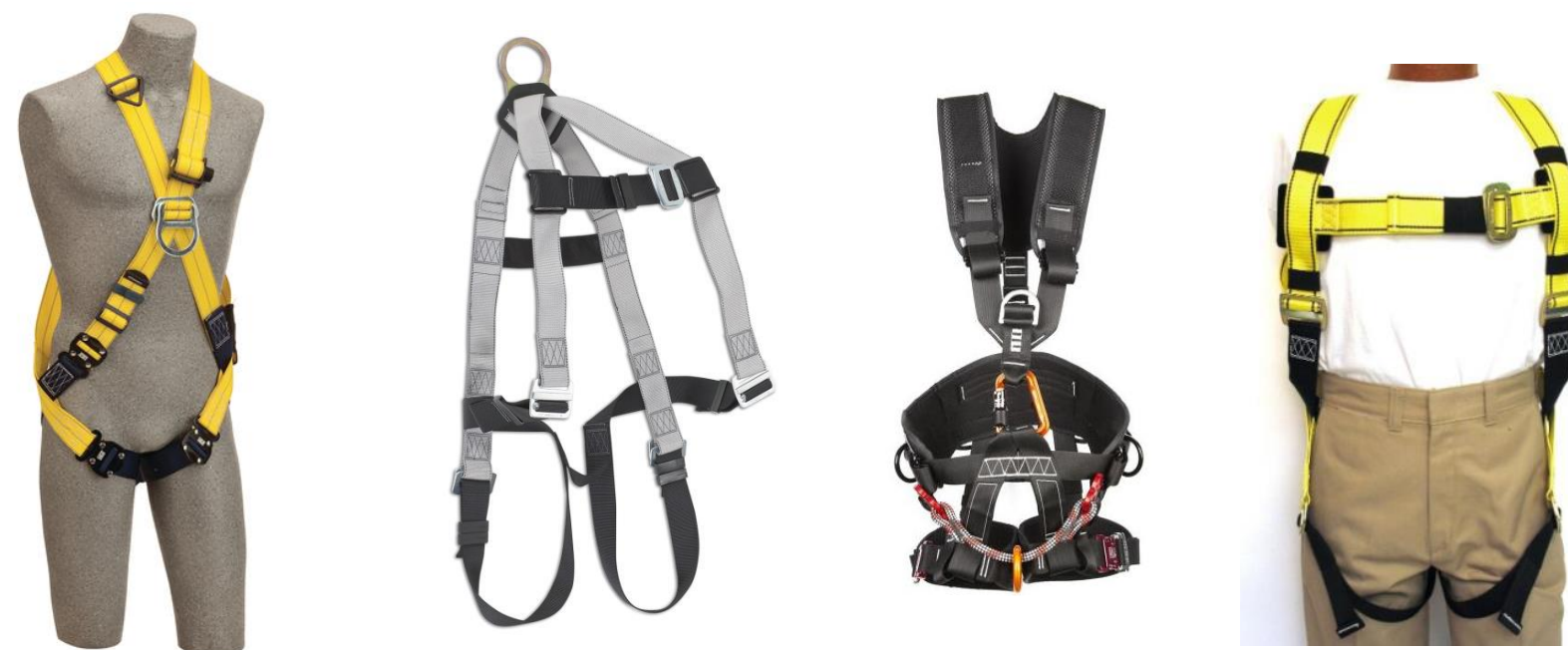
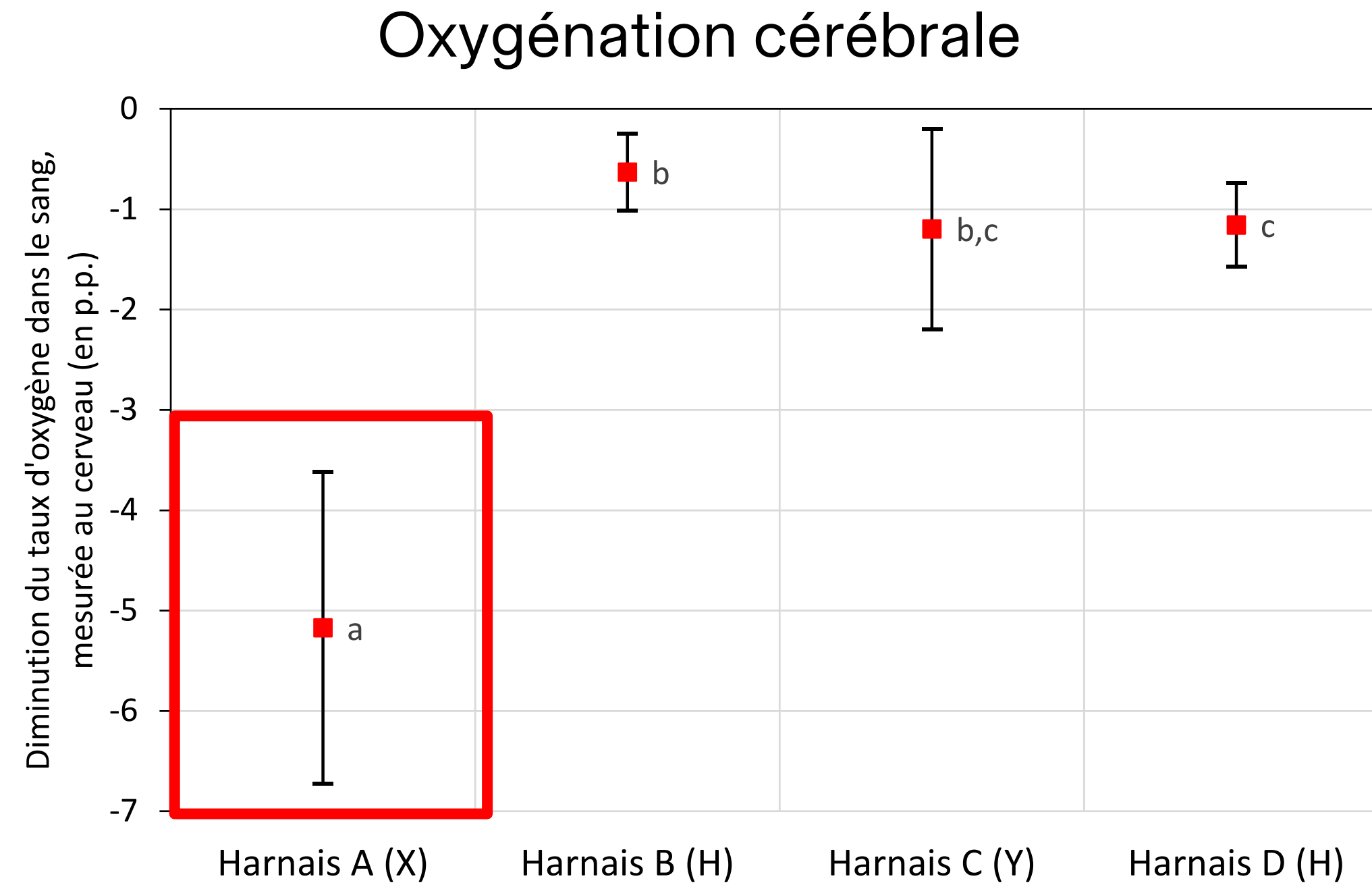
Oxygénation avant-bras



Oxygénation mollet



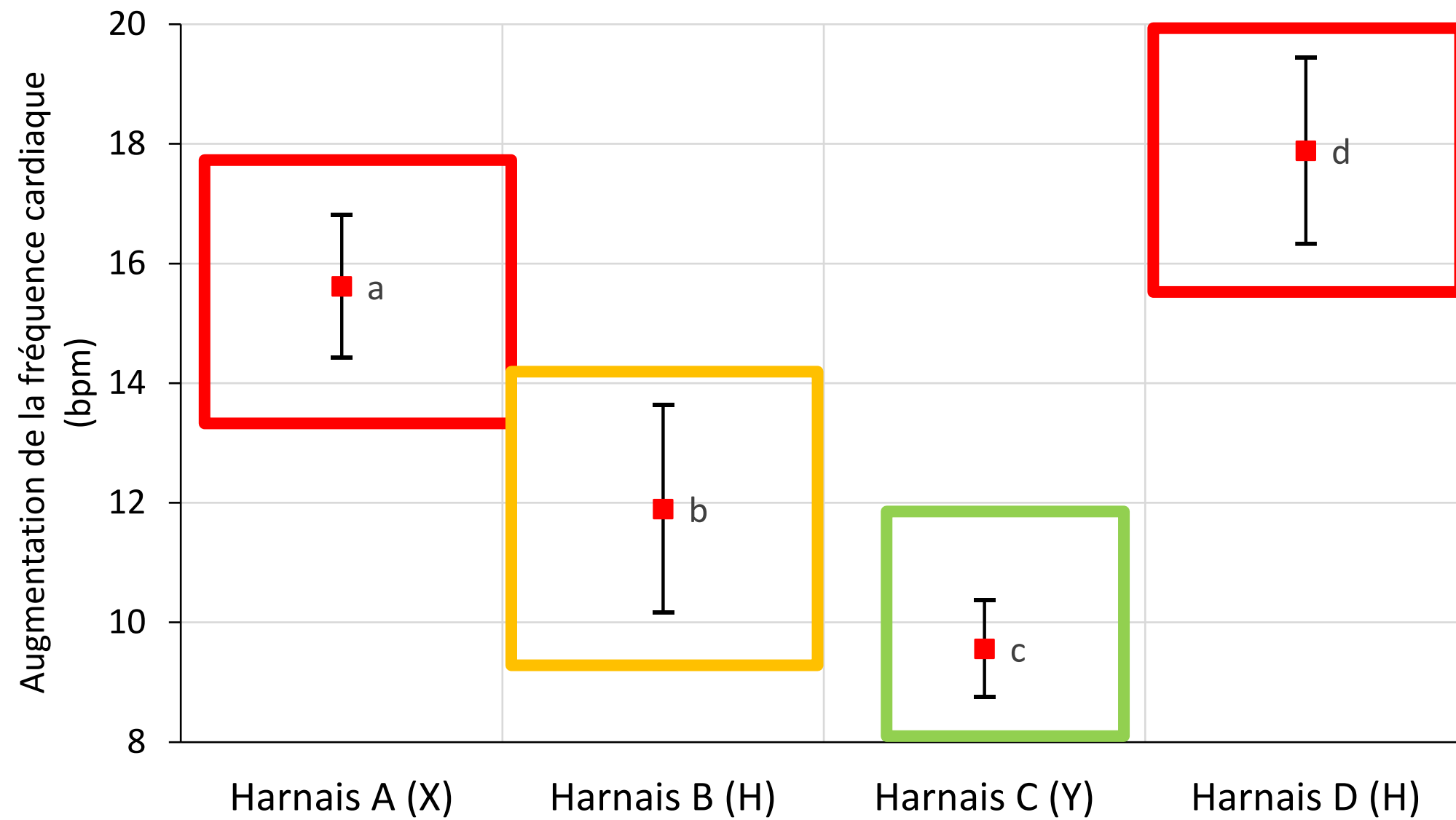
Essais de laboratoire – Résultats (suspension)



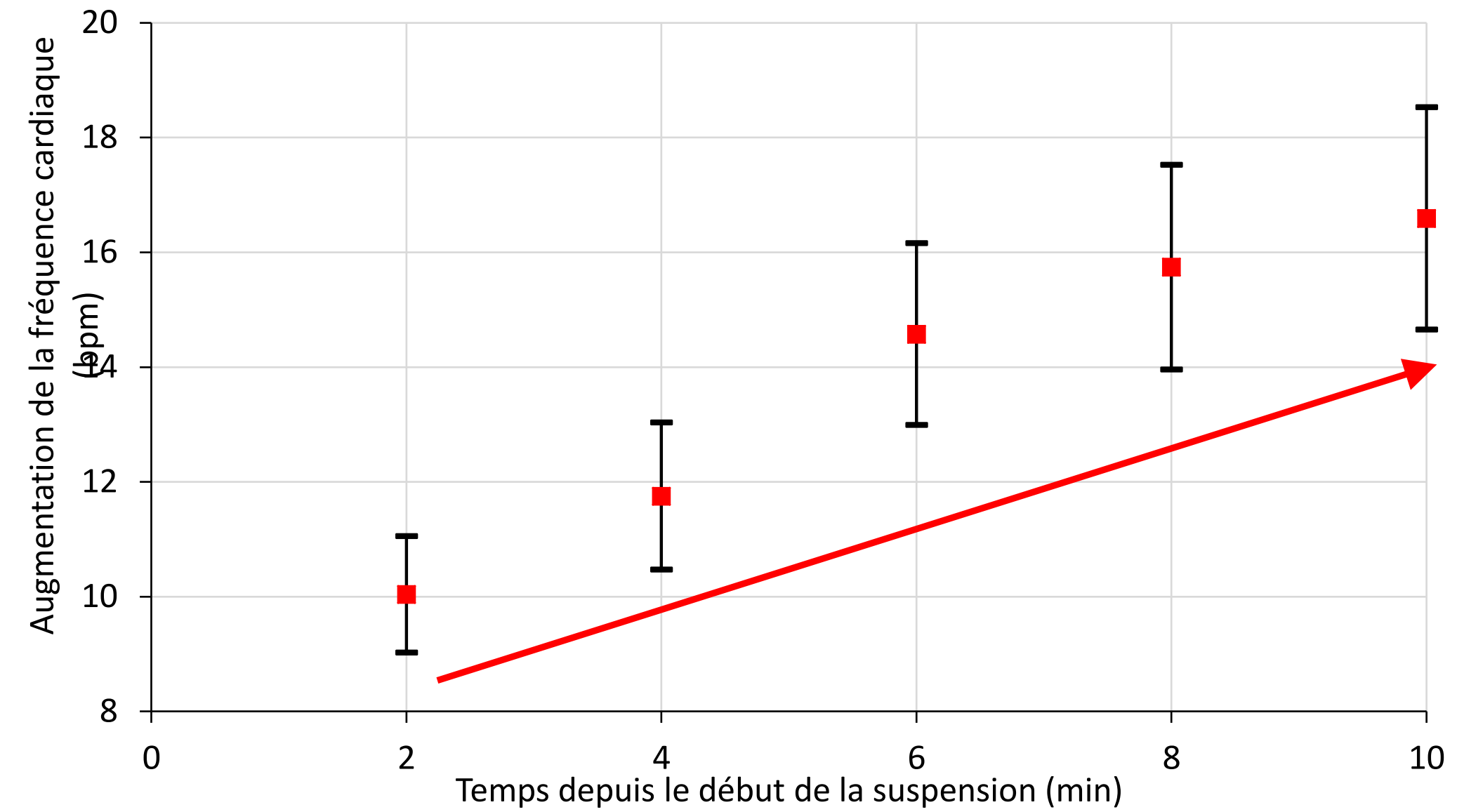
=> Harnais en X : strangulation

Essais de laboratoire – Résultats (suspension)

Fréquence cardiaque



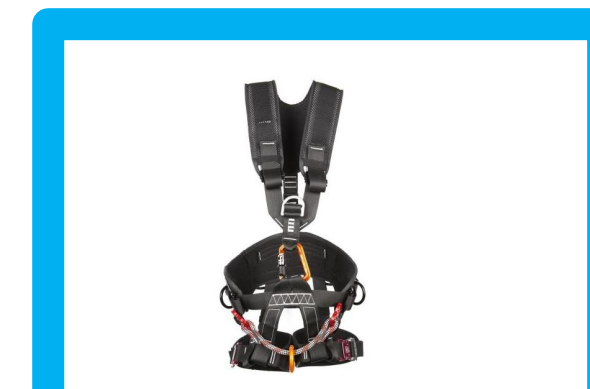
Fréquence cardiaque



Harnais en Y : le meilleur

Attention augmentation du rythme cardiaque avec le temps

Essais de laboratoire – Résultats (suspension)



Paramètre	Zone	Harnais A (X)		Harnais B (H)		Harnais C (Y)		Harnais D (H)	
		Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite
Appréciation psychophysique (%) 	Épaules	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green
	Région pelv.	Orange	Orange	Red	Red	Orange	Orange	Red	Red
Pression max (psi) 	Épaules	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
	Région pelv.	Red	Red	Red	Red	Orange	Yellow	Red	Red
Pression moyenne (psi) 	Épaules	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
	Région pelv.	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Yellow	Red	Red
Diminution oxy. musculaire (p.p.) 	Avant-bras	Green	Orange	Orange	Orange	Green	Green	Red	Red
	Mollet	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange
Diminution oxy. cérébrale (p.p.) 	N/A	Red		Green		Yellow		Yellow	
Augmentation freq. card. (bpm) 	N/A	Orange		Yellow		Green		Red	

Section 2

Développement de prototypes



Développement de prototypes – Prototype 1



Développement de prototypes – Prototype 2



Développement de prototypes

Prototype 1



Critères pour améliorer le confort pour les mouvements	Prototype 1
Pas de ceinture	✓
Configuration de sangles favorisant la mobilité du buste (rotation et inclinaison)	⊕/⊖
Pas de sangle sous-pelvienne	✓
Configuration de sangles qui ne restreint pas l'élévation des bras	À valider
Critères pour améliorer le confort en suspension	
Pas de sangle sous-pelvienne	✓
Configuration de sangles qui évitent d'appuyer sur le cou	✓
Éviter la configuration traditionnelle des sangles en H	⊕/⊖

Développement de prototypes

Prototype 1



Prototype 2



Critères pour améliorer le confort pour les mouvements	Prototype 1	Prototype 2
Pas de ceinture	✓	✓
Configuration de sangles favorisant la mobilité du buste (rotation et inclinaison)	⊕/⊖	✓
Pas de sangle sous-pelvienne	✓	✓
Configuration de sangles qui ne restreint pas l'élévation des bras	À valider	À valider
Critères pour améliorer le confort en suspension		
Pas de sangle sous-pelvienne	✓	✓
Configuration de sangles qui évitent d'appuyer sur le cou	✓	✓
Éviter la configuration traditionnelle des sangles en H	⊕/⊖	⊕/⊖

Section 3

Essais de laboratoire (harnais commerciaux et prototypes)

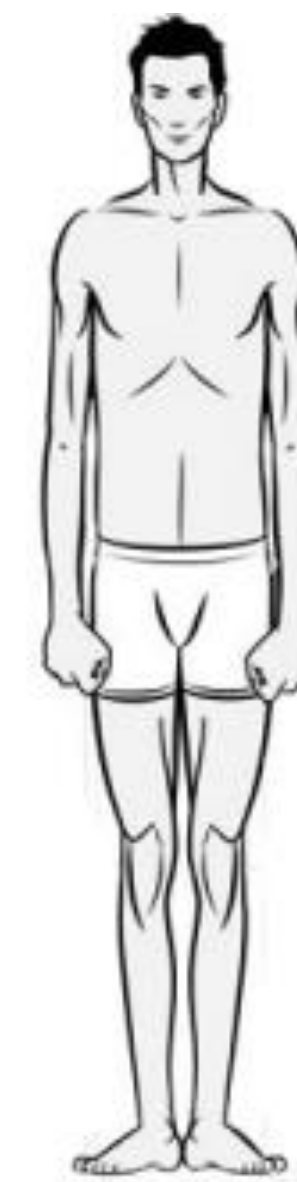


Essais de laboratoire - Méthodologie



Mouvements contrôlés	Suspension longue (max. 10 min)	Suspensions courtes (30 s) 2 types de trauma straps
Harnais B (type H) Harnais C (type Y) Prototype 1 Prototype 2 (anneaux)	Harnais B (type H) Harnais C (type Y) Prototype 1 Prototype 2 (anneaux) Harnais B (type H) avec trauma straps (2 étriers)	Harnais B (type H) Harnais C (type Y) Prototype 1 Prototype 2 (anneaux)

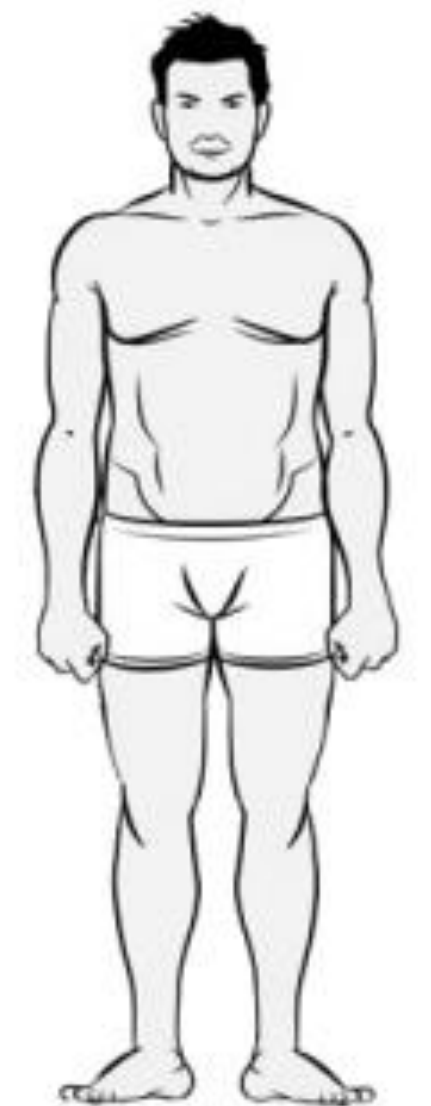
Somatotype	Hommes	Femmes
Ectomorphe	6	6
Mésomorphe	6	6
Endomorphe	6	6



Ectomorph

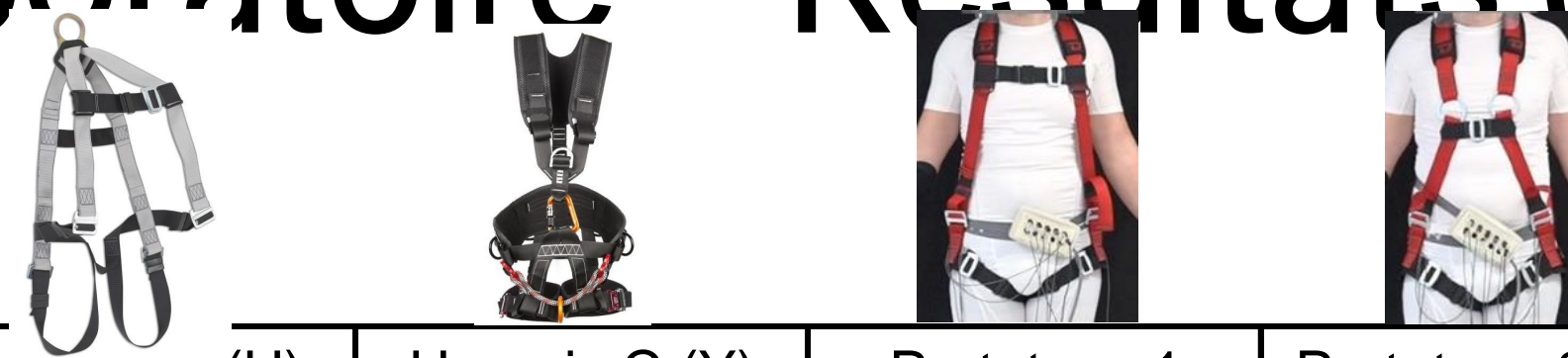


Mesomorph



Endomorph

Essais de laboratoire – Résultats (mouvements)



Appréciation psychophysique (%)		Harnais B (H)		Harnais C (Y)		Prototype 1		Prototype 2 (A)	
		App (%)		App (%)		App (%)		App (%)	
Mouvement	Zone	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite
Élévation des bras	Épaules	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
	Region pelv.	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Penché en avant	Épaules	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
	Region pelv.	Orange	Orange	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Inclinaison sur la gauche	Épaules	Yellow	Red	Green	Green	Green	Orange	Green	Orange
	Region pelv.	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow
Inclinaison sur la droite	Épaules	Red	Yellow	Green	Green	Orange	Green	Orange	Green
	Region pelv.	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green
Rotation vers la gauche	Épaules	Orange	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Orange
	Region pelv.	Orange	Red	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Rotation vers la droite	Épaules	Red	Orange	Orange	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Yellow
	Region pelv.	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Chevalier JG rot G	Épaules	Yellow	Red	Green	Green	Green	Orange	Green	Orange
	Region pelv.	Yellow	Red	Orange	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow
Chevalier JD rot D	Épaules	Red	Yellow	Green	Yellow	Orange	Green	Orange	Green
	Region pelv.	Red	Yellow	Green	Orange	Yellow	Green	Yellow	Yellow
Chevalier JG rot D	Épaules	Yellow	Orange	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Yellow
	Region pelv.	Yellow	Orange	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
Chevalier JD rot G	Épaules	Yellow	Orange	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Yellow
	Region pelv.	Yellow	Orange	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow

- Les deux prototypes sont:
- Meilleurs que le modèle en H
 - Moins confortables que le harnais en Y pour les mouvements
 - Prototype 2 >1 pour inclinaison et chevalier.

Essais de laboratoire – Résultats (suspension)



Paramètre	Zone	Harnais B (H)		Harnais C (Y)		Prototype 1		Prototype 2 (A)		Harnais B + TS(2É)	
		Gau	Droi	Gau	Droi	Gau	Droi	Gau	Droi	Gau	Droi
Appréciation psychophysique (%) 43,5 70,0	Épaules	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Reg. Pelv.	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Green	Green
Pression maximale (psi) 0,0 7,4	Épaules	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
	Dos	Yellow	Yellow	White	White	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
	Reg. Pelv.	Orange	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange
Pression moyenne (psi) 0,0 3,0	Épaules	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
	Dos	Yellow	Yellow	White	White	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange
	Reg. Pelv.	Orange	Red	Orange	Orange	Red	Red	Red	Red	Yellow	Orange
Diminution oxygénation musculaire (p.p.) 0,0 -13,1	Avant bras	Red	Red	Green	Green	Red	Red	Yellow	Yellow	Red	Red
	Mollet	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green
Augmentation freq. cardiaque (bpm) 0,0 16,0	N/A	Orange	Orange	Green	Green	Orange	Orange	Red	Red	Orange	Orange

Pire Meilleur

Harnais en Y > Prototypes > harnais en H

Prototype 1 > Prototype 2 (anneaux)

Trauma straps :

- moins d'inconfort
- moins de pression
- meilleure oxygénation musculaire

Essais de laboratoire – Trauma straps (suspension 30 s)



Deux étriers



Sangle unique

Essais de laboratoire – Trauma straps



Pression maximale (psi) 0,0 7,4	Harnais B (H)		Harnais C (Y)		Prototype 1		Prototype 2 (A)	
	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite
Sans trauma straps								
Épaules	Light Green	Yellow	Light Green	Yellow	Light Green	Yellow	Light Green	Yellow
Dos	Orange	Yellow			Yellow	Light Green	Yellow	Light Green
Région pelvienne	Red	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Trauma strap – 1 sangle (2 pieds sur la même sangle)								
Épaules	Light Green	Yellow	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Yellow
Dos	Orange	Yellow			Orange	Orange	Orange	Yellow
Région pelvienne	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green
Trauma strap – 2 étriers (1 pied par étrier)								
Épaules	Orange	Orange	Light Green	Light Green	Light Green	Orange	Light Green	Orange
Dos	Orange	Orange			Orange	Orange	Orange	Orange
Région pelvienne	Light Green	Orange	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green

Trauma straps : baisse de la pression (région pelvienne/épaules)

Avec trauma straps prototypes > harnais H et Y

Peu de différence entre prototypes

Essais de laboratoire – Trauma straps



Pression maximale (psi) 0,0 7,4	Harnais B (H)		Harnais C (Y)		Prototype 1		Prototype 2 (A)	
	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite
Sans trauma straps								
Épaules								
Dos								
Région pelvienne								
Trauma strap – 1 sangle (2 pieds sur la même sangle)								
Épaules								
Dos								
Région pelvienne								
Trauma strap – 2 étriers (1 pied par étrier)								
Épaules								
Dos								
Région pelvienne								

Deux étriers > sangle unique

Avec trauma straps prototypes > harnais H et Y

Peu de différence entre prototypes

Section 4

Conclusions, limites et perspectives



Conclusions

- Pas de différence claire entre homme/femme, ou entre les somatotypes.
- Harnais en H : les pires
- Harnais en X : correct pour les mouvements, strangulation en suspension.
- Harnais en Y : les meilleurs (inconfort de la ceinture non évalué).



Moins bon

Meilleur

Conclusions

- Prototypes > harnais en H
- Prototype 2 (anneaux) > Prototype 1 pour l'inclinaison et les mouvements du chevalier,
- Prototype 2 (anneaux) < Prototype 1 pour la suspension (surtout pour les hommes)



Moins bon

Meilleur

Conclusions

- *Trauma straps* : très bonne idée (confort et physiologie)
- Deux étriers > Sangle unique
- Les prototypes fonctionnent mieux avec les *trauma straps* que les harnais commerciaux.



Moins bon

Meilleur

Limites

- Nombre limité de harnais de sécurité testés
- Facilité d'utilisation / enfilage des harnais : pas étudié
- Nombre de participants limité
- Suspension dorsale uniquement
- Trauma straps testés en suspension longue uniquement avec le harnais B
- Essais de laboratoire uniquement



Perspectives de recherche

- Évaluation du confort avec des travailleurs réels
 - Activités de travail réelles
 - Confort thermique
 - Compatibilité avec les équipements d'hiver
- Test des *trauma straps* :
 - Une sangle /deux étriers en suspension longue
 - Facilité d'utilisation
- Développement du prototype :
 - Amélioration du prototype ?
 - Test de nouveaux concepts ?



Merci pour votre attention !

Rapport de recherche R-1181-fr

<https://www.irsst.qc.ca/publications-et-outils/publication/i/101191/n/amelioration-confort-harnais->



Bertrand Galy, ing., Ph.D.
bertrand.galy@irsst.qc.ca