



Estimation du chargement au dos - Développement d'une méthode ambulatoire intégrant la cinématique du dos et l'électromyographie

A. Delisle ^{a, b}, A. Plamondon ^c, D. Gagnon ^a, C. Larivière ^c, F. Thénault ^a, F. Michaud ^{b, d}, J. Rouat ^{b, d}

^a Faculté des sciences de l'activité physique, Université de Sherbrooke

^b Institut interdisciplinaire d'innovation technologique (3IT), Université de Sherbrooke

^c Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Montréal

^d Département de génie électrique et informatique, Faculté de génie, Université de Sherbrooke



10 octobre 2017



Problématique

- Les douleurs au bas du dos liées au travail représentent plus de la moitié des cas de TMS (Michel et coll., 2010)
- La prévalence des TMS au dos est associée à l'exposition aux contraintes physiques (travailler le dos penché, fournir des efforts, manipuler des charges lourdes; Stock et coll., 2011)
- La compréhension de la relation entre l'exposition aux contraintes et le développement des maux de dos est limitée, faute de méthodes fiables pour quantifier l'exposition en milieu de travail



Problématique

- Les études qui ont tenté une mesure plus détaillée du chargement au dos ont démontré des relations plus fortes avec le développement des maux de dos (p. ex. : Norman et coll., 1998; Marras et coll., 2000)
 - Des méthodes relativement grossières ne permettant pas une évaluation suffisamment précise du chargement au dos
- Il y a un besoin de méthodes de mesure pour estimer les chargements au dos de manière fiable en milieu de travail

Objectifs

- 1. Documenter la faisabilité de deux approches pour estimer le moment net en L5/S1 à partir de l'électromyographie et de la cinématique du dos**
- 2. Développer et valider la méthodologie nécessaire au calibrage de la relation cinématique-emg/moment pour des applications en milieu de travail**
- 3. Valider l'approche terrain**



Objectif 1

Documenter la faisabilité de deux approches pour estimer le moment net en L5/S1 à partir de l'électromyographie et de la cinématique du dos

- **déterminer l'approche pour établir la relation EMG + cinématique / moment**
- **préciser les variables d'entrée (variables indépendantes), c.-à-d. les variables EMG et cinématiques les plus pertinentes**
- **détailler les variables de sortie (variables dépendantes), c.-à-d. les composantes du moment net en L5/S1**

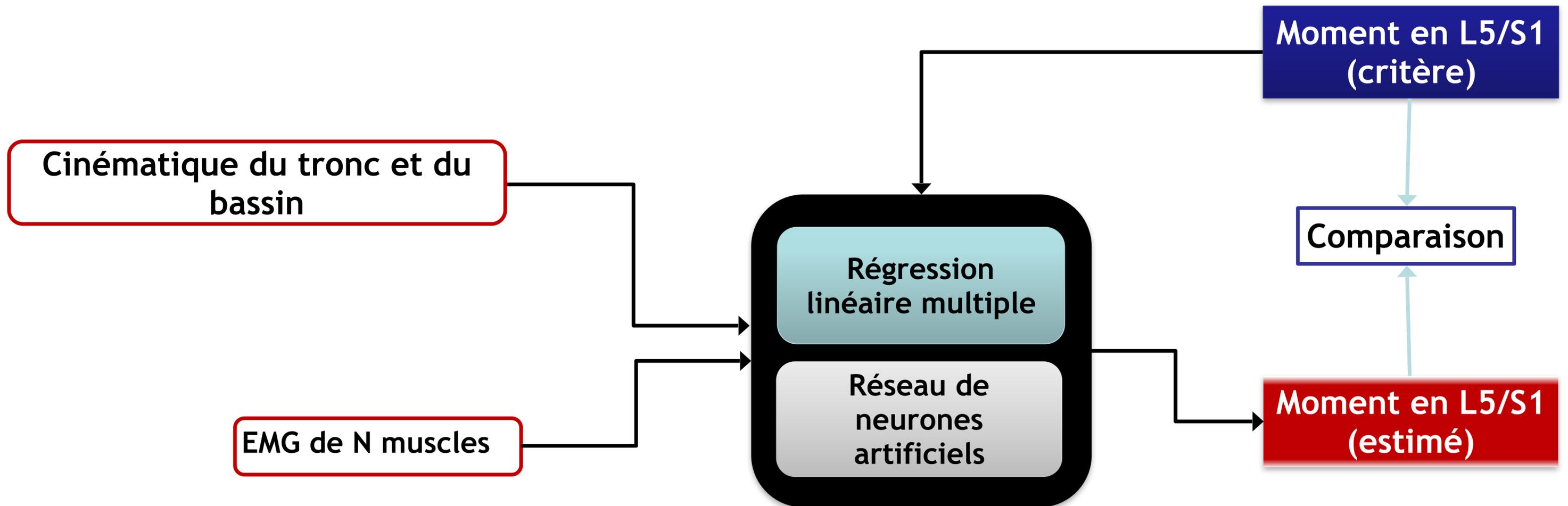


La démarche

Les variables indépendantes
(prédictives)

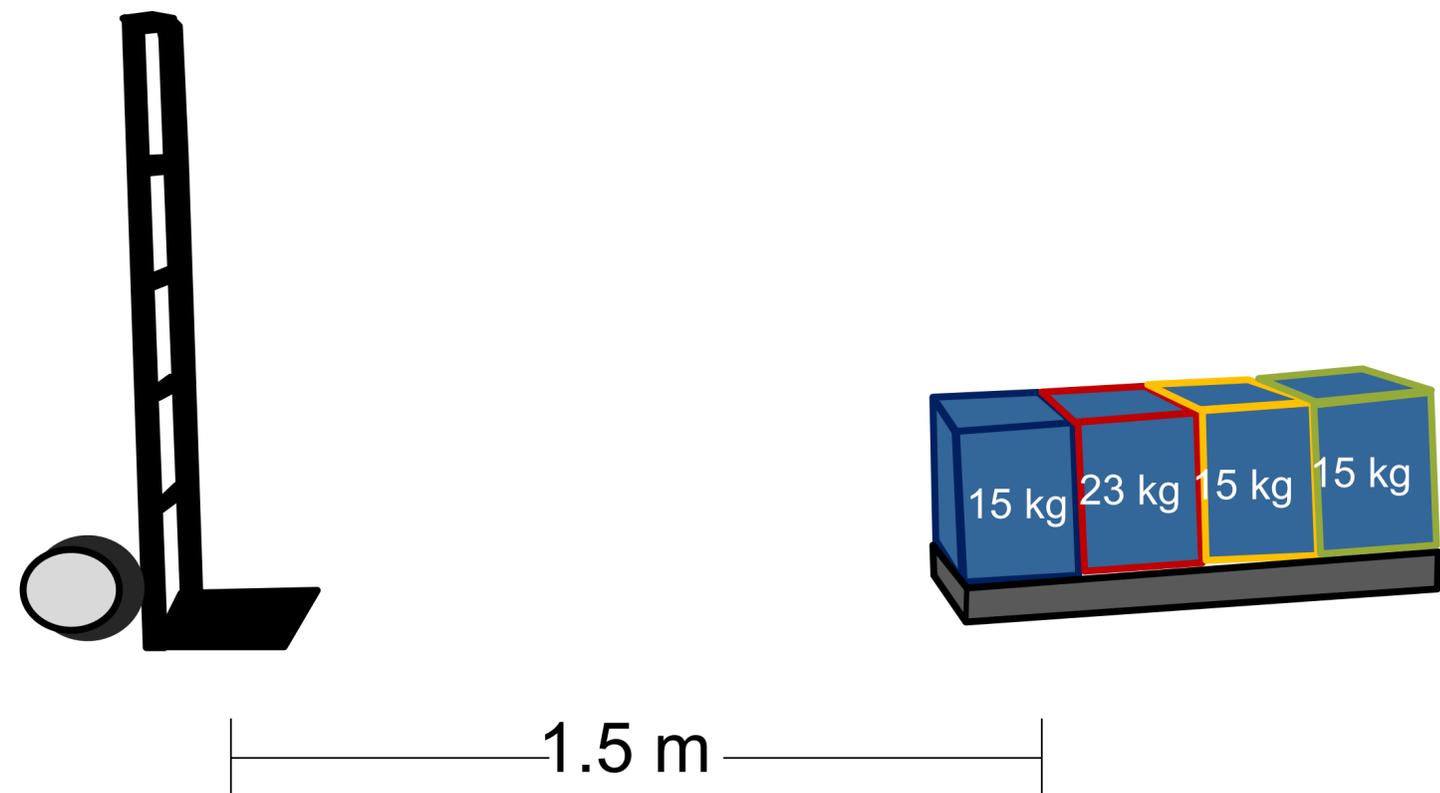
L'estimateur

La variable dépendante
(prédite)





La tâche

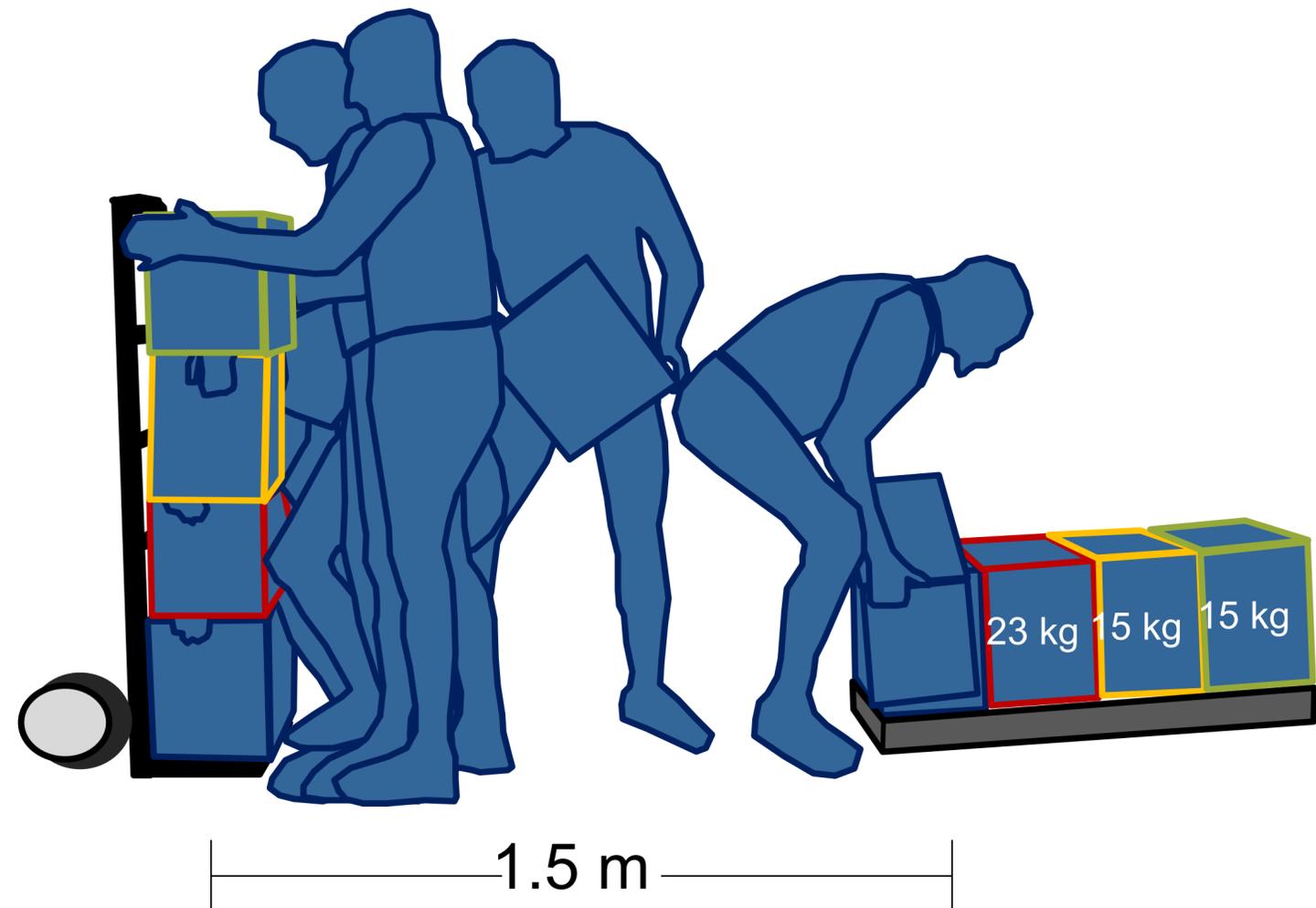


- Un essai consistait à transférer 4 boîtes (d'un convoyeur vers un chariot et l'inverse)
- 32 essais, pour un total de 128 manutentions :
 - 4 essais servaient au calibrage
 - 28 essais servaient pour la validation

Plamondon et coll., 2010



La tâche

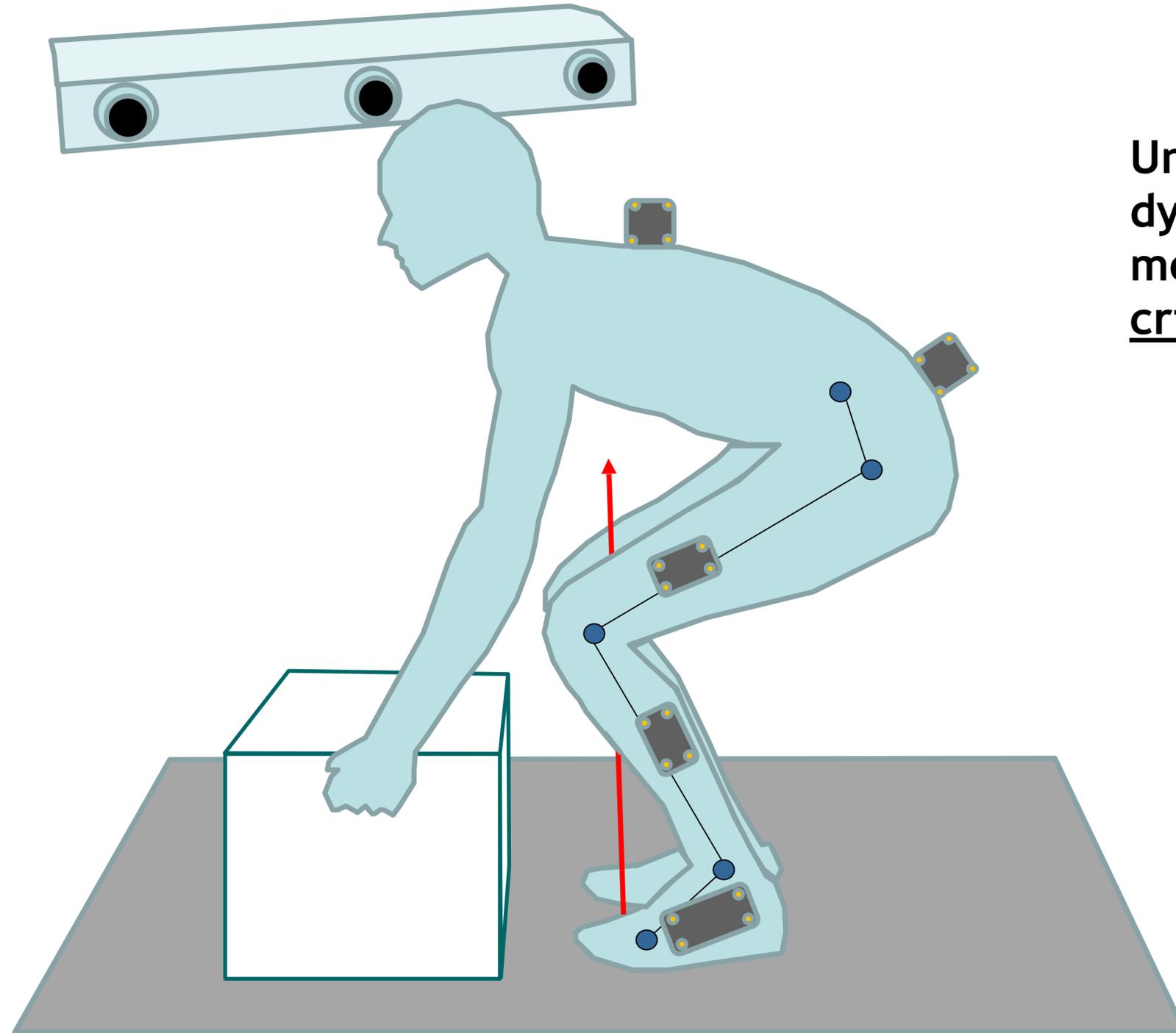


- Un essai consistait à transférer 4 boîtes (d'un convoyeur vers un chariot et l'inverse)
- 32 essais, pour un total de 128 manutentions :
 - 4 essais servaient au calibrage
 - 28 essais servaient pour la validation

Plamondon et coll., 2010



L'instrumentation

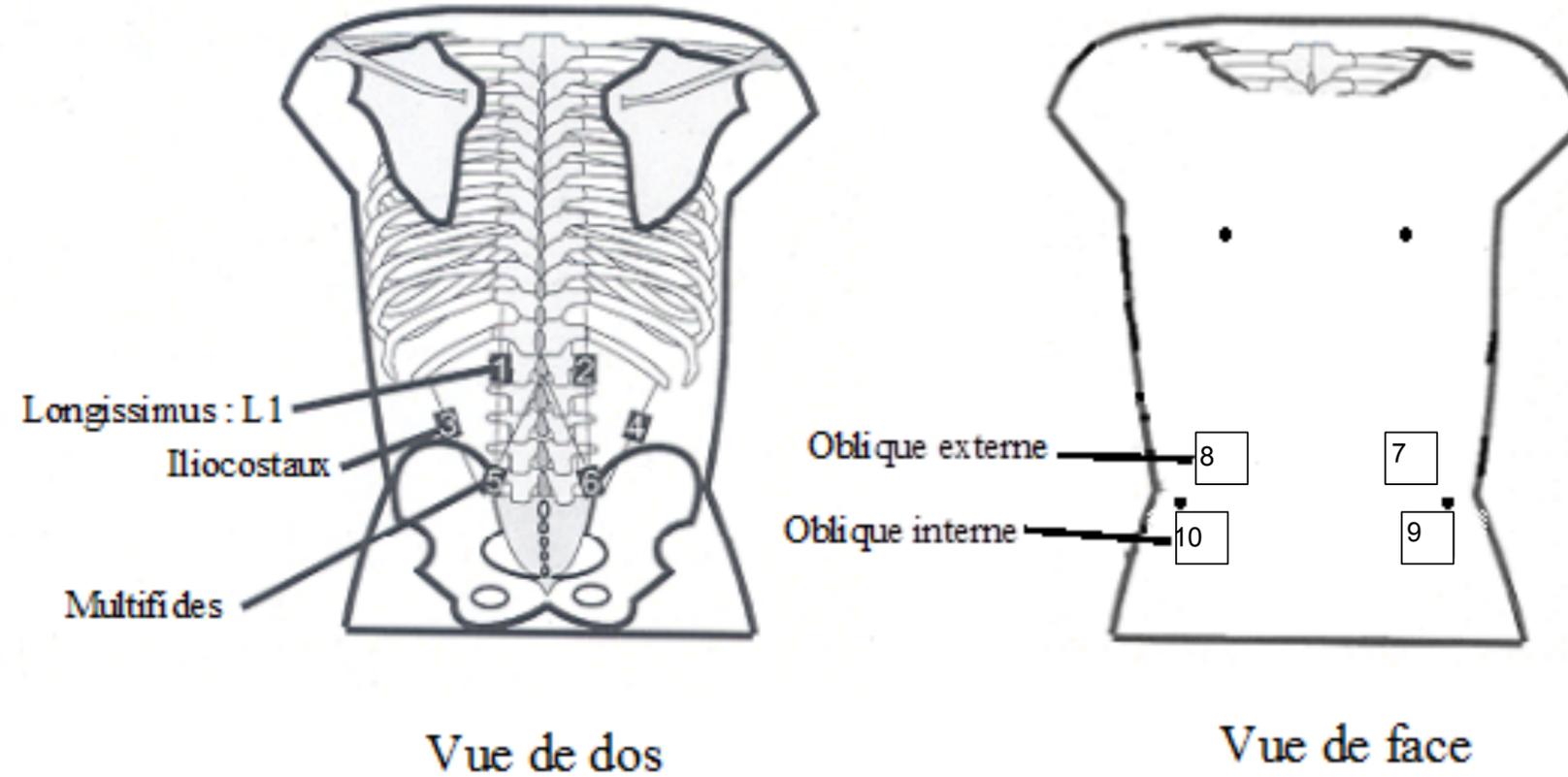


Un modèle segmentaire 3D à dynamique inverse pour estimer le moment net en L5/S1 : la mesure critère



L'instrumentation

Les signaux électromyographiques (EMG) de 10 muscles





La démarche confirmée

Les variables indépendantes (prédicatives)

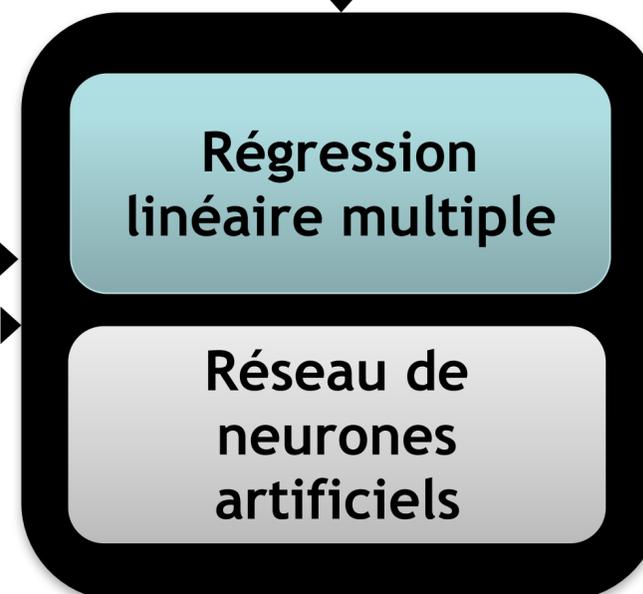
Cinématique du tronc et du bassin

- Angle du tronc/bassin
- Acc. angulaire du tronc/bassin
- Angle du tronc/verticale
- Angle d'incl. lat. du tronc/verticale
- Accélération linéaire du bassin

EMG de 6 muscles

- Longissimus
- Iliocostalis lumborum
- Obliquus externus

L'estimateur



La variable dépendante (prédite)

Moment en L5/S1
(critère)

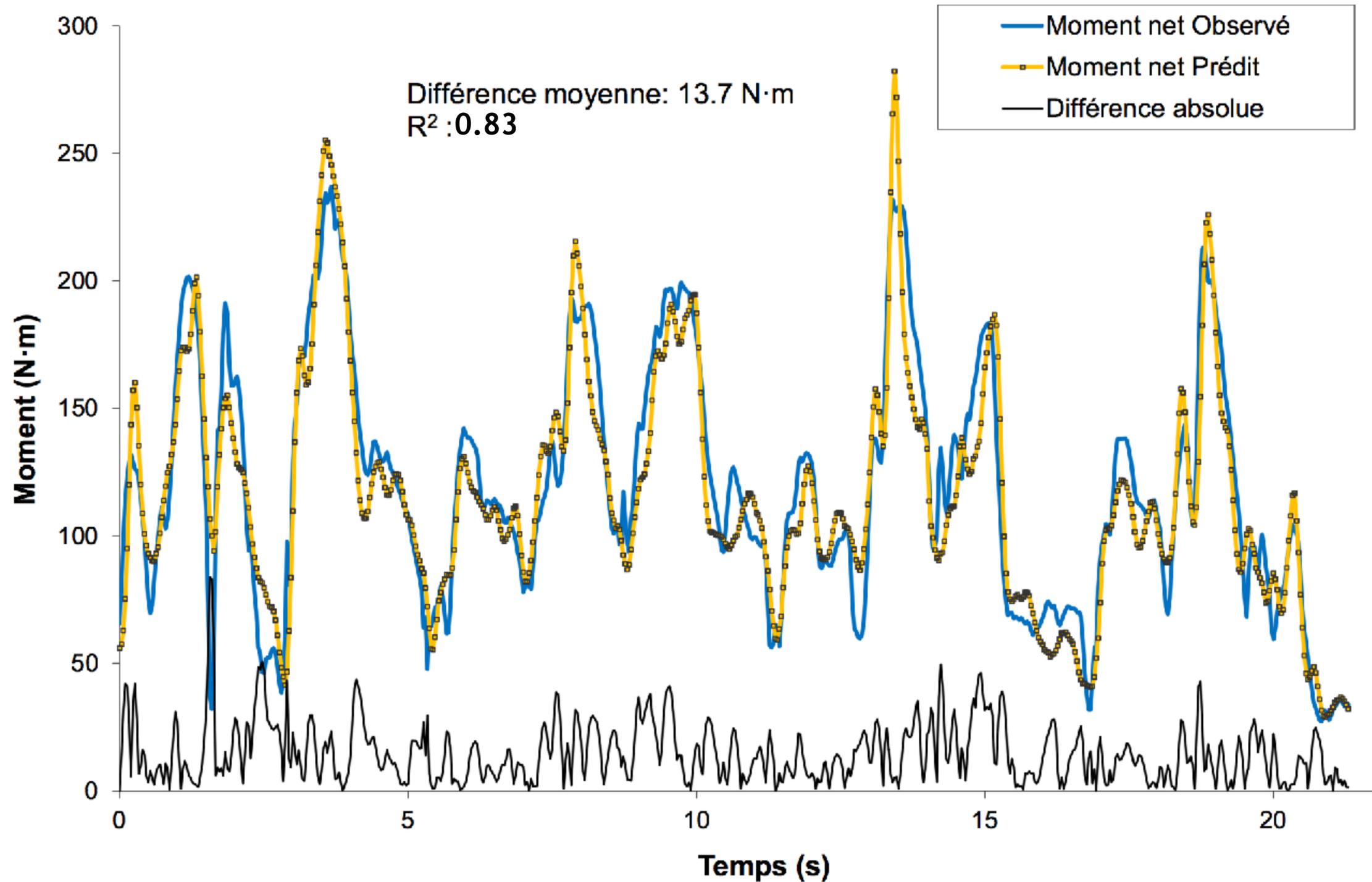
Comparaison

Moment en L5/S1
(estimé)



Résultats

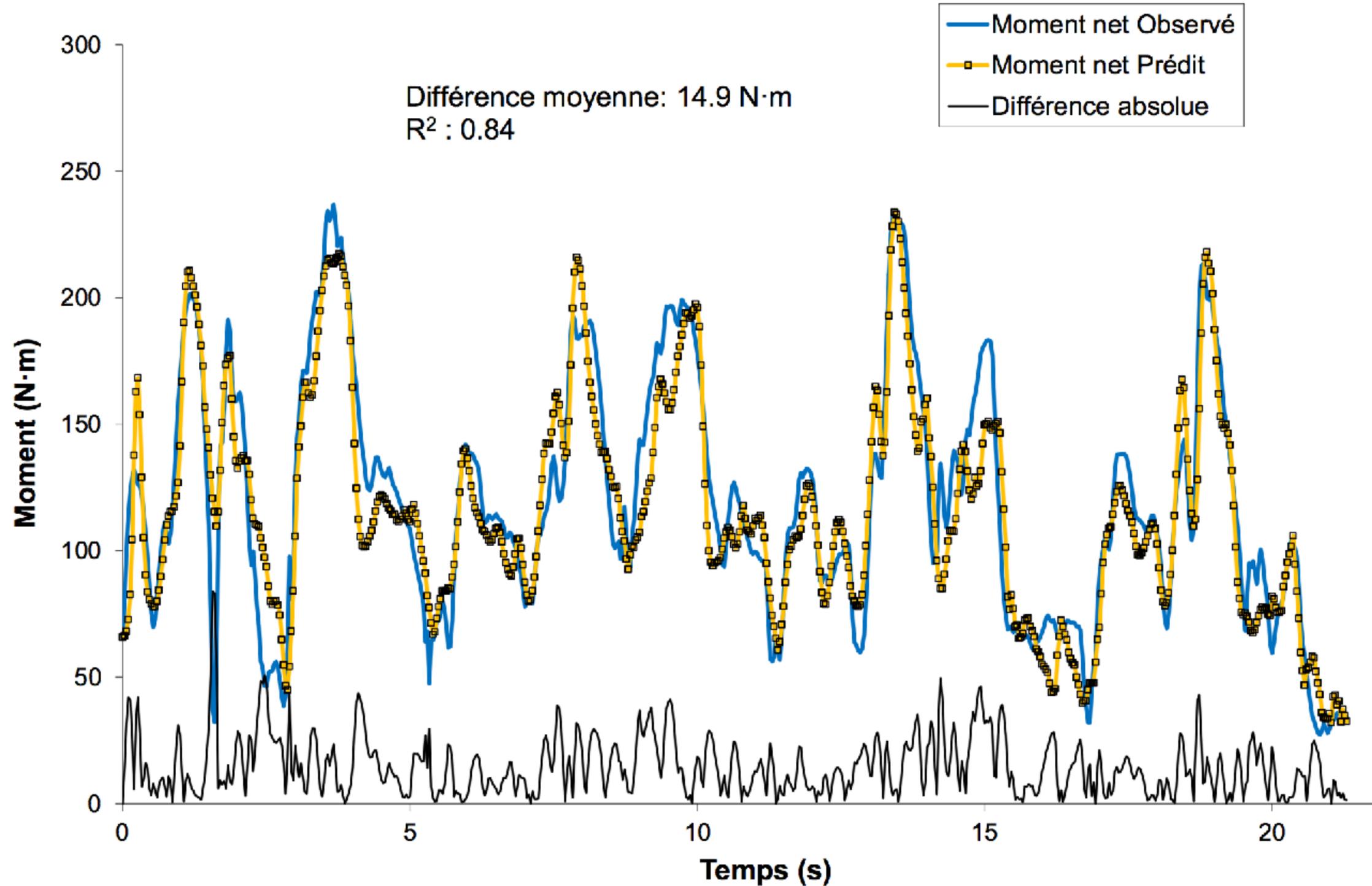
Prédiction par régression linéaire multiple (RLM) pour un essai





Résultats

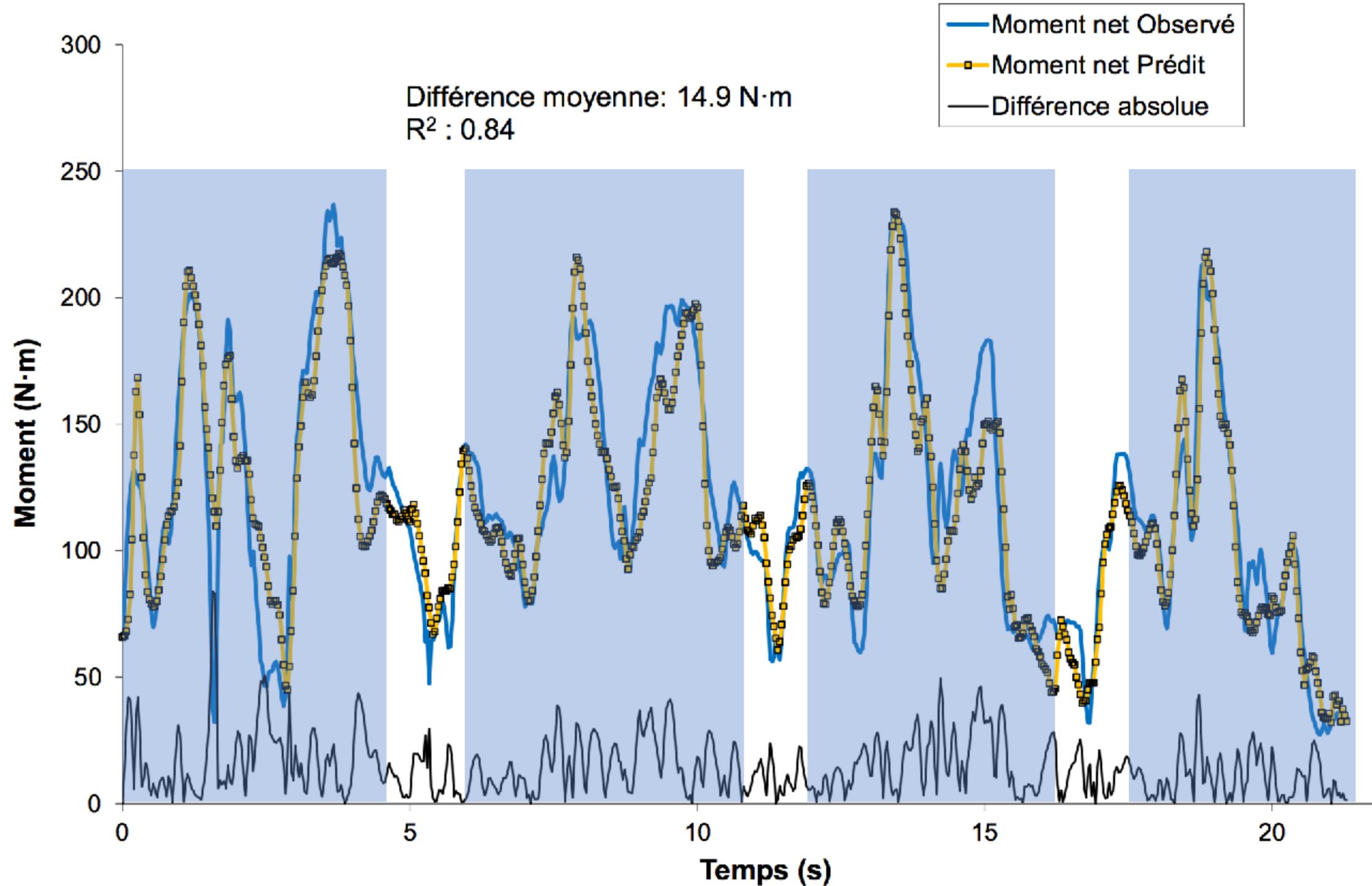
Prédiction par le réseau de neurones (RNA) pour un essai





Résultats

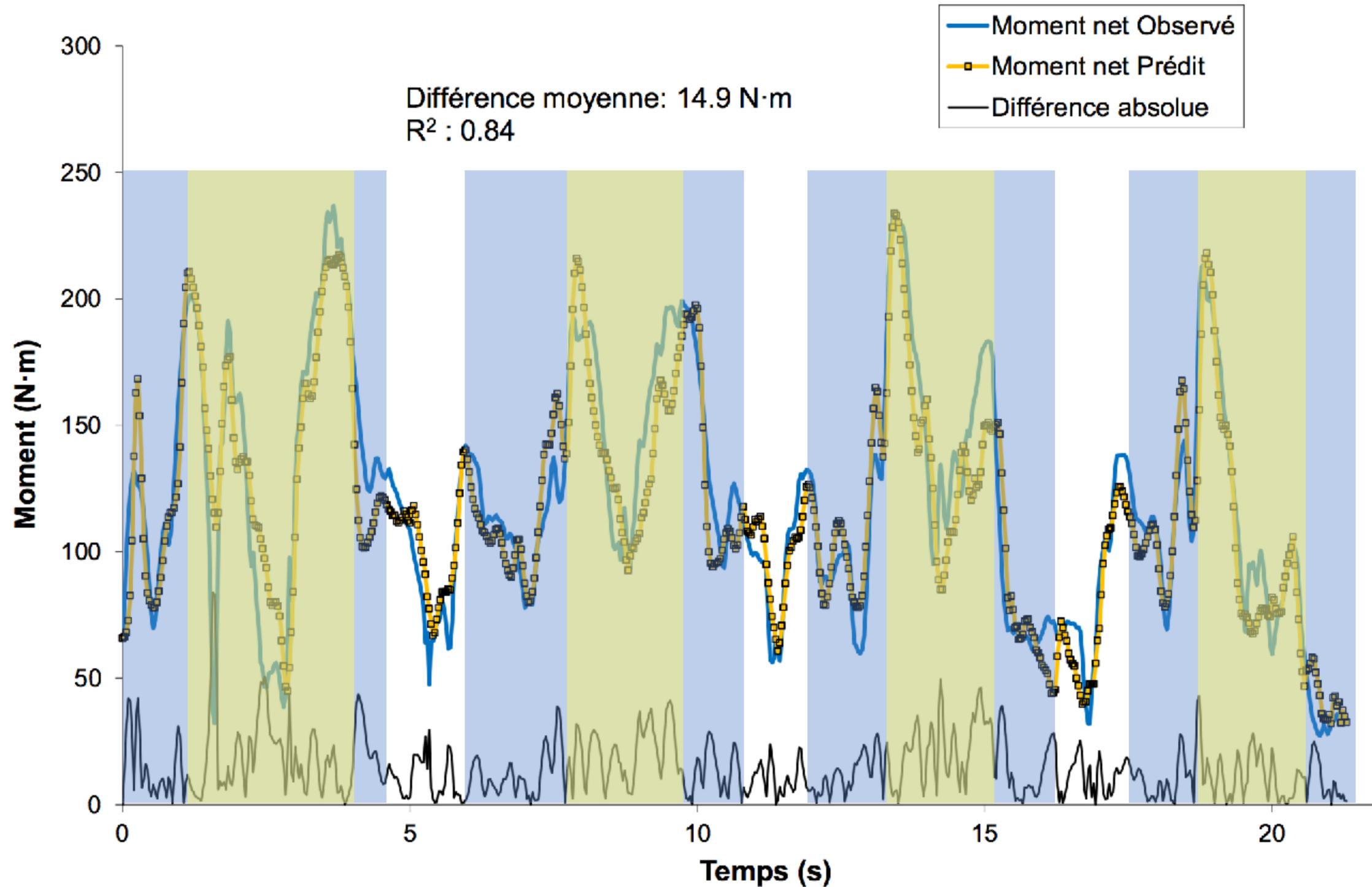
Prédiction par le réseau de neurones (RNA) pour un essai





Résultats

Prédiction par le réseau de neurones (RNA) pour un essai





Résultats

Performance des approches : données de validation
Moyenne (étendue), N = 30

	R^2	RMSE (N·m)	RMSE / PM_0 (%)
RLM	0.74 (0.53, 0.83)	26.7 (19.8, 38.1)	9.0 (8.0, 12.0)
RNA	0.80 (0.51, 0.89)	24.0 (15.8, 34.3)	8.0 (6.5, 10.4)



Conclusion

- **Le moment en L5/S1 peut être estimé en utilisant l'EMG d'un nombre limité de muscles et la cinématique du tronc/bassin, par les deux approches**
- **Bonne capacité de prédiction : quelques essais suffisent au calibrage individualisé**
 - **Suppose :**
 - une méthode critère utilisable sur le terrain est disponible
 - tâches de calibrage = tâches étudiées



Objectif 2

Développer et valider la méthodologie nécessaire au calibrage de la relation cinématique-emg/moment pour des applications en milieu de travail

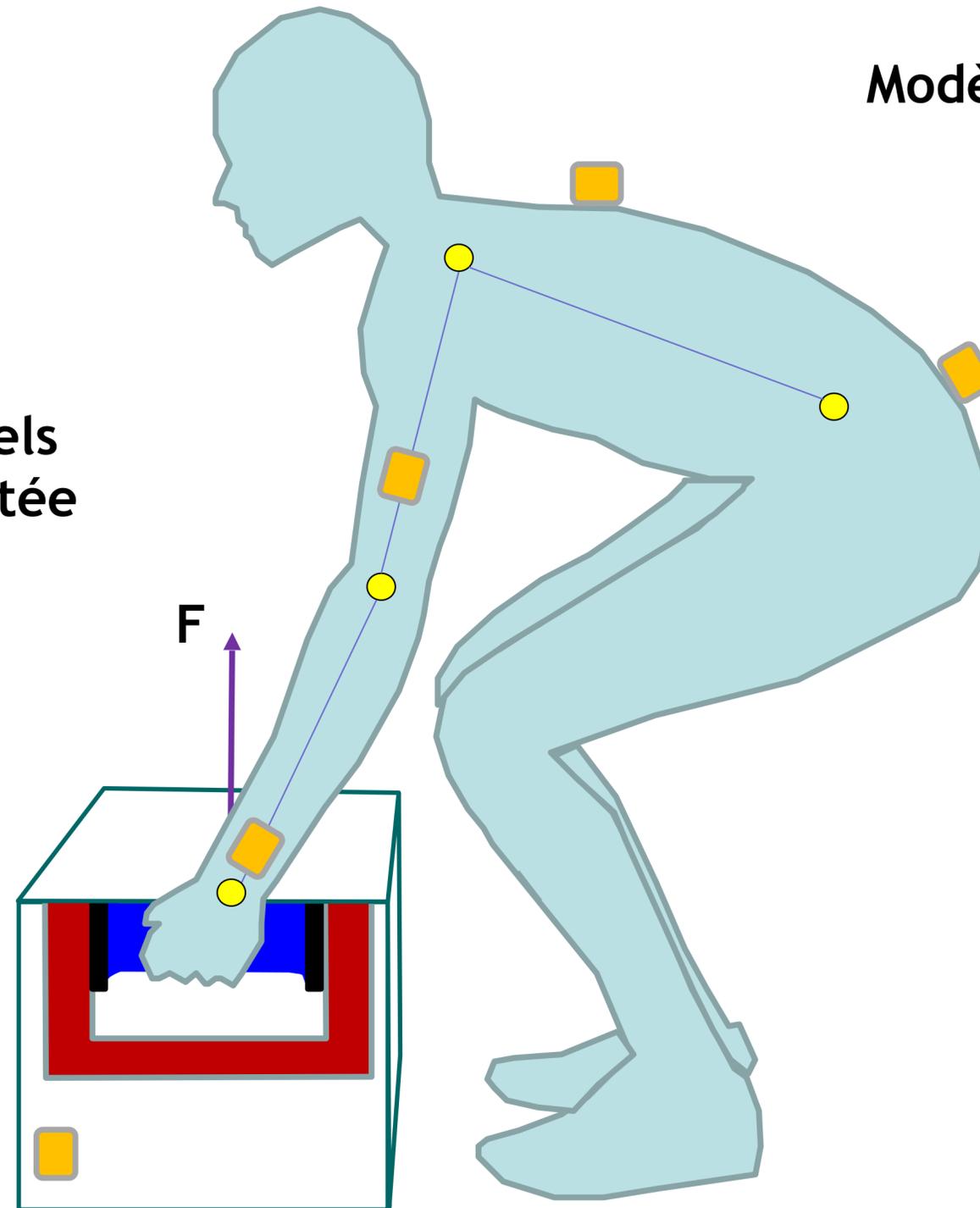
- **Concevoir et valider un modèle de calibrage simplifié pour estimer le moment en L5/S1 à partir de la mesure des orientations des membres supérieurs et du dos de même que des forces aux mains**



Instrumentation

Modèle haut - bas

- 6 senseurs inertiels
- Caisse instrumentée





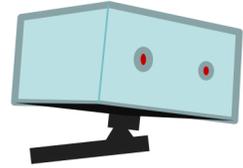
Le modèle

Le modèle haut - bas :

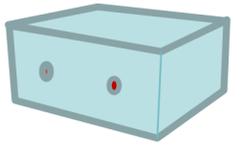
- 5 segments (avant-bras, bras, tronc incluant la tête)
- Référentiel segmentaire déterminé par une procédure segment-à-senseur (Luinge et coll., 2007)
- Basé sur les données anthropométriques d'un homme moyen ou d'une femme moyenne (Dumas et coll., 2007)
- La longueur des segments était mesurée directement
- L'accélération linéaire et la vitesse angulaire déterminées à partir des mesures des senseurs inertiels



Instrumentation



Systeme
optoelectronique



Modele critere :
Modele bas - haut

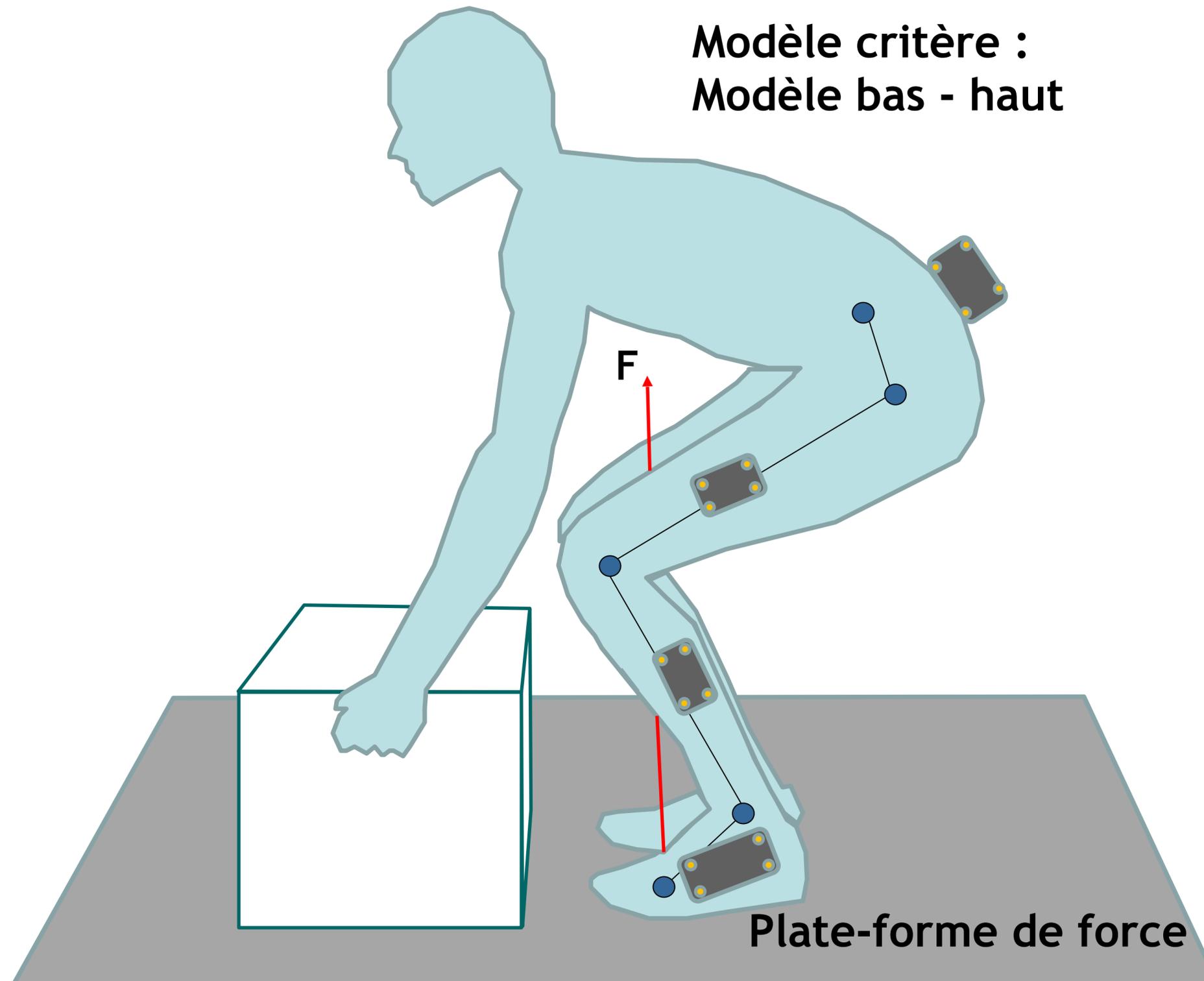


Plate-forme de force



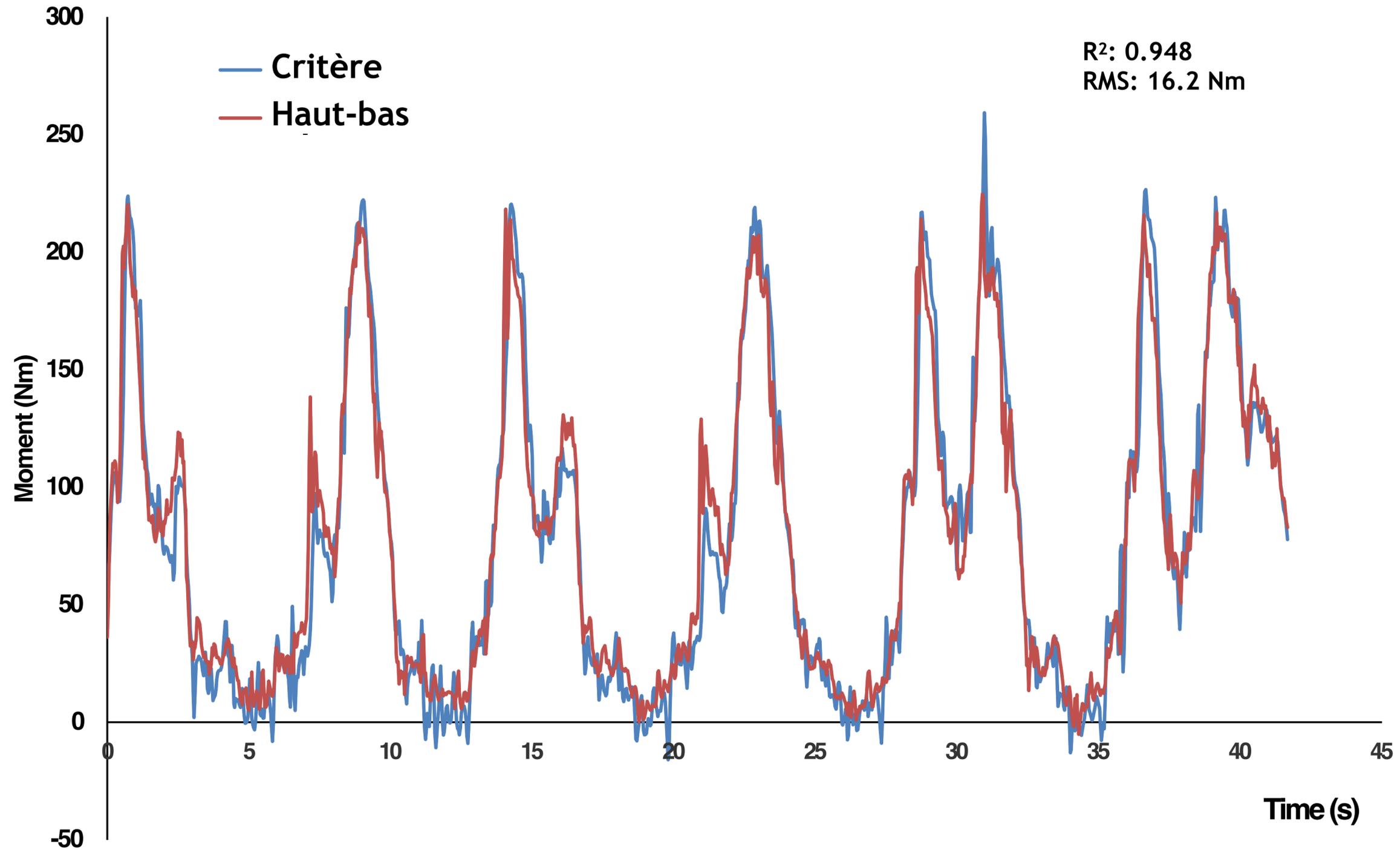
Procédure

1. **Mesures anthropométriques**
2. **Instrumentation**
3. **Adoption d'une posture anatomique**
4. **Adoption de postures pour le calibrage segment-à-senseur**
5. **Réalisation des tâches de manutention**
6. **Adoption d'une posture anatomique**



Résultats

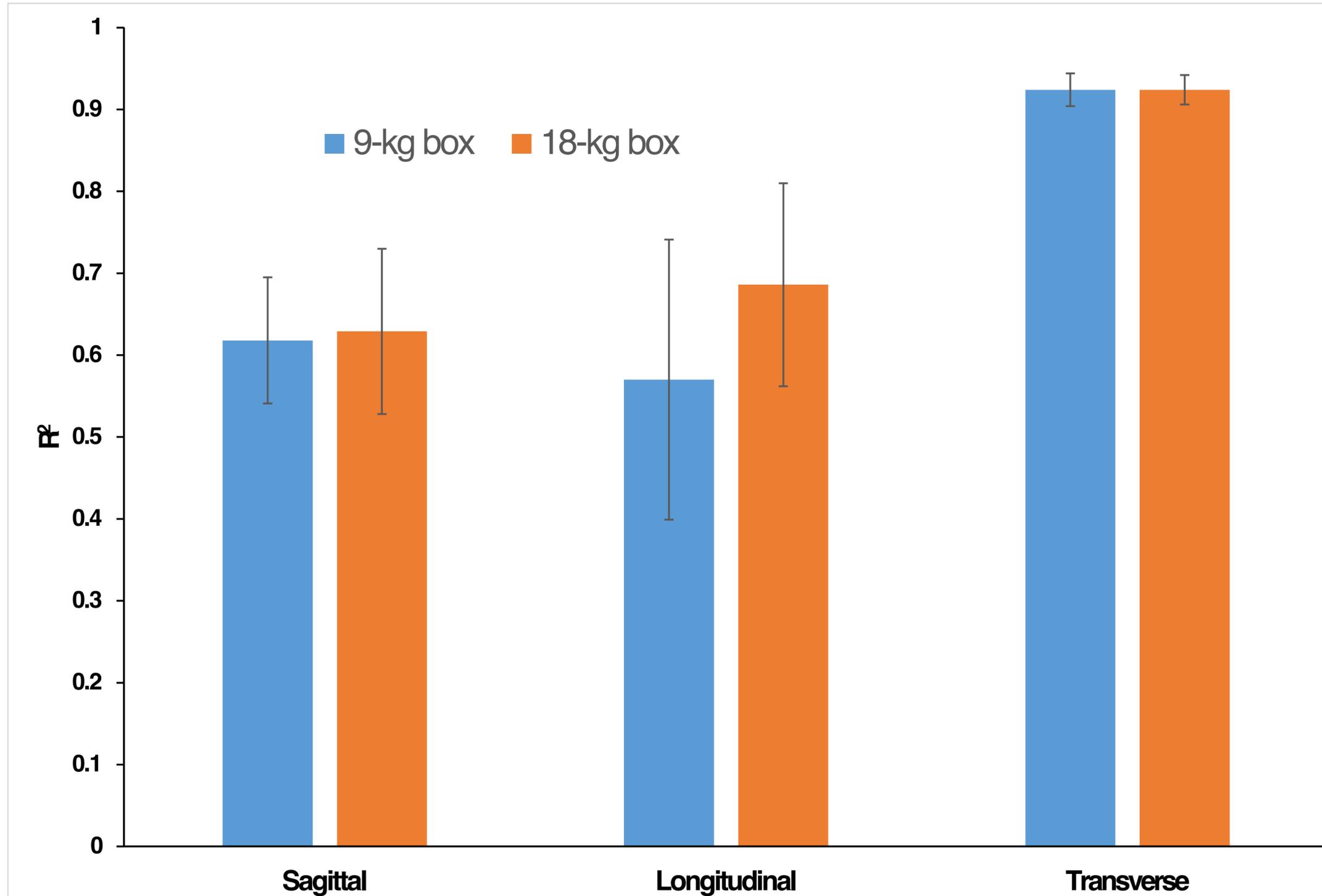
Le moment en L5/S1 autour de l'axe transverse





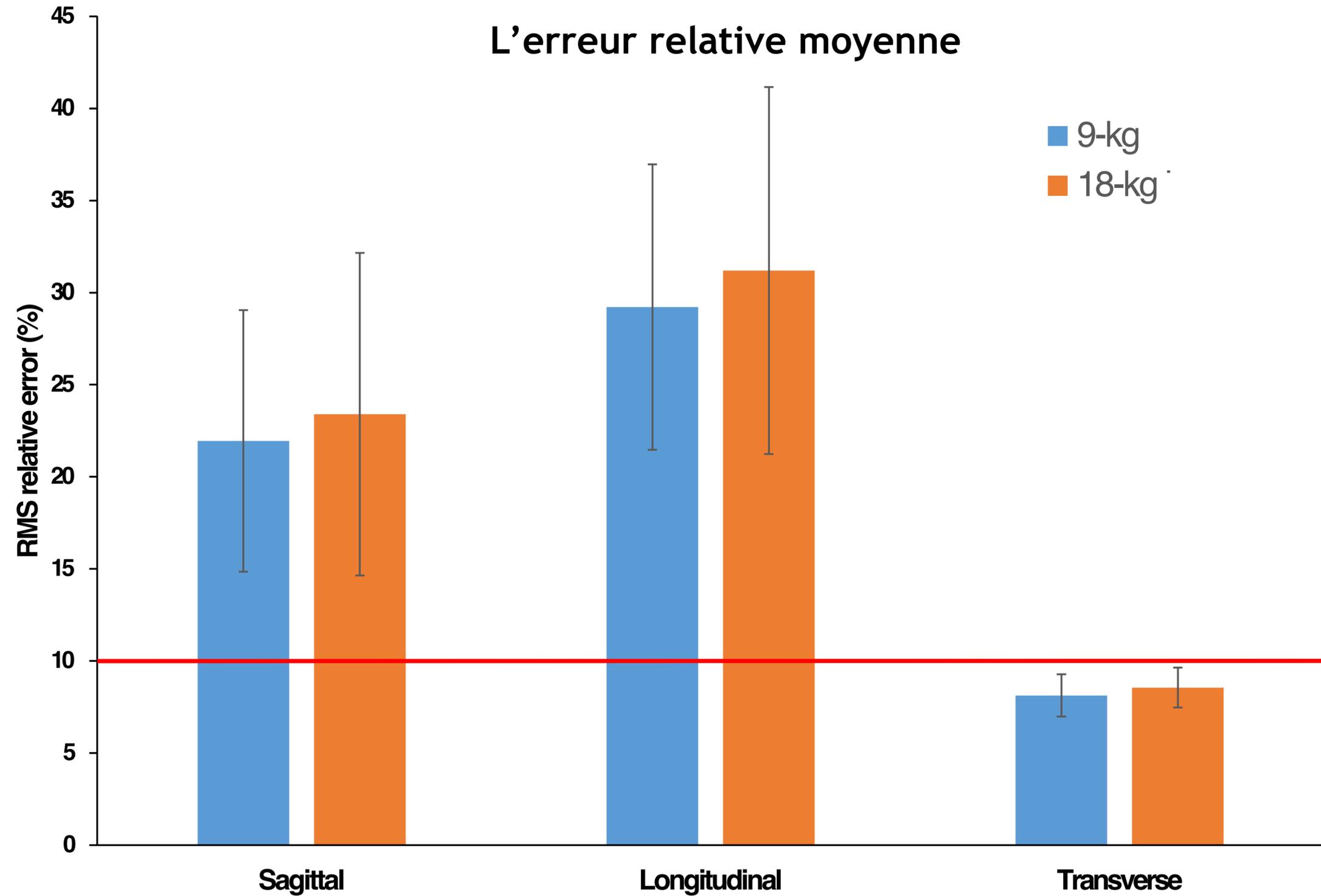
Résultats

Coefficient de détermination moyen





Résultats





Conclusion

- **Le moment en L5/S1 autour de l'axe transverse peut être estimé avec confiance par la méthode proposée (10 % d'erreur expliquant > 89 % de la variance)**
- **Cette méthode pourrait servir pour le calibrage envisagé**
- **Elle pourrait également être utile en milieu clinique**



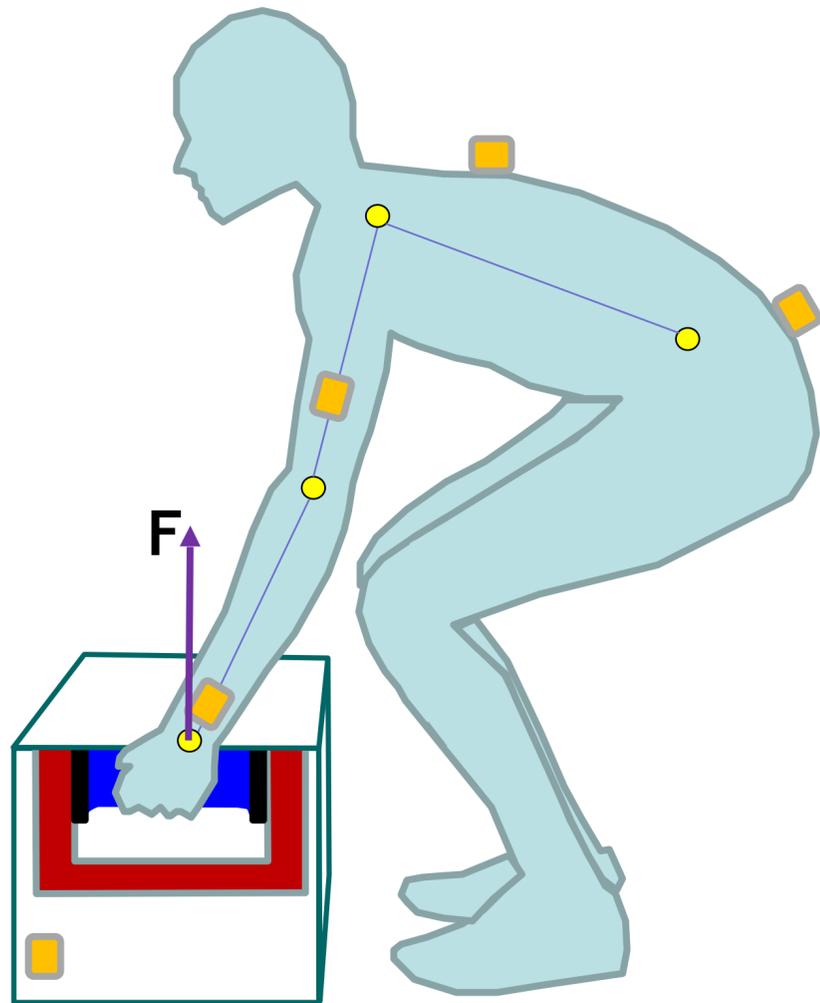
Objectif 3

Valider l'approche terrain

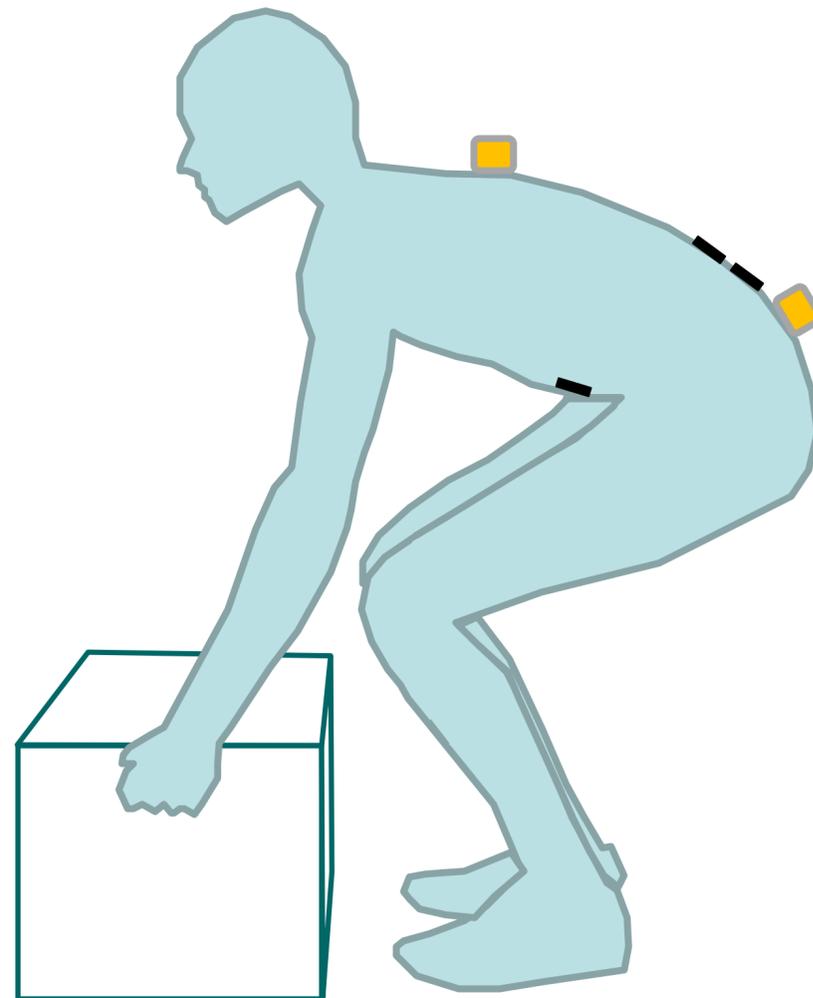
- Mettre au point la procédure pour réaliser le calibrage EMG+cinématique/moment à partir d'un nombre limité de tâches
- Valider le modèle ambulatoire sur une période d'acquisition pendant laquelle une fatigue des muscles du dos pourrait se produire



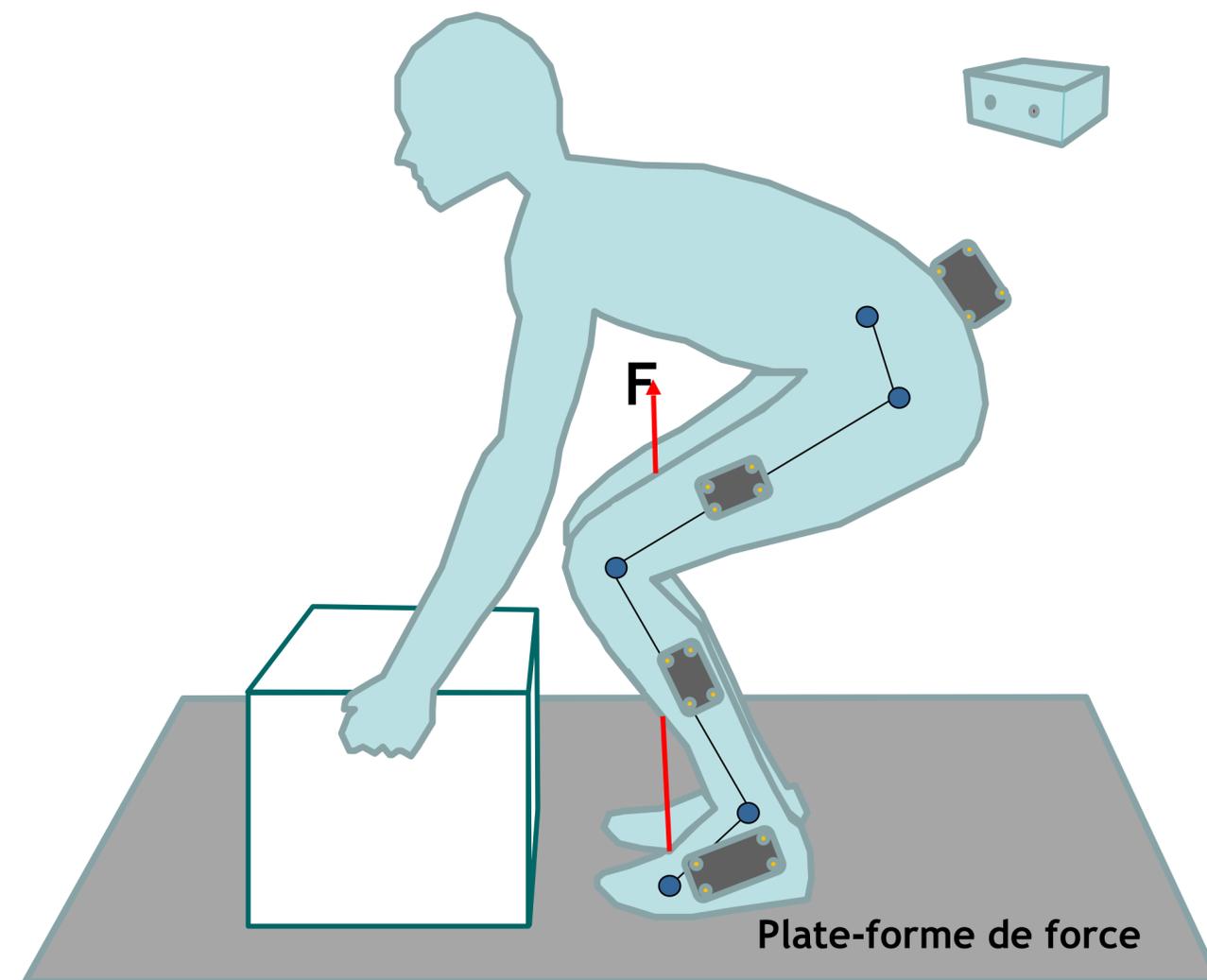
Les modèles



Modèle pour le calibrage



Modèle testé :
2 senseurs inertiels
+ 6 signaux EMG +
RNA

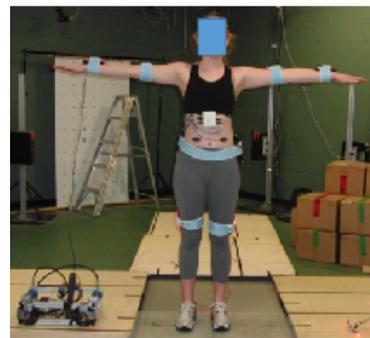


Modèle critère



Processus de validation

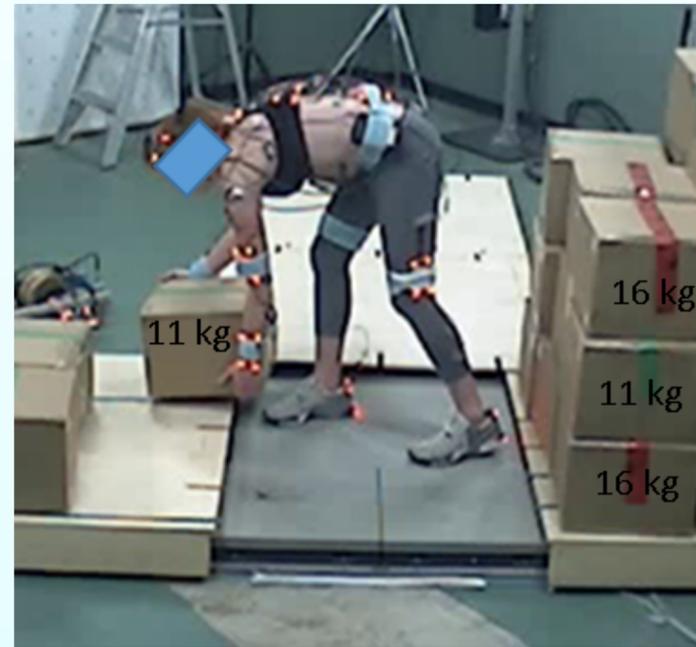
1. Entraîner le RNA à prédire le moment en L5/S1



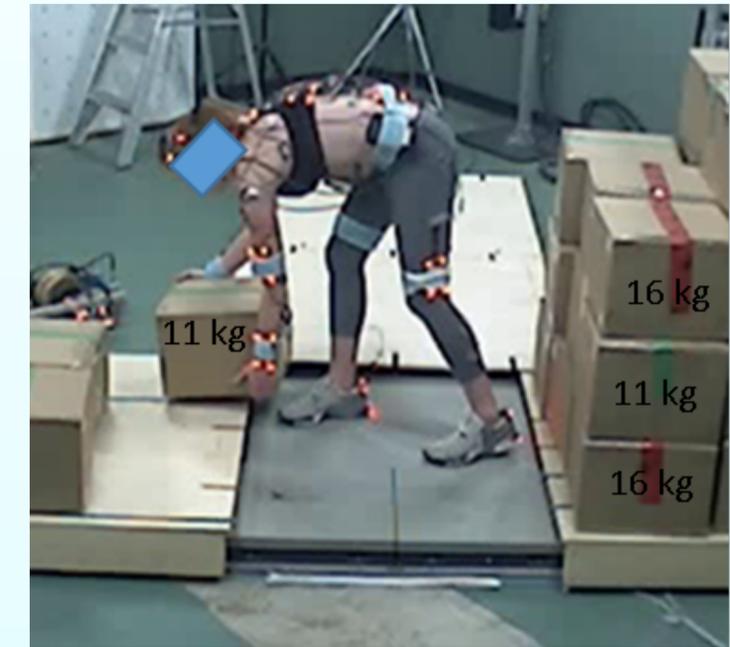
Calibrage segment-à-senseur

2. Utiliser le RNA pour estimer le moment en L5/S1 dans une tâche de manutention

Sans fatigue



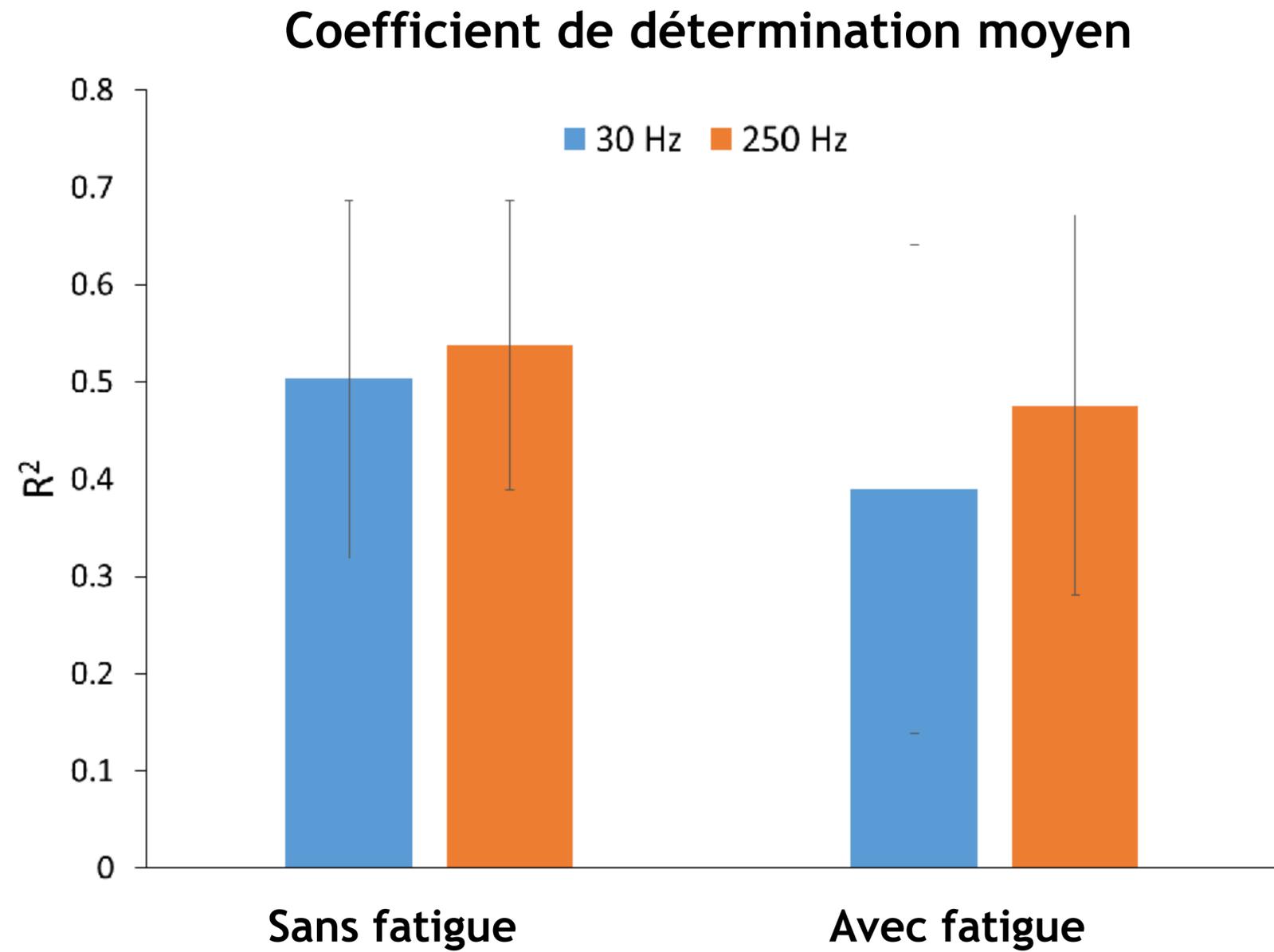
Avec fatigue



3. Comparer le moment estimé avec le moment mesuré par la méthode critère

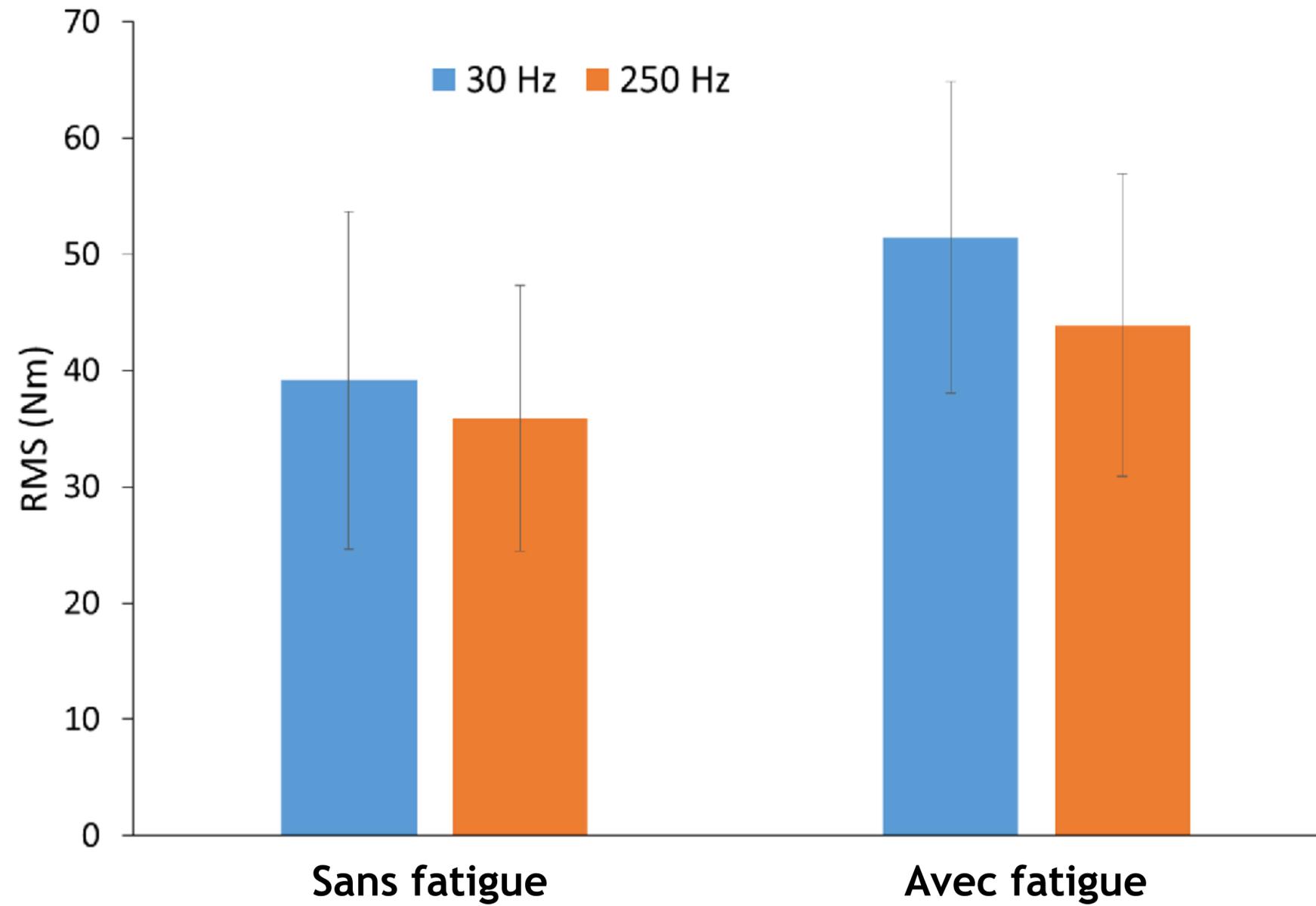


Résultats



Résultats

L'erreur absolue moyenne





Discussion

- **L'estimation du moment en L5/S1 de manière ambulatoire pour des périodes prolongées demeure un défi, avec plusieurs enjeux :**
 - l'utilisation de senseurs inertiels (perturbation et dérive)
 - l'utilisation de signaux EMG (fatigue)
 - le calibrage individuel constitue une contrainte importante



Discussion

- **D'autres avenues de développement :**
 - Intégrer d'autres sources d'information pour bonifier les senseurs inertiels
 - raffiner le traitement des signaux EMG
 - Exploiter un RNA générique pour éviter le calibrage individuel



Conclusion

- **Une approche novatrice pour estimer le moment en L5/S1 en continu a été développée :**
 - **Seulement deux senseurs inertiels combinés à l'EMG d'un nombre limité de muscles (6 muscles) sont nécessaires**
 - **Un calibrage dynamique pour établir la relation cinématique-EMG/force**
- **L'évaluation objective du chargement au dos associé aux activités réelles de manutention est possible, mais d'autres améliorations sont nécessaires**



MERCI!



Subvention # 0099-6500