



Modélisation biomécanique de l'épaule : des mesures non invasives

Mickaël Begon, Romain Martinez, Najoua Assila, Étienne Goubault

INTRODUCTION

MAIN-D'OEUVRE QUÉBÉCOISE

63 %

ressentent des douleurs musculosquelettiques, dont les $\frac{3}{4}$ attribuables au travail

(Stock et al., 2011)

DOULEURS D'ÉPAULES

2^e

cause de troubles musculosquelettiques chez les travailleurs

(Grieve et Dickerson, 2008; Kolstrup, 2012)

DOULEURS D'ÉPAULES

1^{re}

atteinte en termes de jours de travail perdus

(Silverstein et al., 2002; Duguay et al., 2012)

Problème de santé publique



INTRODUCTION

RISQUE DE TMS



Bras au-dessus des épaules

Tâche de précision

Sexe (♀) et expertise (novices)

(Wahlstedt et al., 2010)

24 %



16 %



La prévalence des TMS est supérieure chez les femmes.

(Stock et al., 2011; Gardner et al., 1999)

1.6 à 2.6 x plus de journées de maladie chez les novices pour TMS membre supérieur

(Breslin et Smith, 2005, Häkkinen et al., 2001)

DIFFÉRENCES BIOLOGIQUES : anthropométrie | **force** | **composition musculaire**

TECHNIQUE DE MANUTENTION : **peu d'indices disponibles**

INTRODUCTION

OBJECTIF

Étudier les différences de technique de manutention entre hommes – femmes et experts – novices au moyen d'indicateurs variés.



HYPOTHÈSE

Les femmes et les novices ont une technique de manutention différente, qui pourrait expliquer leur plus forte prévalence de blessures.



APPLICATIONS

Établir des recommandations en sécurité au travail afin de réduire les TMS chez les populations à risque.



Comparaison hommes — femmes

MÉTHODE

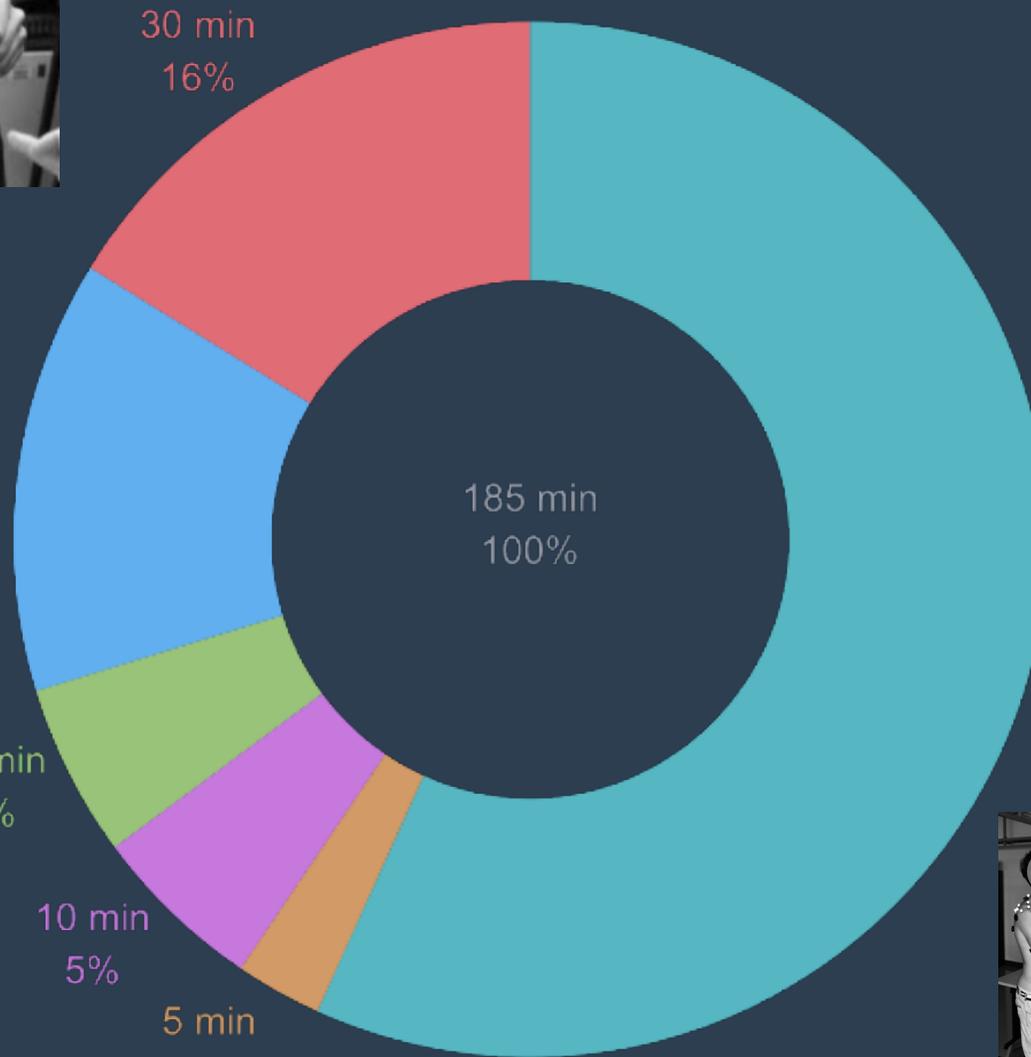
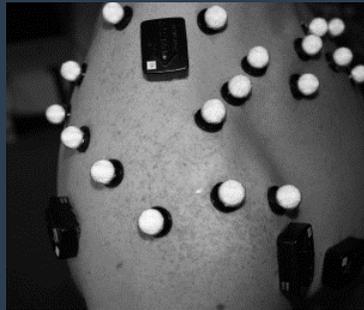
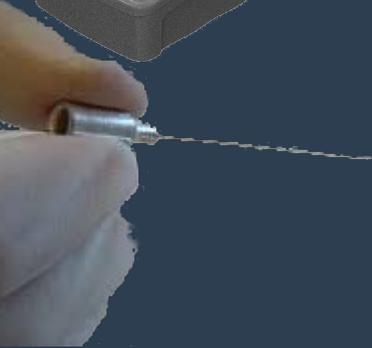
179 ± 7 cm
 75 ± 11 kg



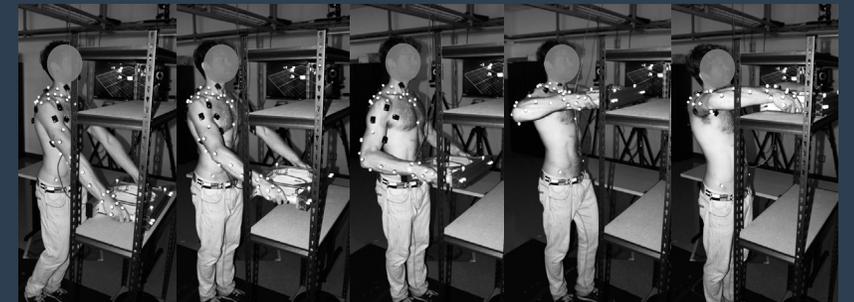
168 ± 7 cm
 61 ± 8 kg



3 heures d'expérience



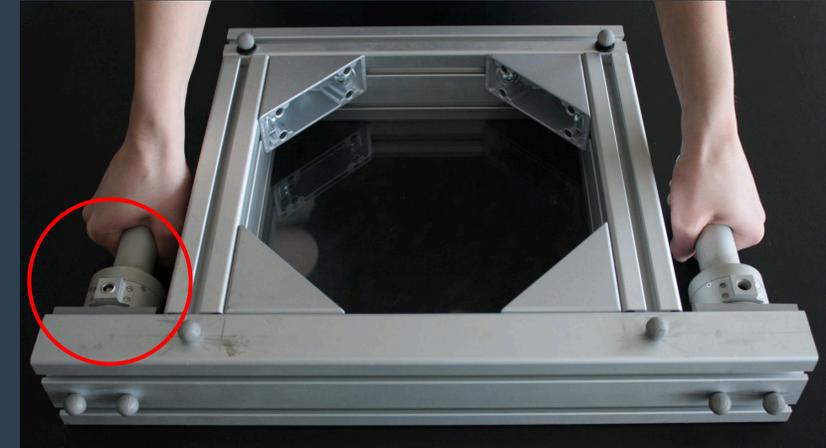
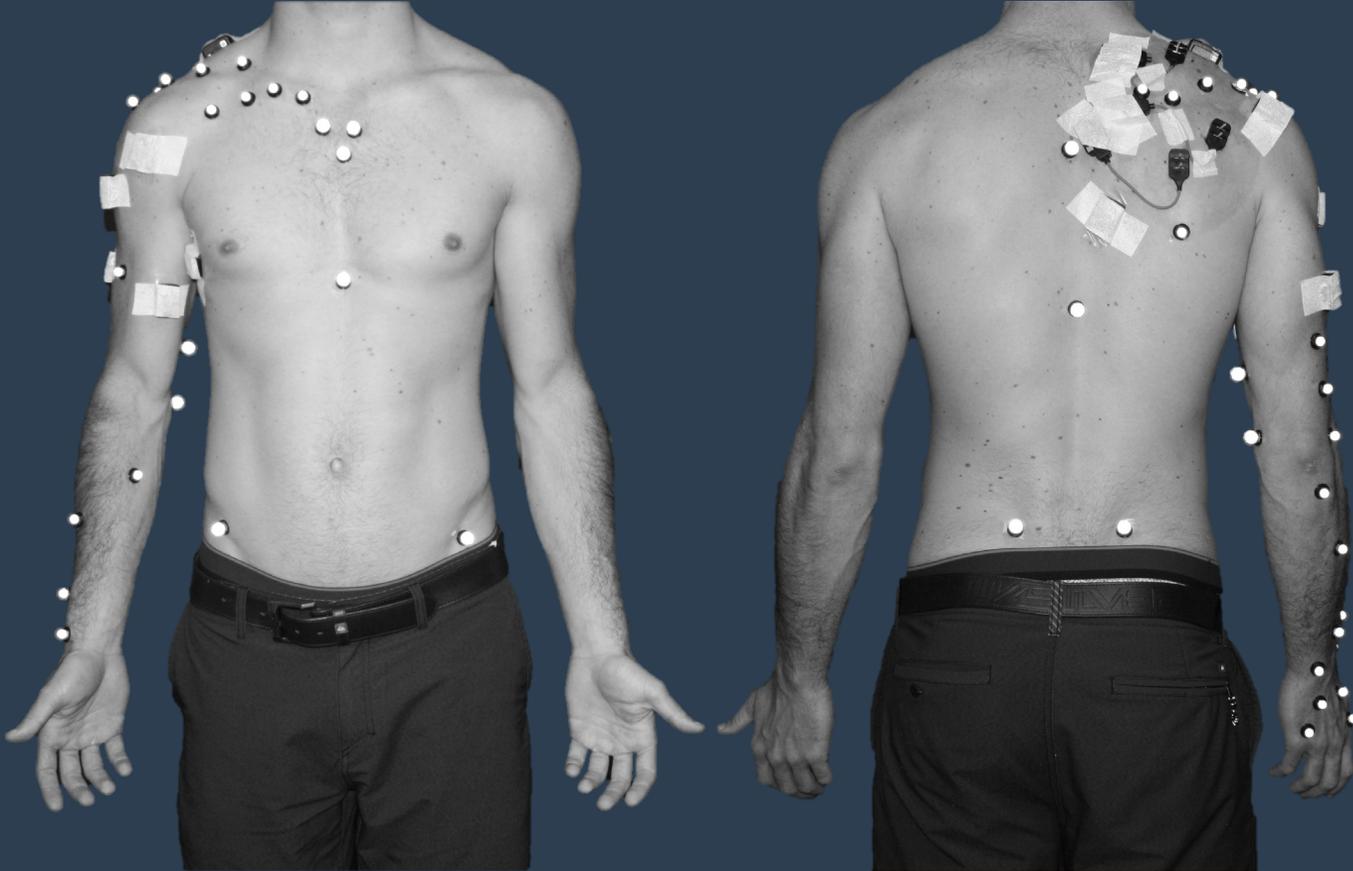
- test
- CVMI
- placement emg
- placement marqueurs
- score
- calibration caméras



MESURES

18 caméras **VICON** et 10 EMG **DELSYS** (3 intra.)

Boîte instrumentée de capteurs de **FORCE**

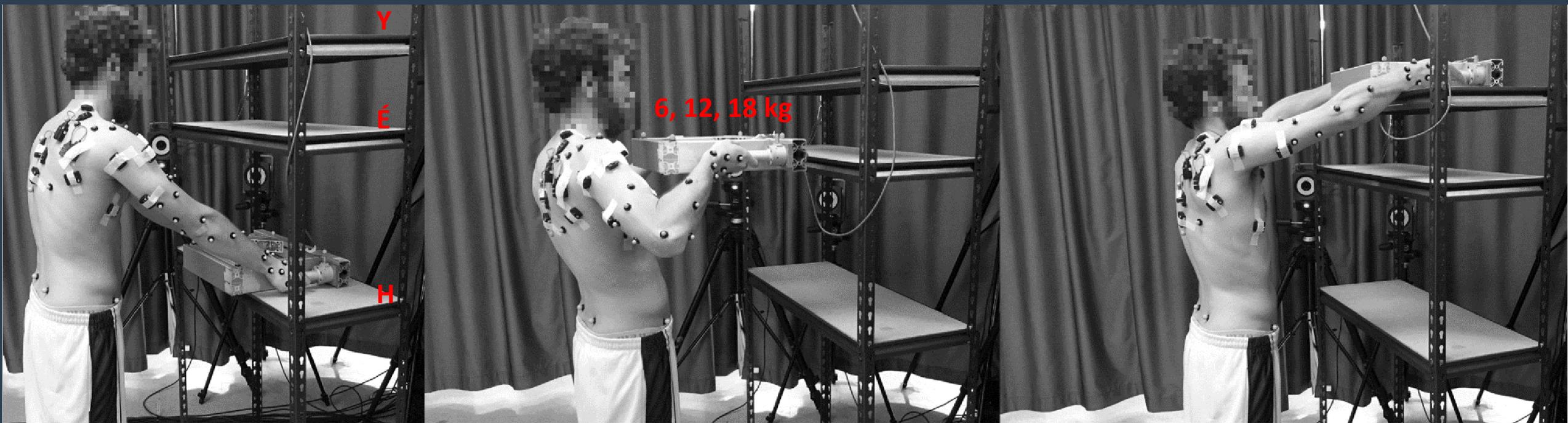


(Jackson et al., 2012)

Cinématique articulaire reconstruite par **FILTRE DE KALMAN ÉTENDU**

Signal EMG normalisé par des **CONTRACTIONS MAX. VOLONTAIRES**

TÂCHE 1 : hommes vs femmes



0

pulling

20

lifting

60

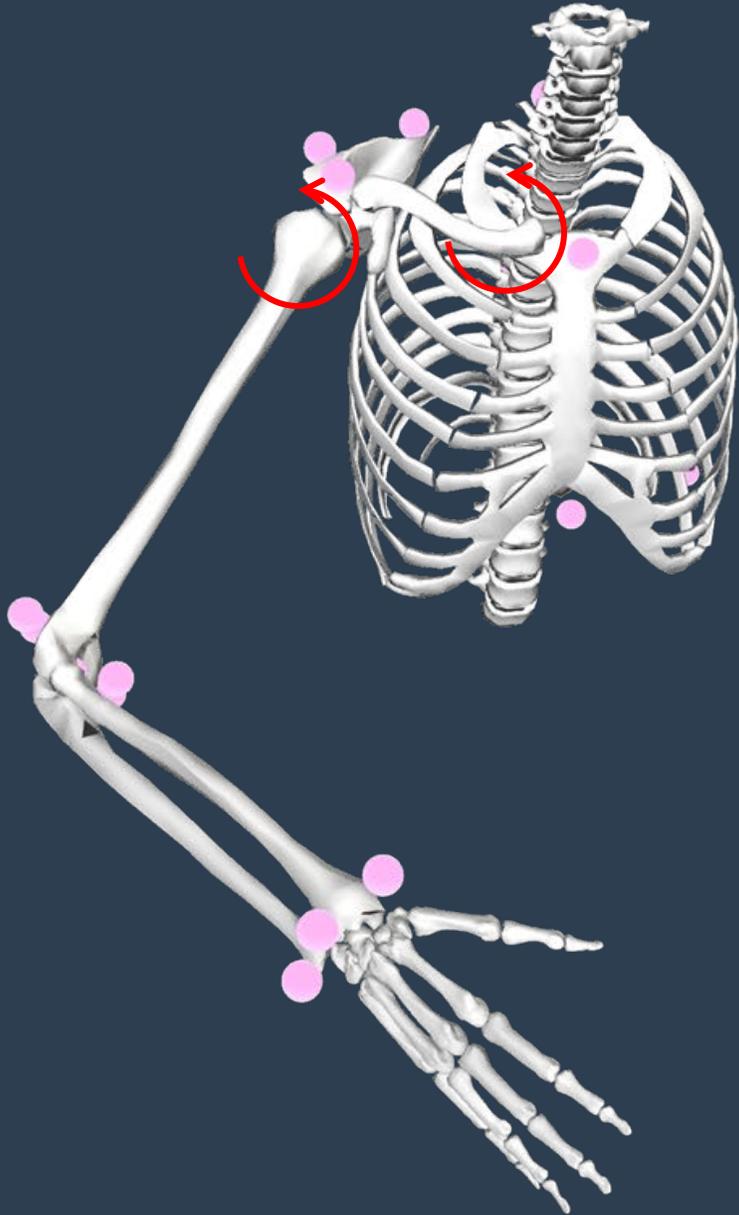
dropping

100

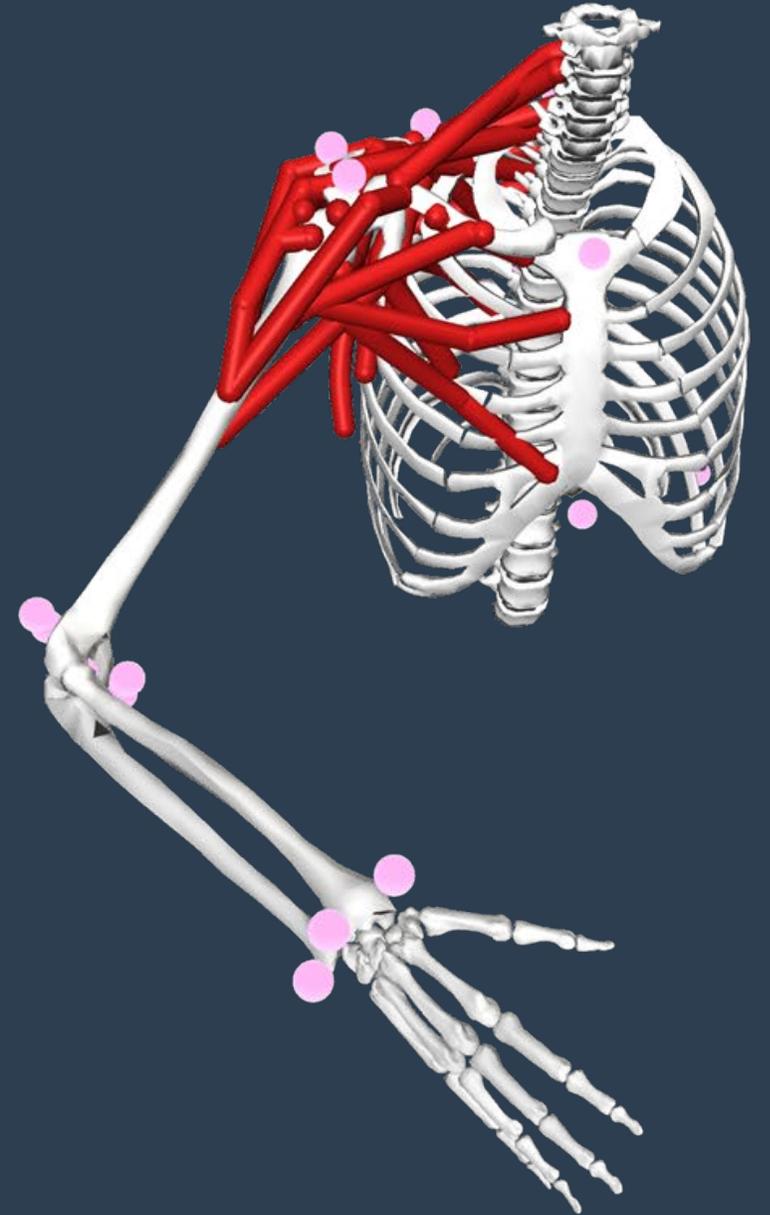
normalized time (% of trial)



ESTIMATION DES FORCES INTERNES



$$\min_a \sum_{i=1}^{25} a_i^2$$



VARIABLES → INDICATEURS DE RISQUE

Cinématiques

22 degrés de liberté

Contributions articulaires
à la hauteur de boîte
(art. glénohumérale)

Distance à la charge

(Martinez et al., 2019)

Électromyographiques

Excitations musculaires

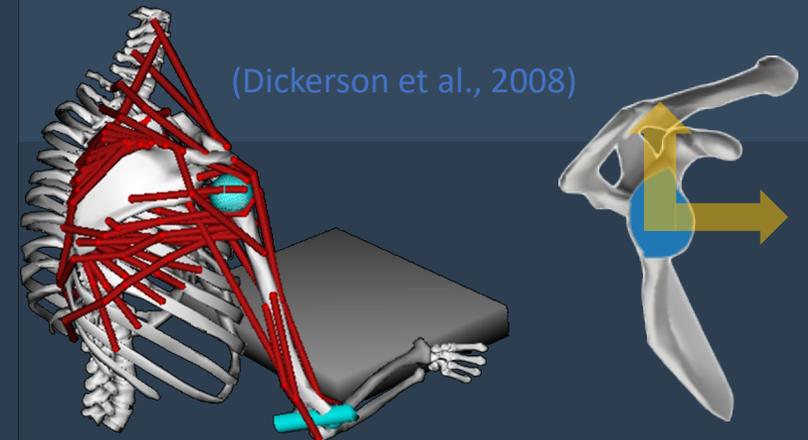
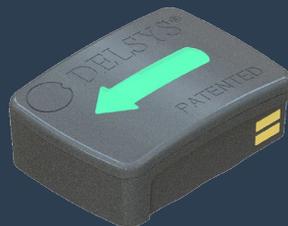
Muscle focus

Musculosquelettiques

Forces musculaires

Forces de cisaillement à
l'articulation glénohumérale
(ratio < 0,56)

(Dickerson et al., 2008)



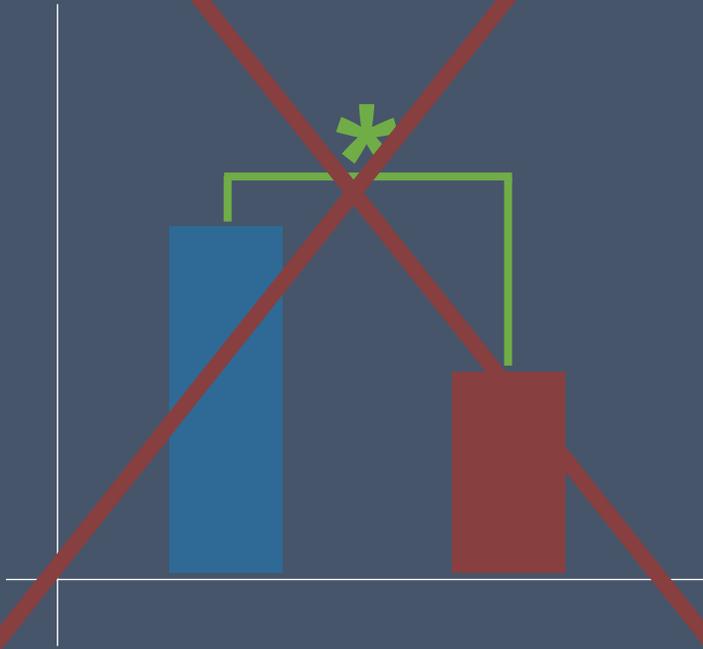
STATISTIQUES

ANOVA 2 facteurs à mesures répétées (sexe/expertise – hauteur/masse)

Statistiques “traditionnelles”

0D

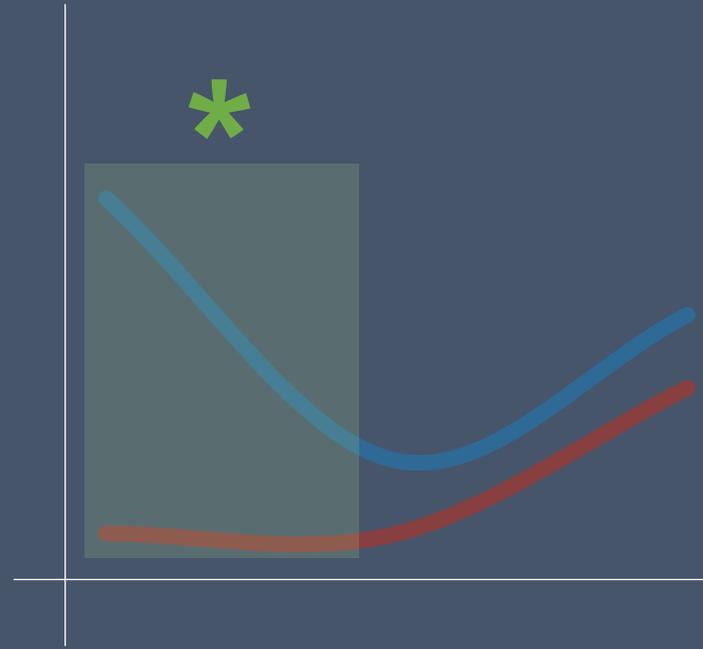
Valeur scalaire :
moyenne, maximum,
minimum, etc.



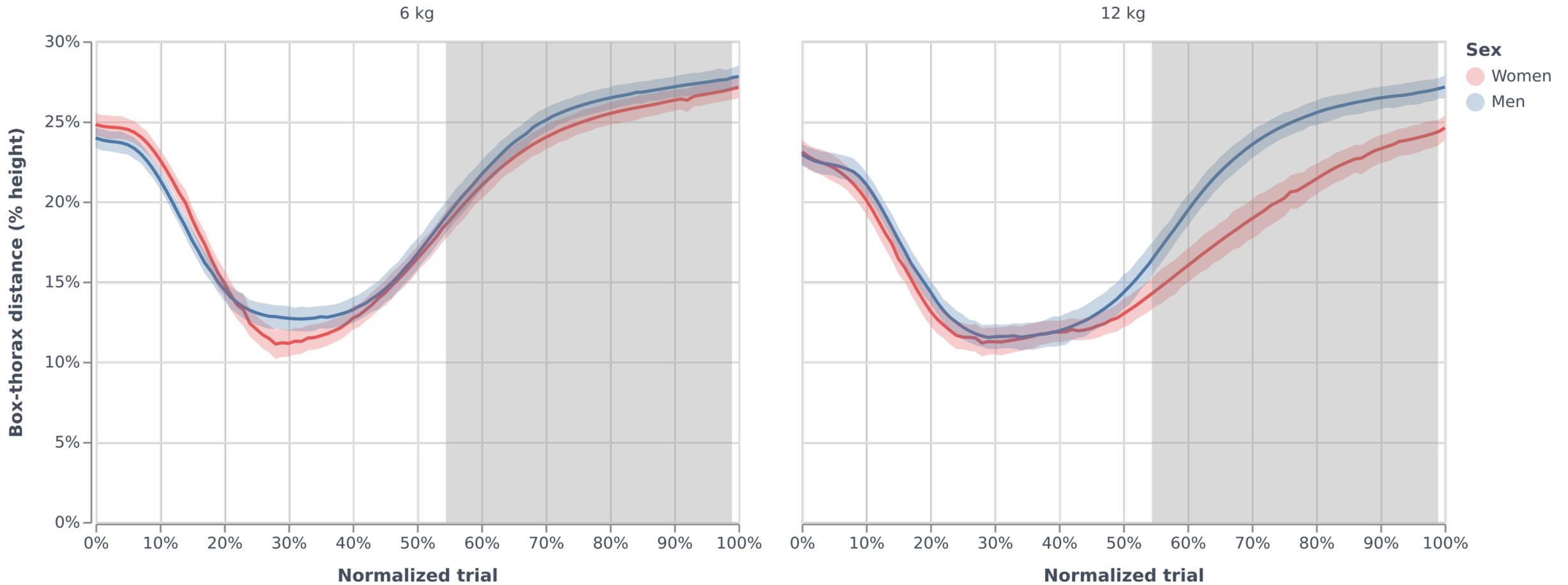
Cartographie statistique paramétrique

1D

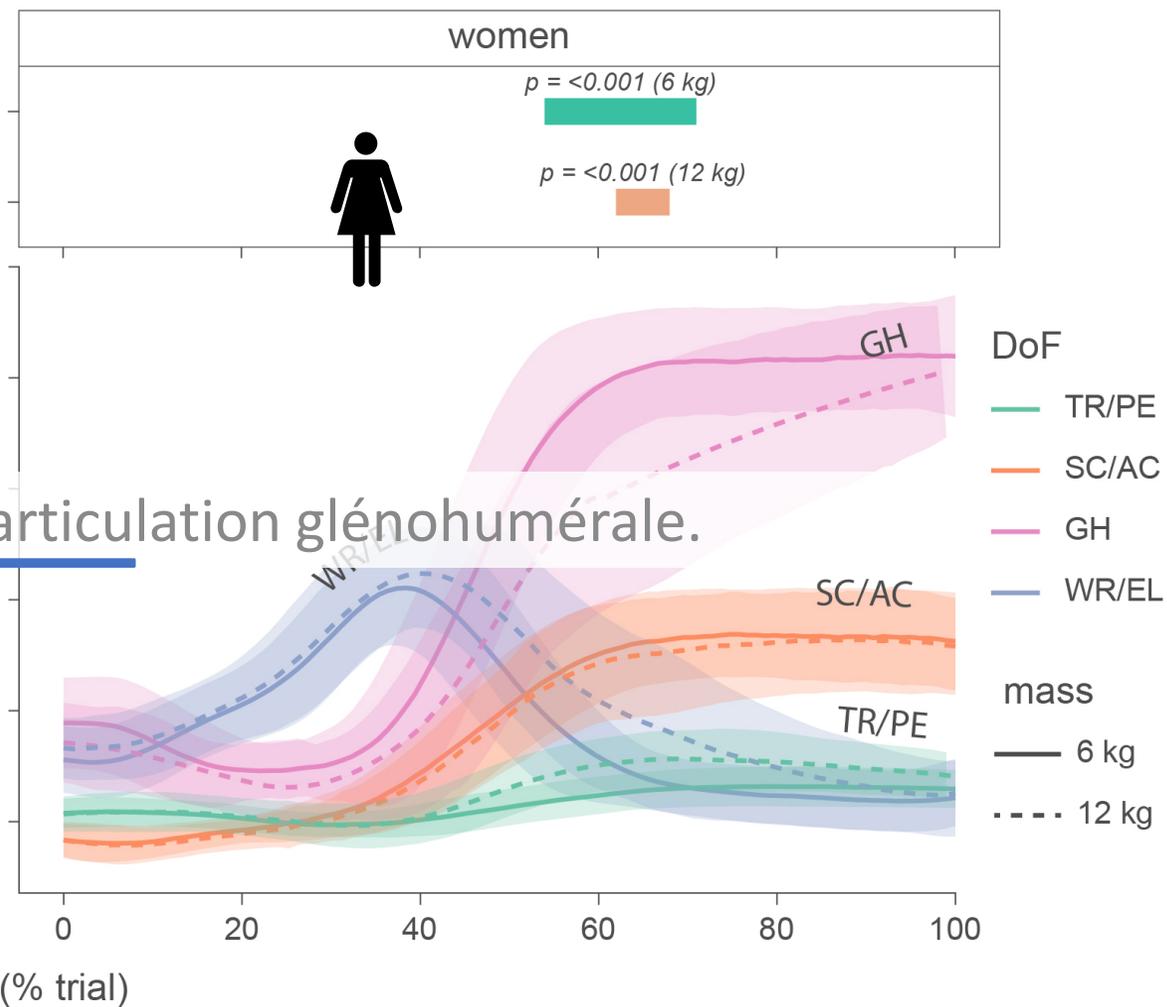
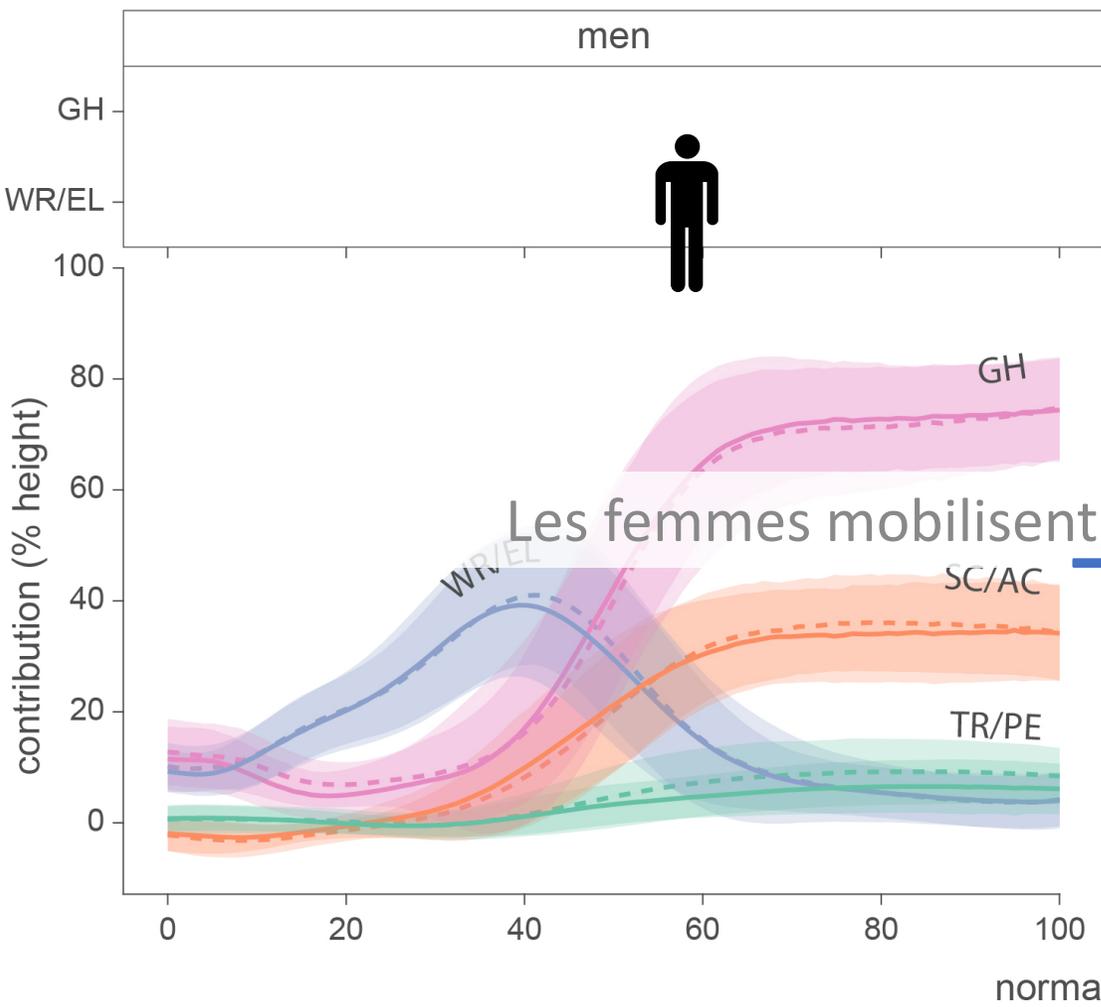
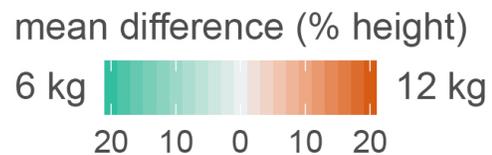
Composante temporelle :
position en fonction du
temps, etc.



À 6 kg, les femmes transfèrent et déposent la charge plus proche d'elles.



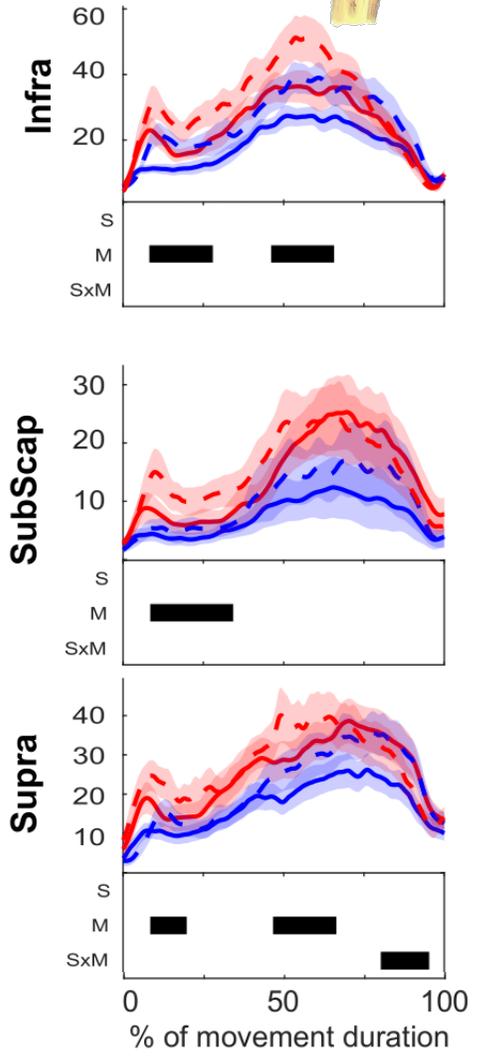
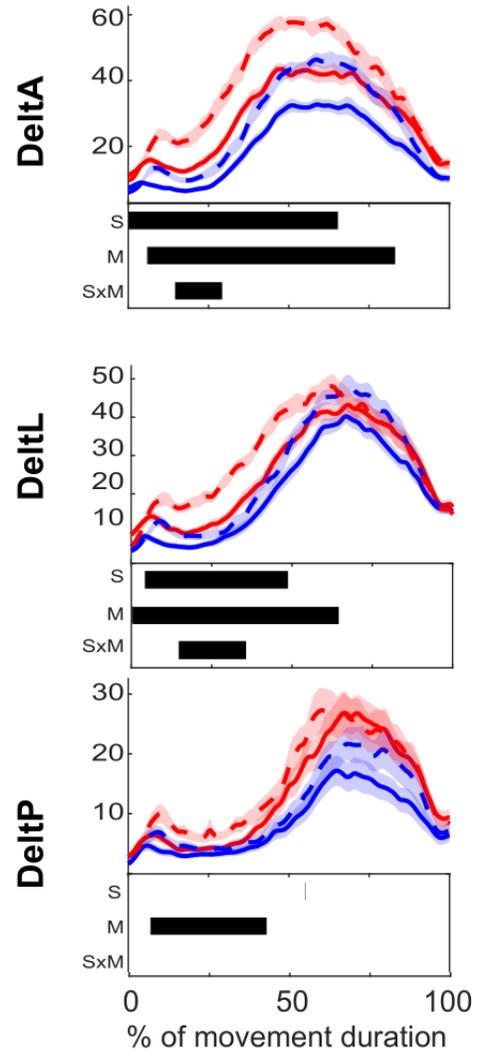
Les femmes modifient leur cinématique à l'épaule entre 6 et 12 kg.



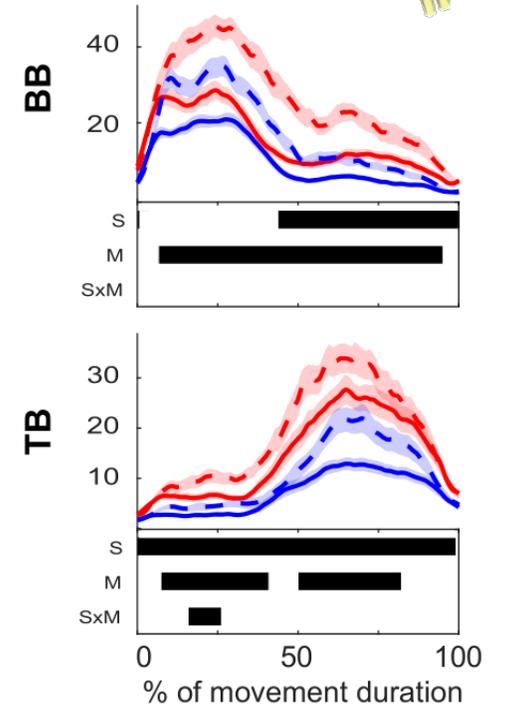
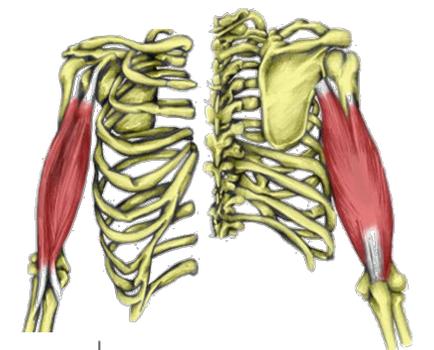
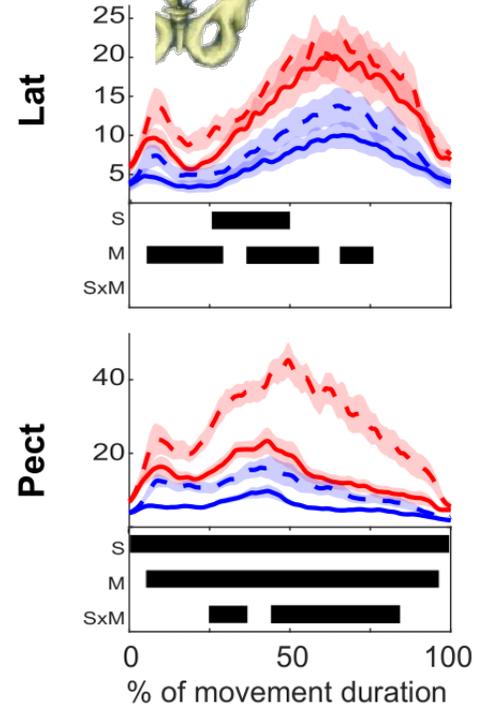
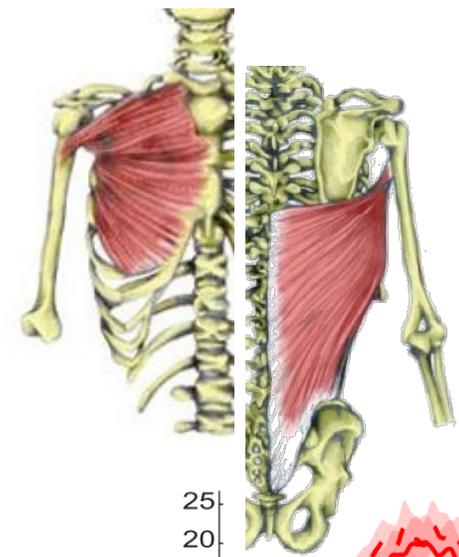
Les femmes mobilisent plus l'articulation glénohumérale.



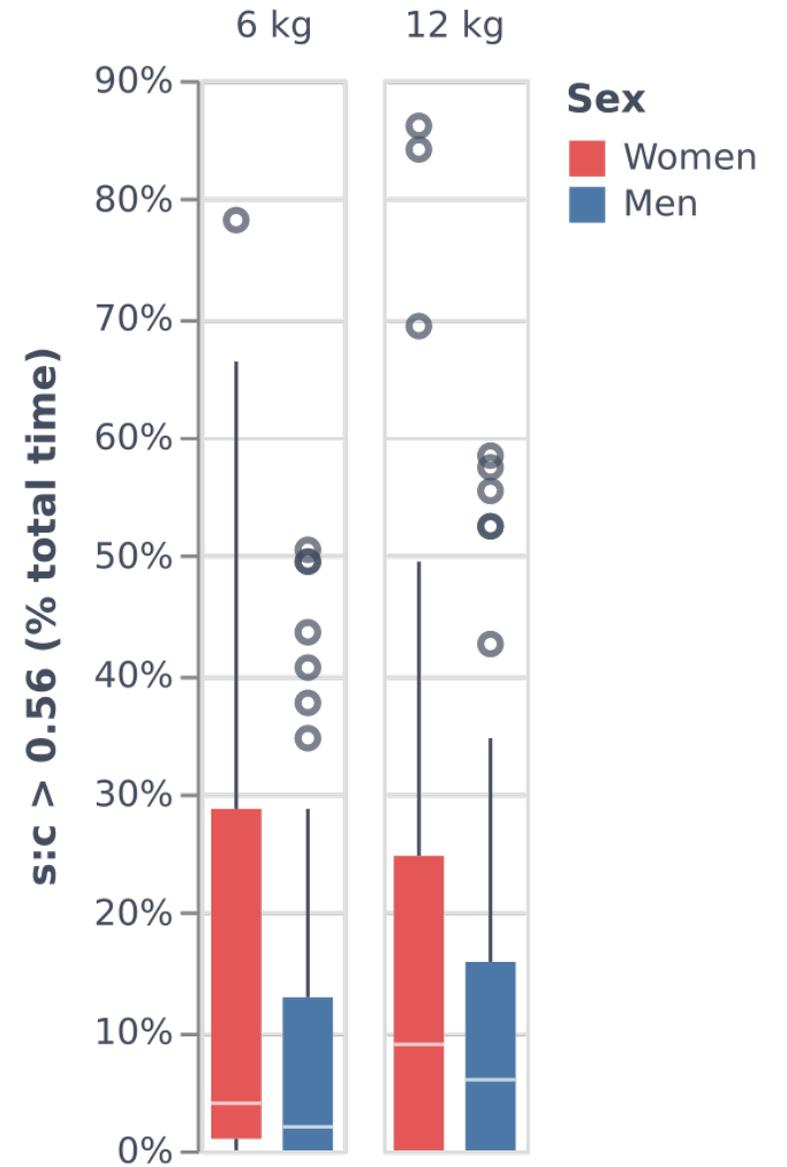
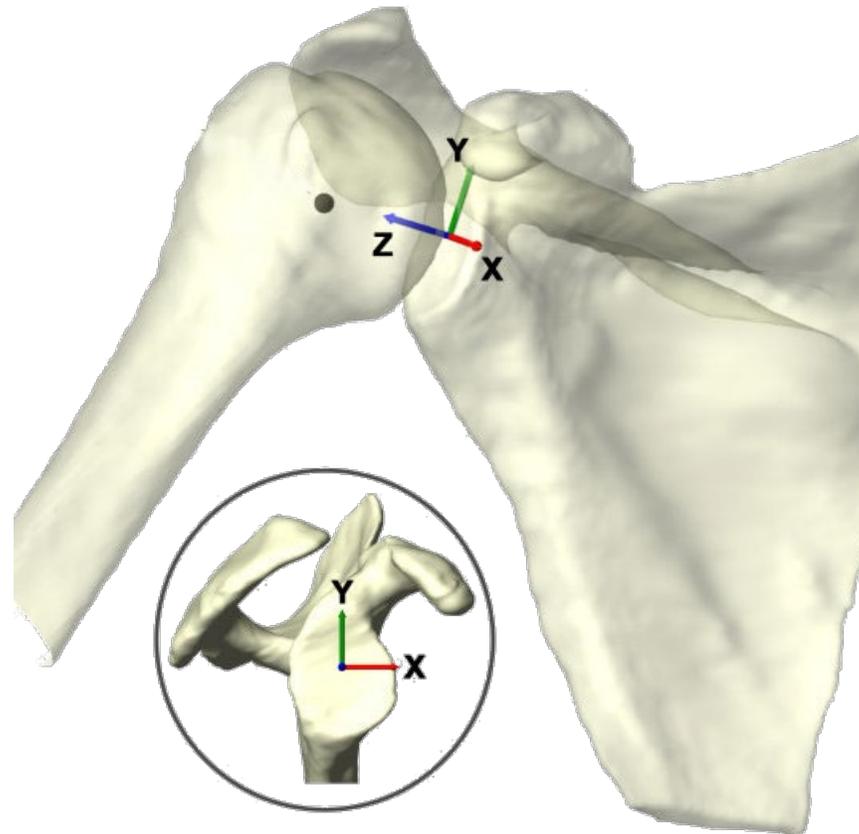
Les femmes présentent des EMG à 6 kg \geq hommes à 12 kg.



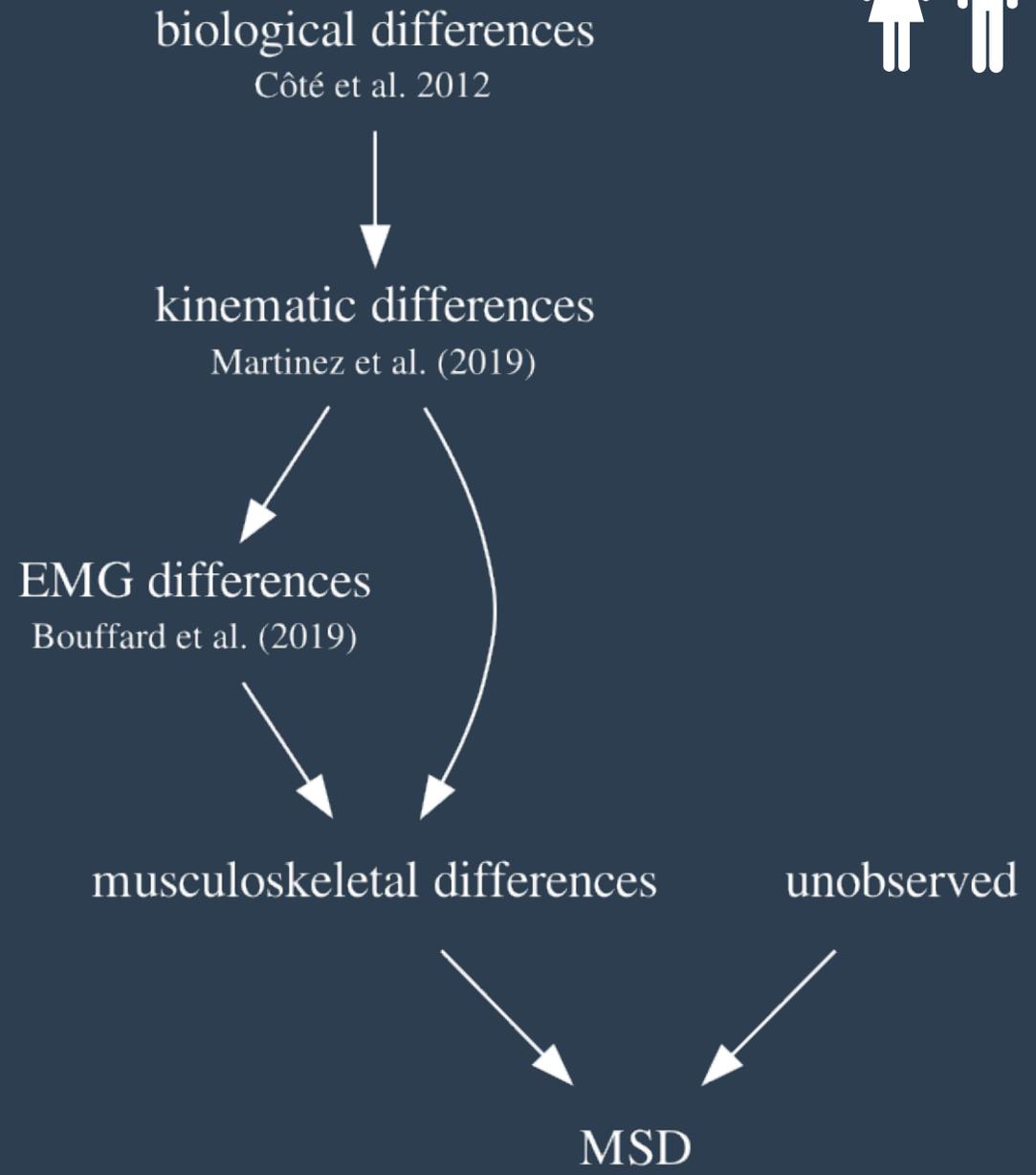
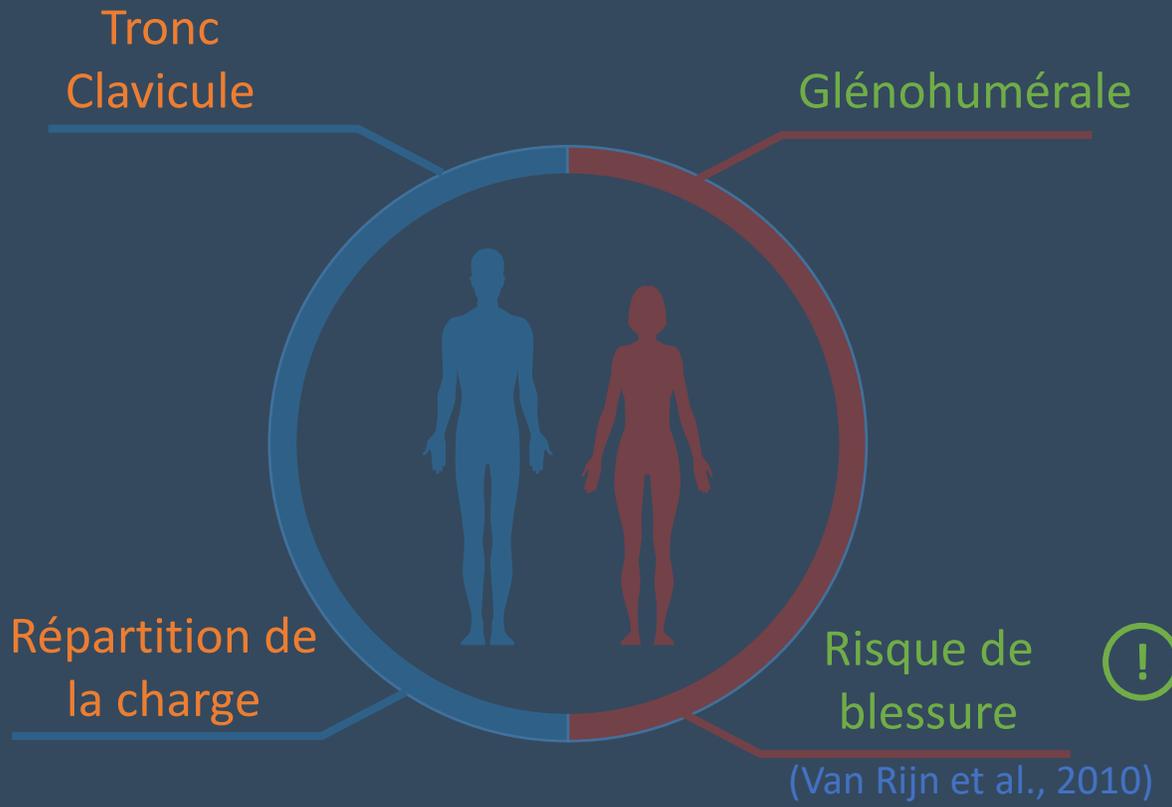
- Men 6kg
- Women 6kg
- Men 12kg
- Women 12kg



Les femmes passent plus de temps
avec un ratio élevé de
cisaillement (X, Y) / compression (Z).



INTERPRÉTATION



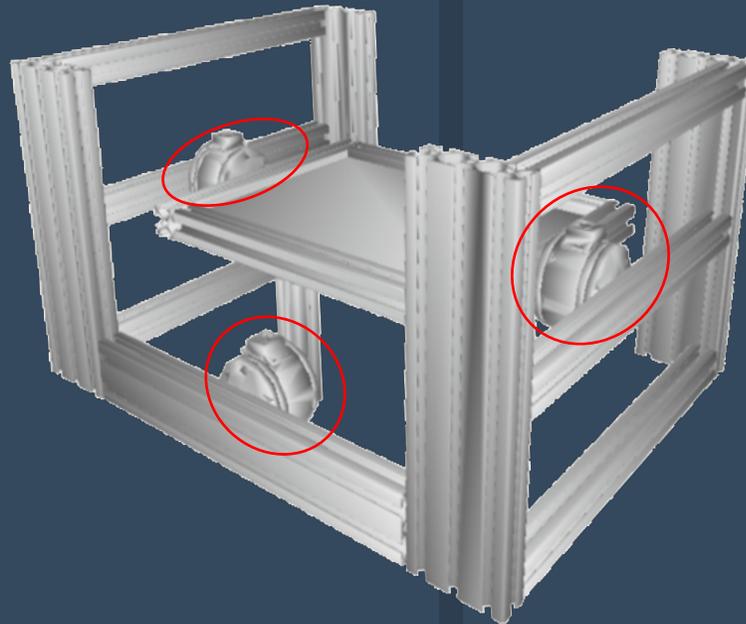
Comparison experts — novices

MÉTHODE

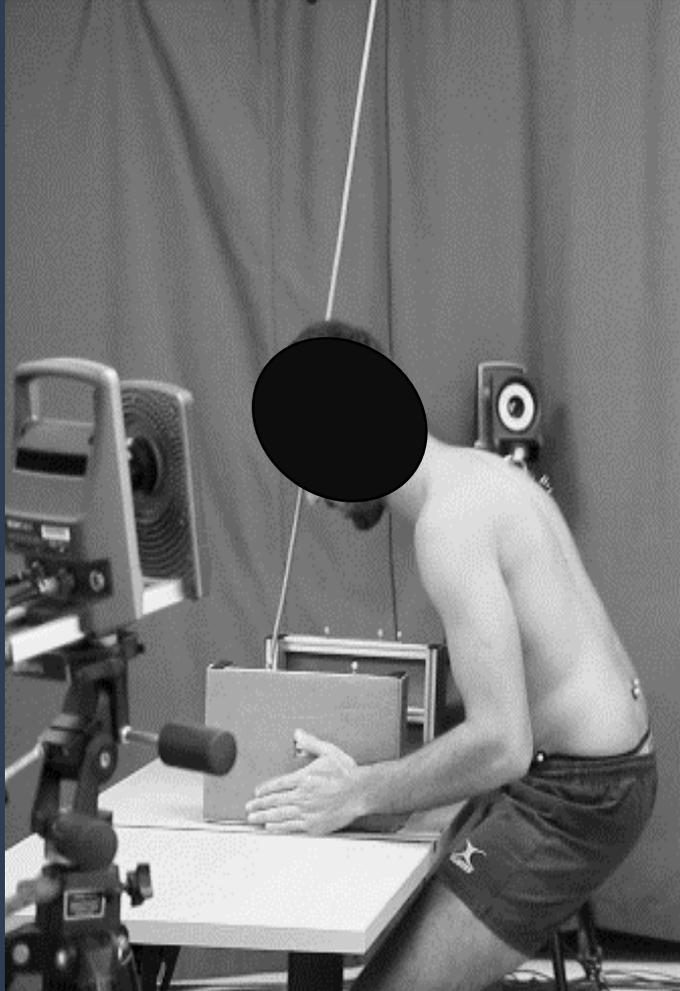
26 ± 2 ans
 178 ± 8 cm
 78 ± 9 kg
 ≤ 3 mois exp.



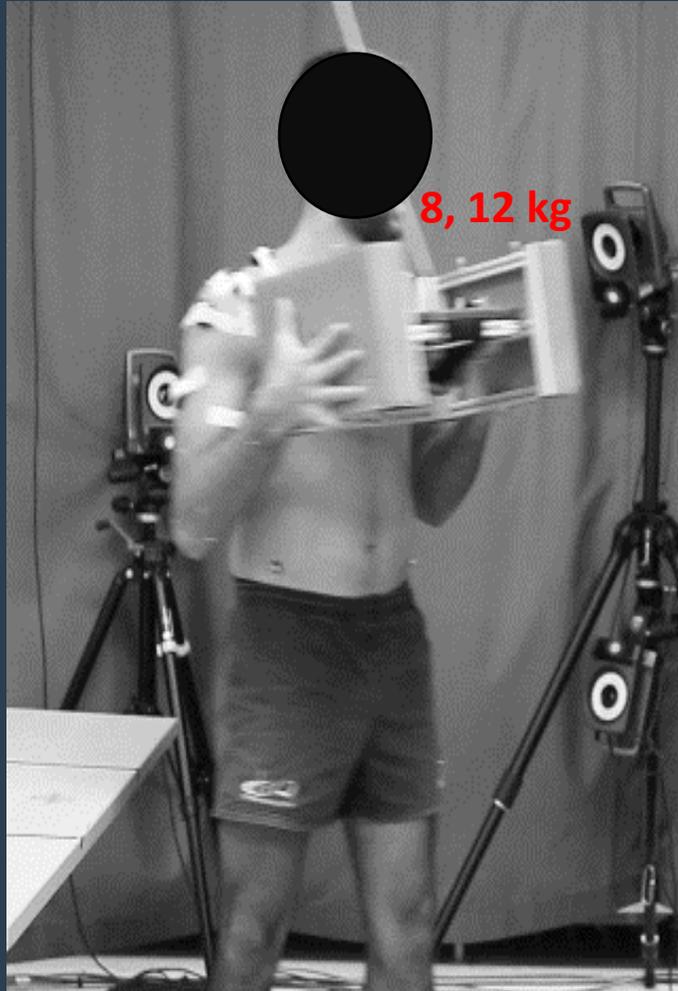
36 ± 8 ans
 176 ± 6 cm
 84 ± 14 kg
 ≥ 5 ans exp.



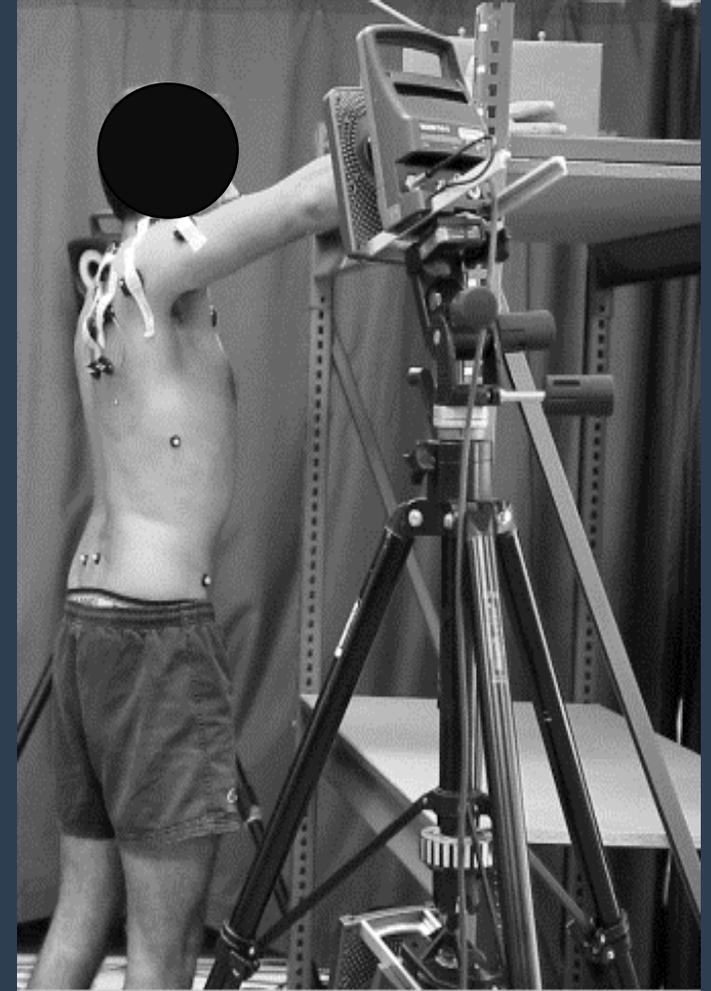
TÂCHE 2 : experts vs novices



Pulling phase (1-20 %)



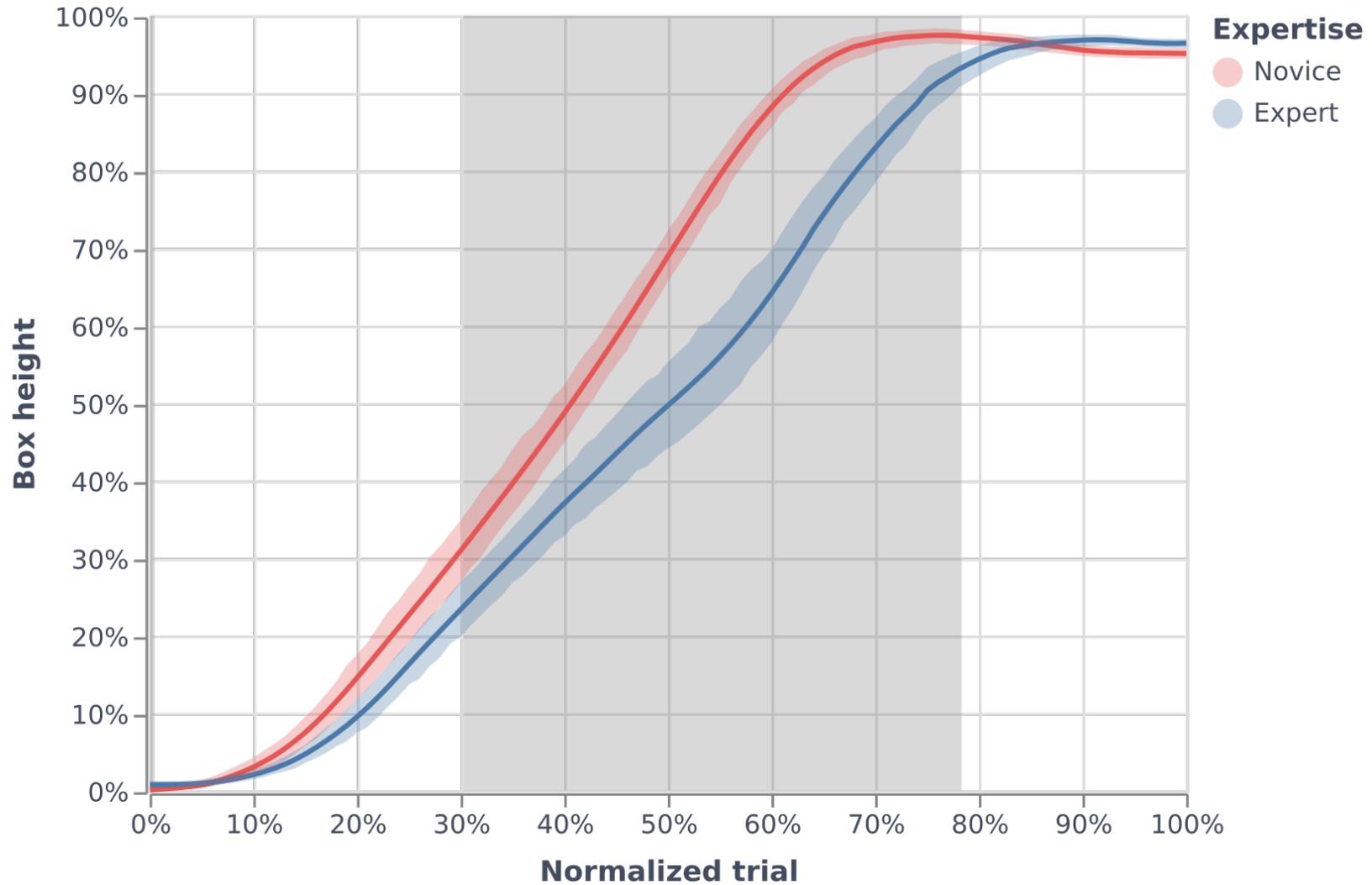
Lifting phase (21-60 %)

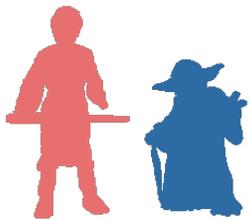


Dropping phase (61-100 %)

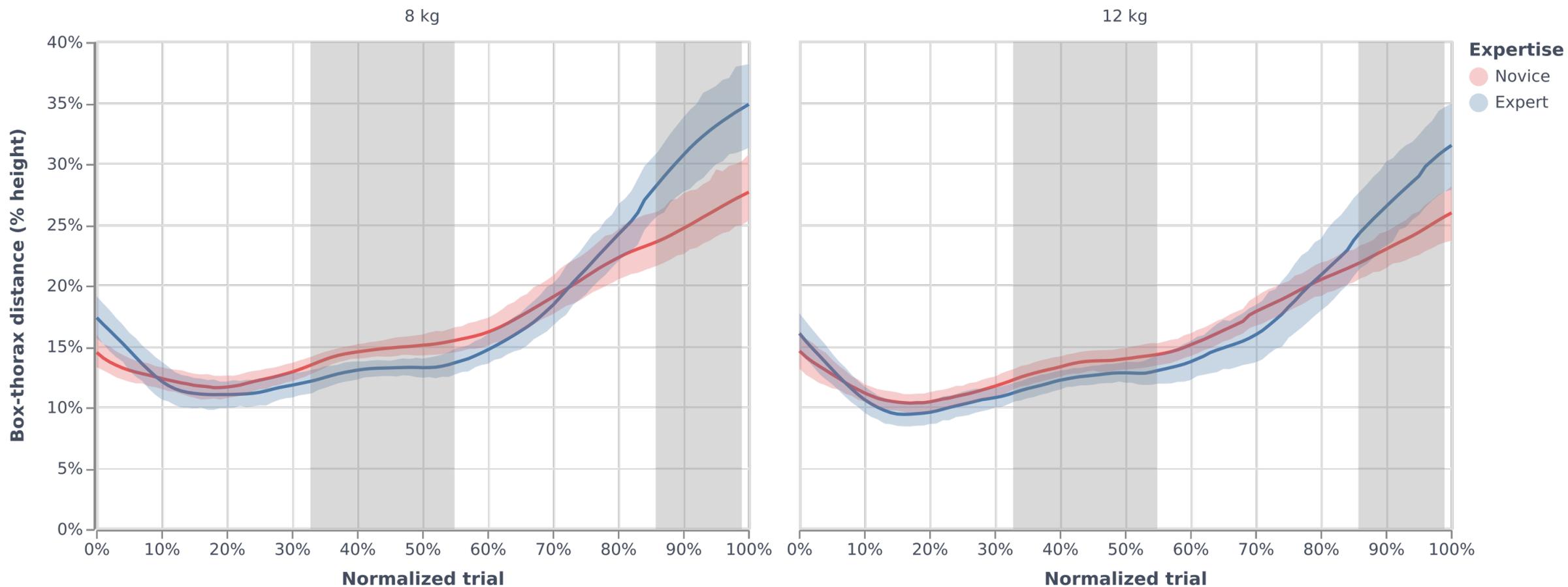


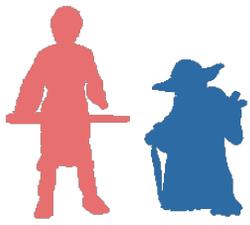
Les novices élèvent la charge plus tôt et la maintiennent à la hauteur finale plus longtemps.



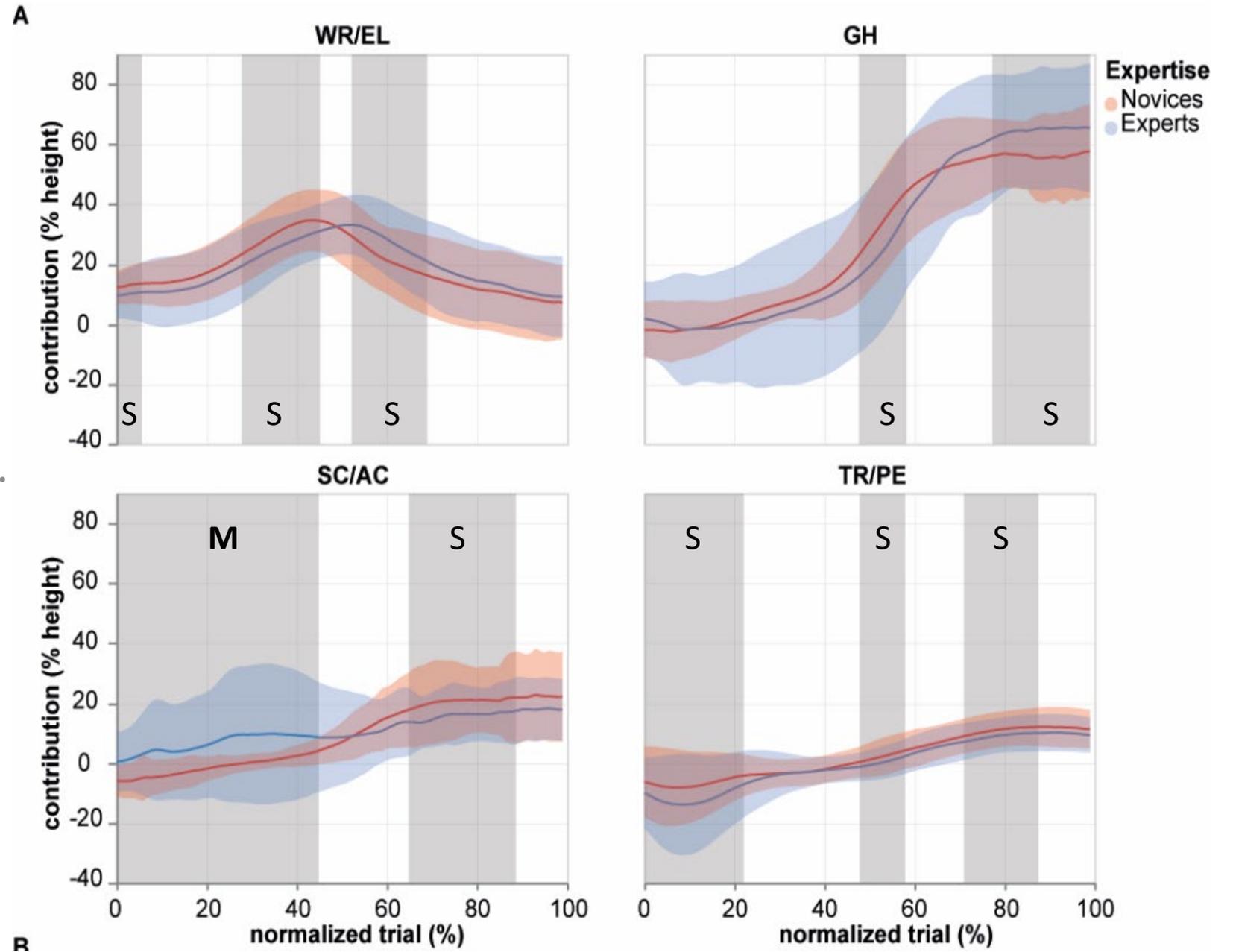


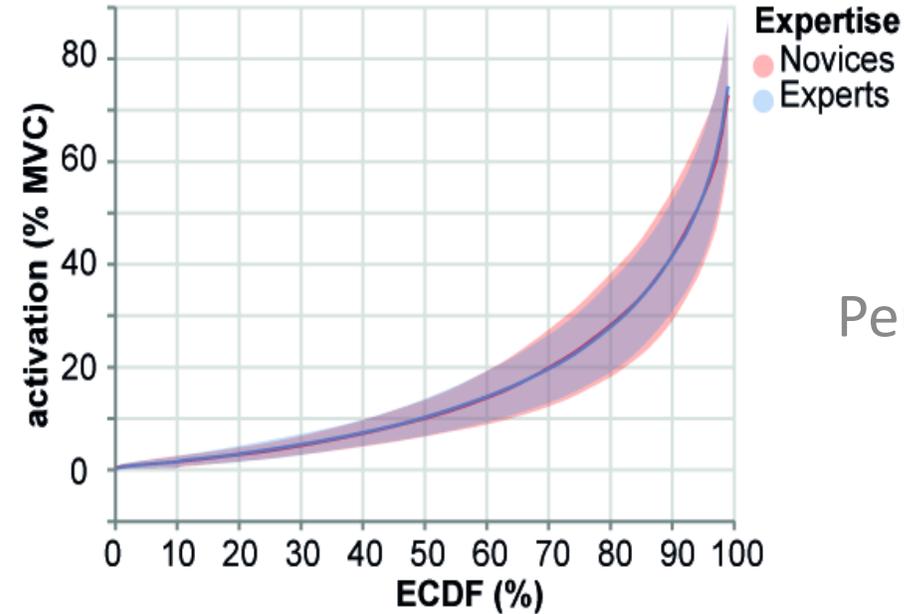
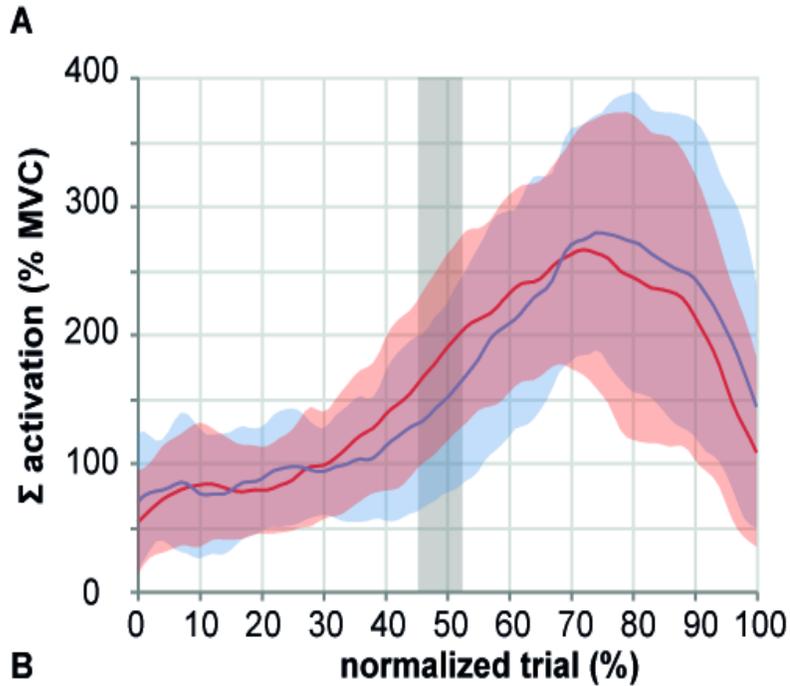
Les experts transportent la charge plus proche d'eux,
mais la déposent plus loin.



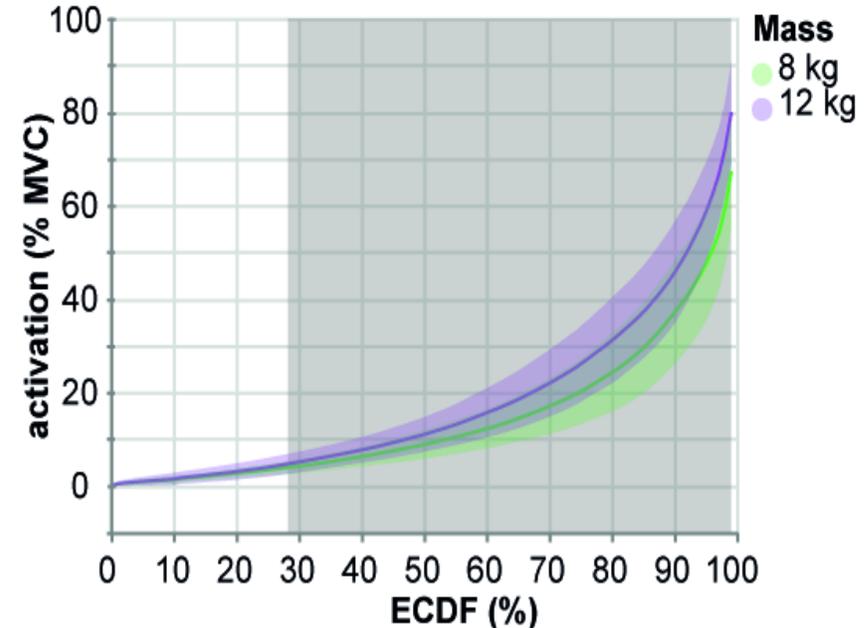
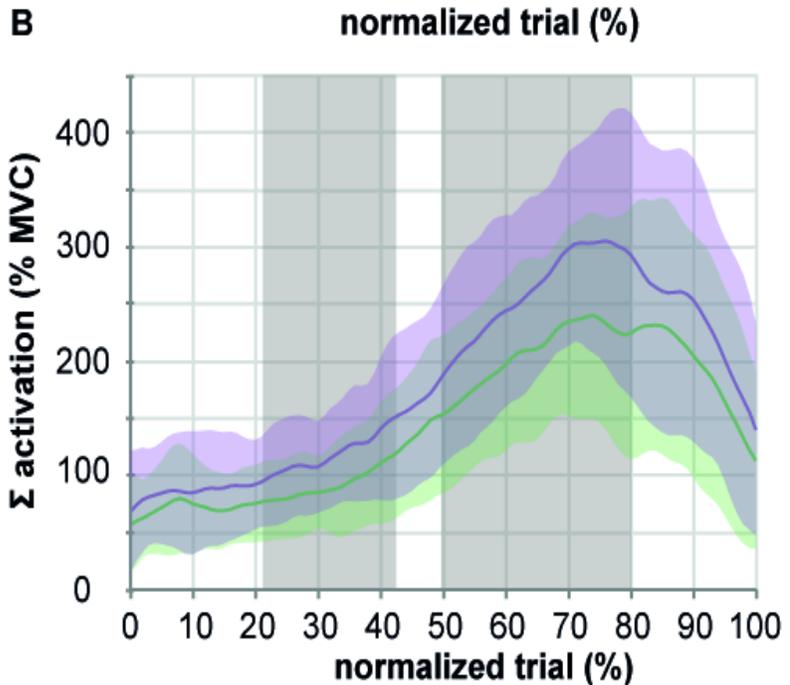


Les experts mobilisent
davantage leurs articulations
SC-AC en début de mouvement.

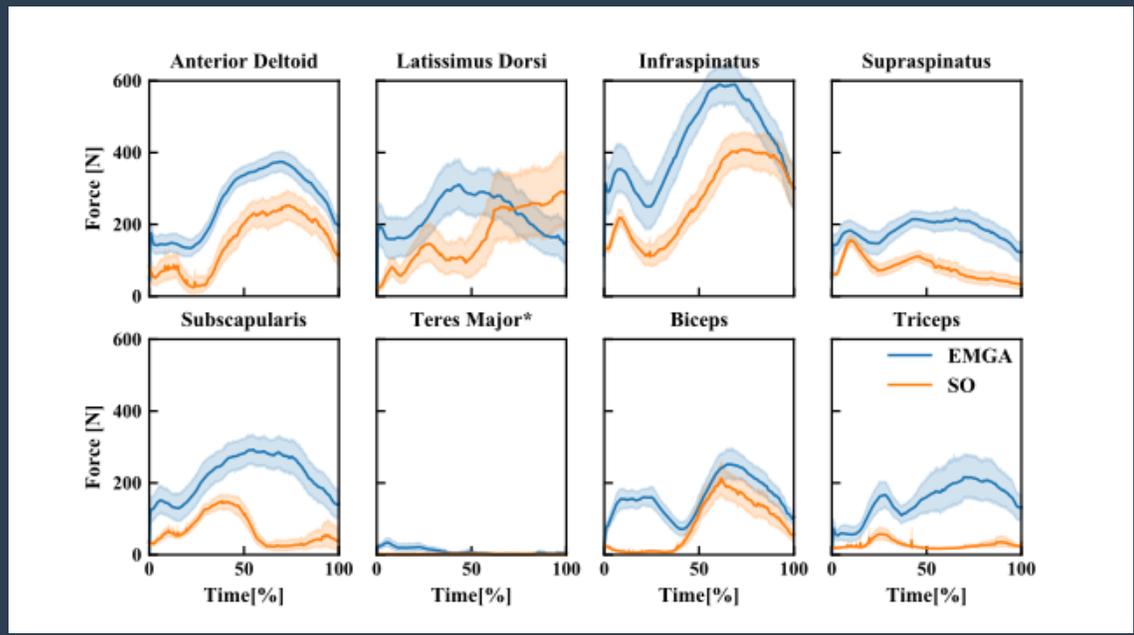
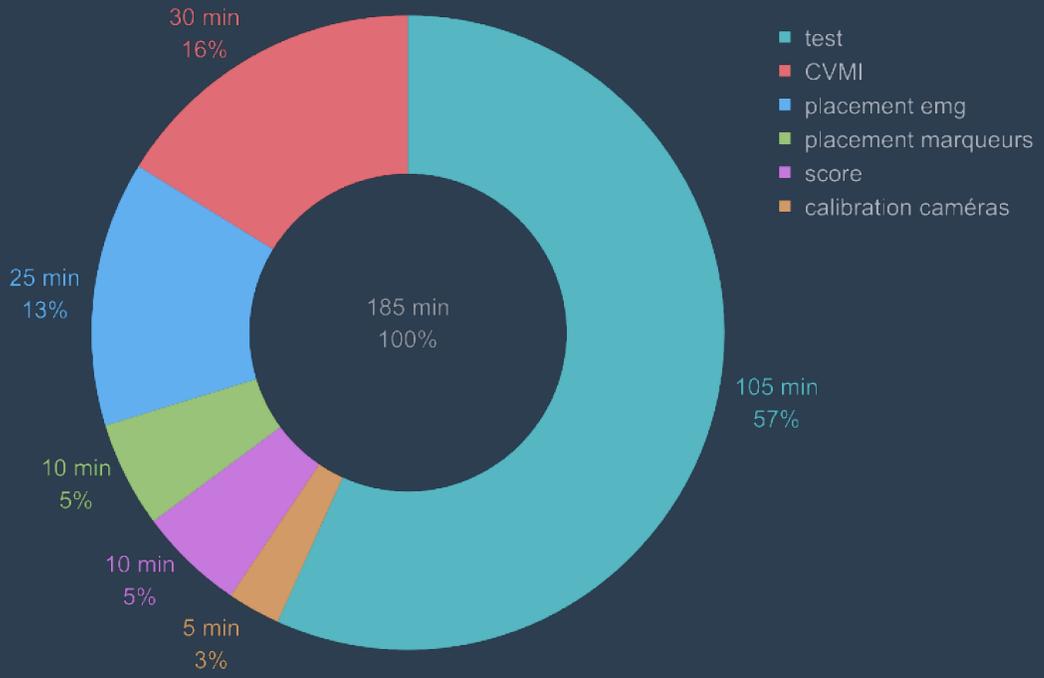
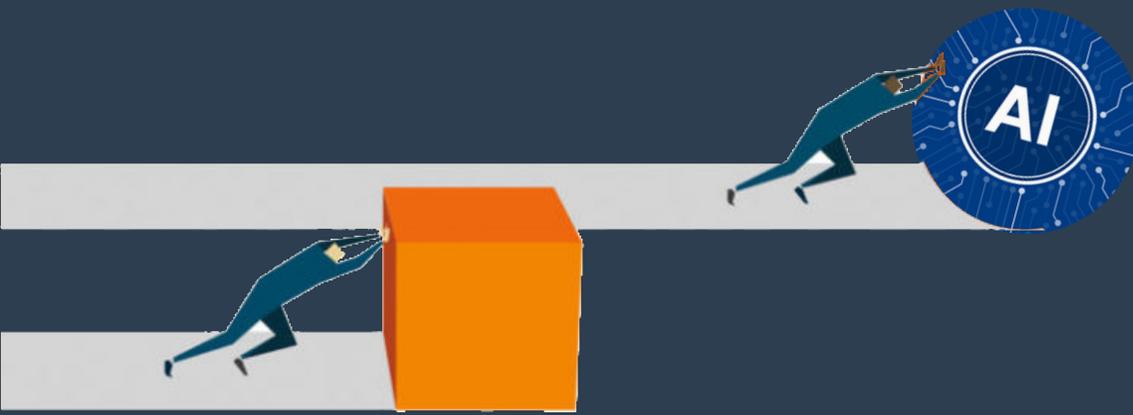




Peu de différence entre experts et novices s'intéresser à la phase de transfert.



PERSPECTIVES



Pour des tâches au-dessus des épaules

- femmes vs hommes :
 - observer « haussement des épaules »;
 - EMG des femmes à 6 kg \geq 12 kg des hommes ;
 - capacités physiques des femmes < 50 %.
- novices vs experts :
 - EMG non discriminant;
 - modèles musculosquelettiques (et optimisation statique) peu sensibles;
 - différences cinématiques qu'il faudra mieux comprendre.



Modélisation biomécanique de l'épaule : des mesures non invasives

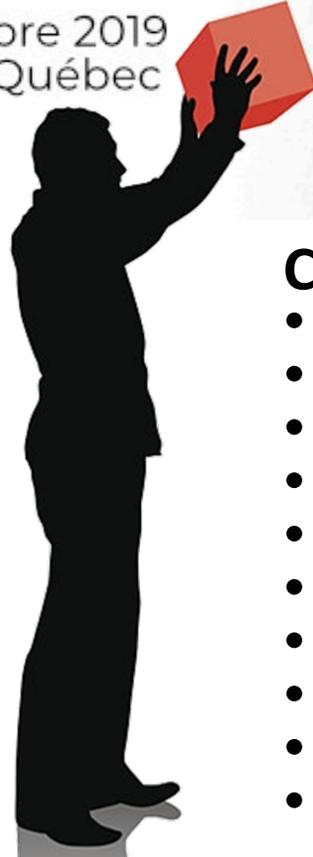
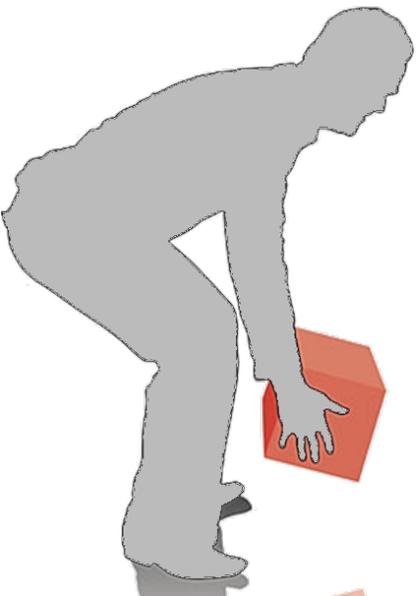
Mickaël Begon, Romain Martinez, Najoua Assila, Étienne Goubault

Colloque IRSST

LA MANUTENTION

PLUS QU'UN SIMPLE GESTE

20 novembre 2019
Montréal, Québec



Collaborateurs

- Étienne Goubault
- Romain Martinez
- Najoua Assila
- Jason Bouffard
- Jennifer Dowling
- Benjamin Michaud
- Élodie Monga-Dubreuil
- Landry Desmoulins
- André Plamondon
- Julie Côté