



VIBE

Wearable Motion Capture



WHITE PAPER

v1.0



VIBE+
Wearable Motion Capture

Validité et reproductibilité de VIBE : comparaison aux standards de laboratoire et du marché

Aurélien Patoz¹, Cyrille Gindre, Bastiaan Breine¹ et Thibault Lussiana¹

¹Recherche et Développement, Volodalen Swiss Sport Lab, Aigle, Suisse

Pour toute question : contact@vibe-swiss.com

RESUME

Le capteur VIBE est une centrale inertielle (accéléromètre et gyroscope) qui permet d'évaluer un sportif à l'aide de huit tests : la course, le counter movement jump (CMJ), le squat jump (SJ), le rebound jump, le squat, le développé couché, le profil squat et le profil développé couché. Pour chacun de ces tests, VIBE a été comparé aux standards de laboratoire comme la plateforme de force ou du marché comme l'Optojump et le Myotest afin d'évaluer sa validité. Pour cela, la moyenne relative des différences absolues d'une métrique donnée mesurée à l'aide de VIBE et d'un outil standard a été calculée ainsi que la qualité de la corrélation entre la mesure donnée par VIBE et par l'outil standard pour cette même métrique. De plus, la reproductibilité de VIBE a été mesurée en utilisant simultanément cinq capteurs VIBEs pour une métrique donnée et en calculant le coefficient de variation associé. Les résultats montrent que VIBE est un outil valide avec des différences allant de 0.4 à 4.8% en comparaison à une plateforme de force et des qualités de corrélation entre 90 et 100%. VIBE est également un outil reproductible. Le squat jump est le test le plus reproductible, avec des coefficients de variation de 0.8 ± 0.2 et $0.6 \pm 0.2\%$ pour la hauteur et la puissance. Le développé couché (20 kg) est le test avec les moins grandes valeurs de reproductibilité, avec des coefficients de variation de 2.9 ± 0.0 , 0.7 ± 0.3 et $2.4 \pm 1.1\%$ pour la puissance, la force et la vitesse respectivement. Pour conclure, VIBE est un outil valide et reproductible qui permet d'évaluer la foulée, le CMJ, le SJ, le rebound jump, le squat, le développé couché, le profil squat et le profil développé couché d'un sportif.

SOMMAIRE

1. MÉTHODOLOGIE UTILISEE	5
1.1. VALIDITÉ	5
1.2. REPRODUCTIBILITÉ	6
2. VALIDITÉ DES MESURES	7
2.1. COURSE	7
2.2. COUNTER MOVEMENT JUMP ET SQUAT JUMP	8
2.3. REBOUND JUMP	13
2.4. SQUAT ET DÉVELOPPÉ COUCHÉ	17
2.5. PROFIL SQUAT ET DÉVELOPPÉ COUCHÉ	19
3. REPRODUCTIBILITÉ DES MESURES	20
3.1. COURSE	20
3.2. COUNTER MOVEMENT JUMP	21
3.3. SQUAT JUMP	22
3.4. REBOUND JUMP	23
3.5. SQUAT ET DÉVELOPPÉ COUCHÉ	24
4. CONCLUSION	25

1. MÉTHODOLOGIE UTILISEE

Chaque métrique est exprimée dans ses unités de référence dans l'application mobile. En revanche, chaque métrique peut être exprimée selon le degré de performance réparti en pourcentage. Nous vous laissons vous référer au guide utilisateur pour replacer votre sportif vis-à-vis de références.

1.1. VALIDITÉ

La validité de VIBE a été mesurée en le comparant aux standards de laboratoire comme la plateforme de force ou du marché comme l'Optojump et le Myotest.

Δ représente la moyenne relative des différences absolues d'une métrique X mesurée à l'aide de deux outils de mesures A et B où A est considéré comme référence :

$$\Delta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|X_{B,i} - X_{A,i}|}{X_{A,i}}$$

Cette moyenne relative est exprimée en pourcentage.

R^2 représente le coefficient de détermination linéaire de Pearson. Ce dernier permet de mesurer la qualité de la corrélation d'une métrique X mesurée à l'aide de deux outils de mesures A et B :

$$R^2 = \frac{S_{X_A X_B}}{S_{X_A X_A} S_{X_B X_B}}$$

où $S_{X_A X_B} = \sum_{i=1}^N (X_{A,i} - \bar{X}_A)(X_{B,i} - \bar{X}_B)$, $S_{X_A X_A} = \sum_{i=1}^N (X_{A,i} - \bar{X}_A)^2$, $S_{X_B X_B} = \sum_{i=1}^N (X_{B,i} - \bar{X}_B)^2$, $\bar{X}_B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{B,i}$ et $\bar{X}_A = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{A,i}$.

Ce coefficient est également exprimé en pourcentage.

1.2. REPRODUCTIBILITÉ

La reproductibilité de VIBE a été mesurée en utilisant simultanément cinq capteurs VIBEs pour un test donné et en calculant le coefficient de variation (CV) associé. Ce dernier est obtenu en divisant l'écart type (σ) par la moyenne (μ) des cinq mesures :

$$CV = \frac{\sigma}{\mu},$$

et est exprimé en pourcentage.

2. VALIDITÉ DES MESURES

2.1. COURSE

Le duty factor (DF), c'est-à-dire le ratio entre le temps de contact au sol et le temps de foulée, et la cadence (pas/min) mesurés avec VIBE ont été comparés à ceux mesurés avec un tapis instrumenté (plateforme de force). On observe une différence de 4.8% pour le DF et de 0.4% pour la cadence et une qualité de corrélation de 90% pour le DF et de 100% pour la cadence (Figure 1).

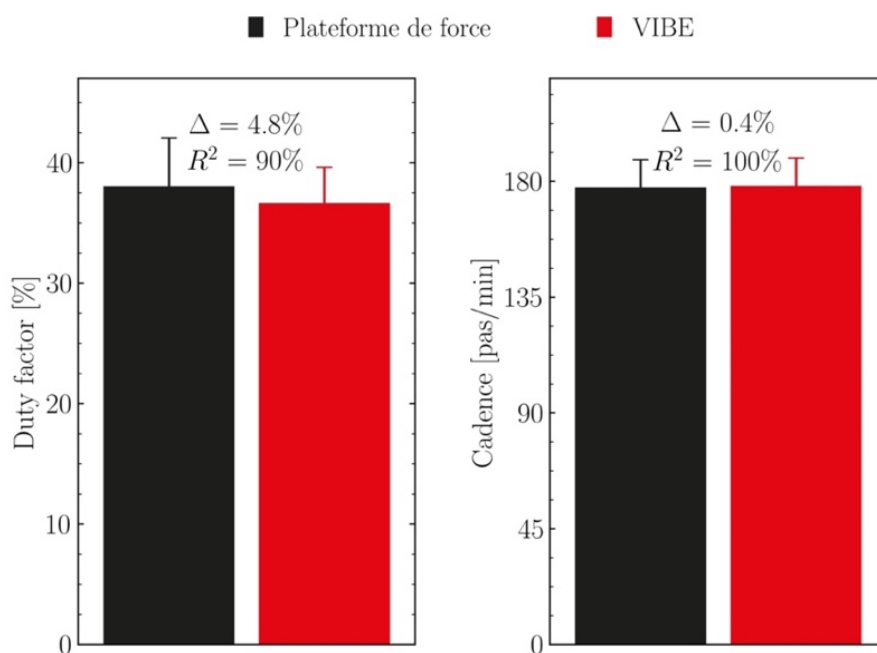


Figure 1 : Validité de VIBE mesurée en le comparant à un tapis instrumenté (plateforme de force) pour le test course.

2.2. COUNTER MOVEMENT JUMP ET SQUAT JUMP

Les forces verticales mesurées à l'aide de VIBE et d'une plateforme de force sont représentées dans la Figure 2 pour le test counter movement jump (CMJ). On observe que les deux outils de mesures donnent des forces verticales quasi identiques.

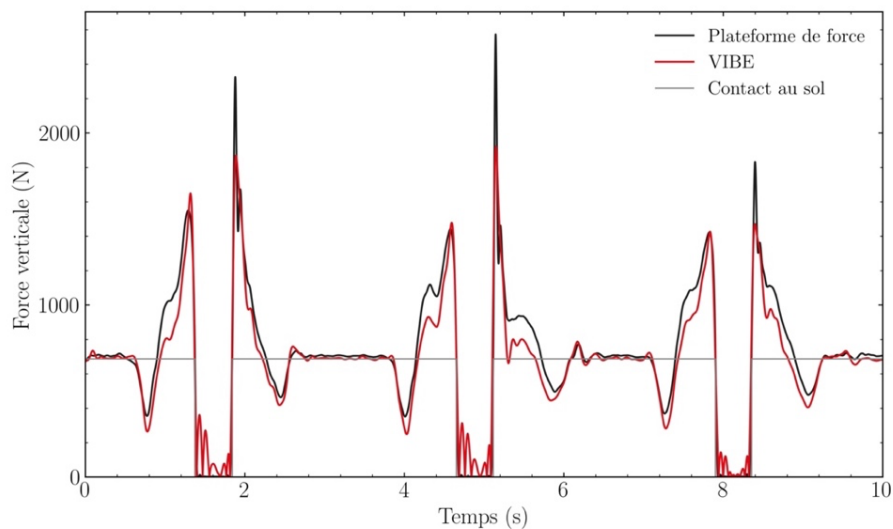


Figure 2 : Forces verticales mesurées avec VIBE et une plateforme de force lors du test counter movement jump.

Les forces verticales mesurées à l'aide de VIBE et d'une plateforme de force sont représentées dans la Figure 3 pour le test squat jump (SJ). On observe que les deux outils de mesures donnent des forces verticales quasi identiques. Cependant, on observe également dans cet exemple que la force verticale mesurée par VIBE est légèrement inférieure à celle de la plateforme de force environ 1 seconde avant chaque phase de vol. Il s'agit du moment où le sportif est en position de squat statique avant de sauter. Le sportif n'avait probablement pas le dos droit dans cette position, ce qui signifie que l'axe vertical du capteur VIBE n'était plus aligné avec l'axe de la gravité terrestre, ce qui explique les différences observées sur la force verticale.

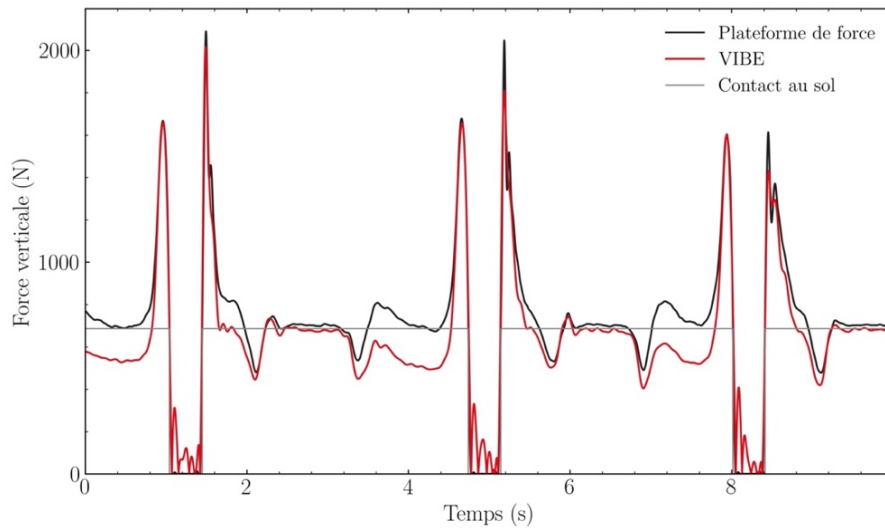


Figure 3 : Forces verticales mesurées avec VIBE et une plateforme de force lors du test squat jump.

La hauteur mesurée avec VIBE a été comparée à celle mesurée avec une plateforme de force. VIBE utilise un seuil défini au poids de corps pour déterminer les temps de contact et de vol sous-jacents.

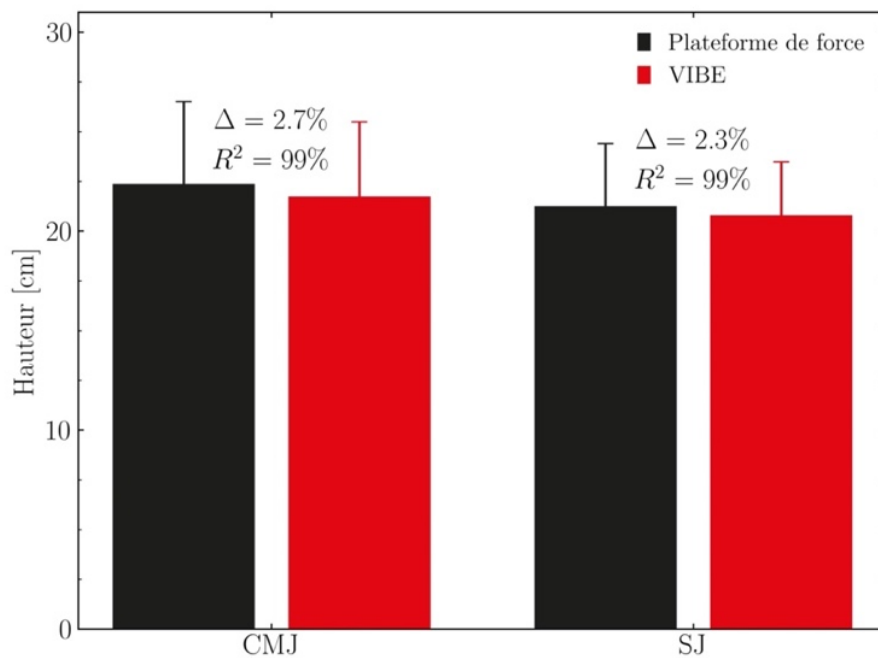


Figure 4 : Validité de VIBE mesurée en le comparant à une plateforme de force (seuil au poids de corps) pour les tests counter movement jump (CMJ) et squat jump (SJ).

Dans un premier temps, un seuil défini également au poids de corps a été utilisé pour mesurer le temps de contact et de vol sous-jacents avec la plateforme de force. Dans ce cas, on observe des différences de 2.7% et de 2.3% pour le CMJ et le SJ et une qualité de corrélation de 99% dans les deux cas (Figure 4).

Dans un second temps, un seuil défini à 20 N a été utilisé pour mesurer les temps de contact et de vol sous-jacents avec la plateforme de force. Dans ce cas, les différences entre VIBE et la plateforme de force dépendent de la hauteur du saut (Tableau 1). En effet, le seuil de 20 N augmente la durée du temps de contact au sol et diminue la durée du temps de vol mesurée avec la plateforme de force. Cette diminution du temps de vol est d'autant plus grande que le temps de vol est faible. La hauteur du saut étant reliée au temps de vol, les différences observées sont plus grandes pour des temps de vol plus courts et donc pour des hauteurs de saut plus petites. Les qualités de la corrélation sont de 99% pour le CMJ et de 97% pour le SJ. Ces qualités de la corrélation sont très élevées, ce qui signifie que chaque valeur mesurée par VIBE est fortement reliée à celle mesurée avec une plateforme de force.

Tableau 1 : Différence (Δ , en %) entre la hauteur mesurée avec VIBE et celle mesurée avec une plateforme de force (seuil à 20 N) pour les tests counter movement jump (CMJ) et squat jump (SJ) en fonction de la hauteur mesurée avec VIBE (H).

H (cm)	CMJ	SJ
	Δ (%)	
15	66	53
20	37	32
25	20	20
30	11	12
35	6	7
40	3	5
45	2	3
50	1	2
55	1	1

La hauteur mesurée avec VIBE a également été comparée à celle mesurée avec un Optojump. Dans ce cas, les différences entre VIBE et l'Optojump dépendent également de la hauteur du saut (Tableau 2). En effet, l'optojump définit les temps de contact et de vol à l'aide de cellules photoélectriques, ce qui correspond à une

hauteur à laquelle le pied est perçu en contact avec la sol. Cette hauteur correspond approximativement à un seuil de 20 N, ce qui donne un temps de contact au sol plus élevé et un temps de vol plus court et donc une hauteur moins élevée avec l'Optojump qu'avec le VIBE. Comme précédemment pour la plateforme de force avec un seuil à 20 N, la diminution du temps de vol est d'autant plus grande que le temps de vol est faible. La hauteur du saut étant reliée au temps de vol, les différences observées sont plus grandes pour des temps de vol plus courts et donc pour des hauteurs de saut plus petites. Les qualités de la corrélation sont de 96% pour le CMJ et de 99% pour le SJ. Ces qualités de la corrélation sont très élevées, ce qui signifie que chaque valeur mesurée par VIBE est fortement reliée à celle mesurée avec un Optojump.

Tableau 2 : Différence (Δ , en %) entre la hauteur mesurée avec VIBE et celle mesurée avec un Optojump pour les tests counter movement jump (CMJ) et squat jump (SJ) en fonction de la hauteur mesurée avec VIBE (H).

H (cm)	CMJ	SJ
	Δ (%)	
15	52	86
20	35	46
25	24	25
30	16	13
35	11	7
40	8	4
45	5	2
50	4	1
55	2	1

La hauteur mesurée avec VIBE a également été comparé à celle mesurée avec un Myotest. Le Myotest utilise lui aussi un seuil défini au poids de corps. Dans ce cas, on observe une différence de 2.7% pour le CMJ et de 2.2% pour le SJ et des qualités de corrélation de 99% et 98% pour le CMJ et le SJ (Figure 5).

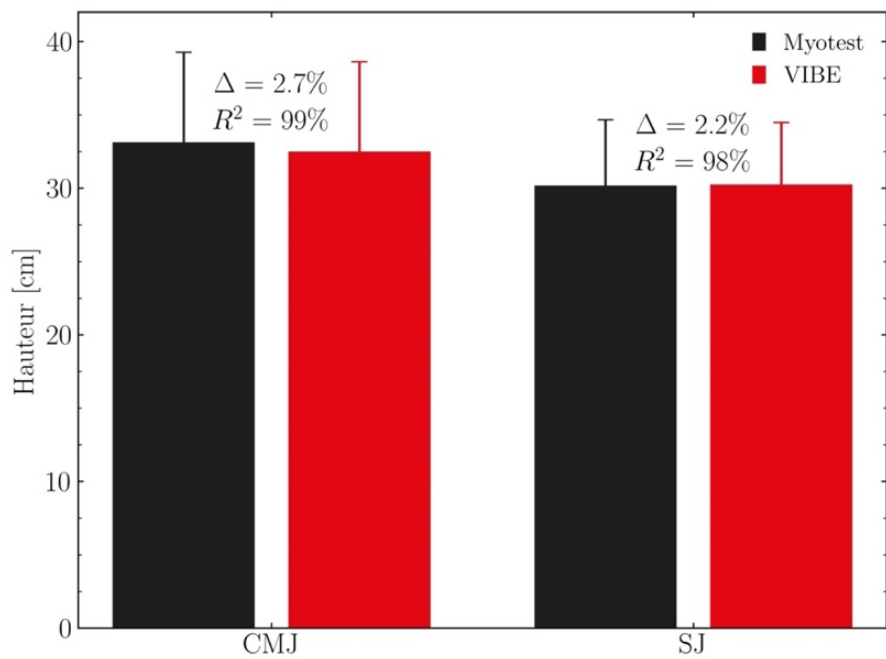


Figure 5 : Validité de VIBE mesurée en le comparant à un Myotest pour les tests counter movement jump (CMJ) et squat jump (SJ).

2.3. REBOUND JUMP

Les forces verticales mesurées à l'aide de VIBE et d'une plateforme de force sont représentées dans la Figure 6 pour le test rebound jump. On observe que les deux outils de mesures donnent des forces verticales quasi identiques.

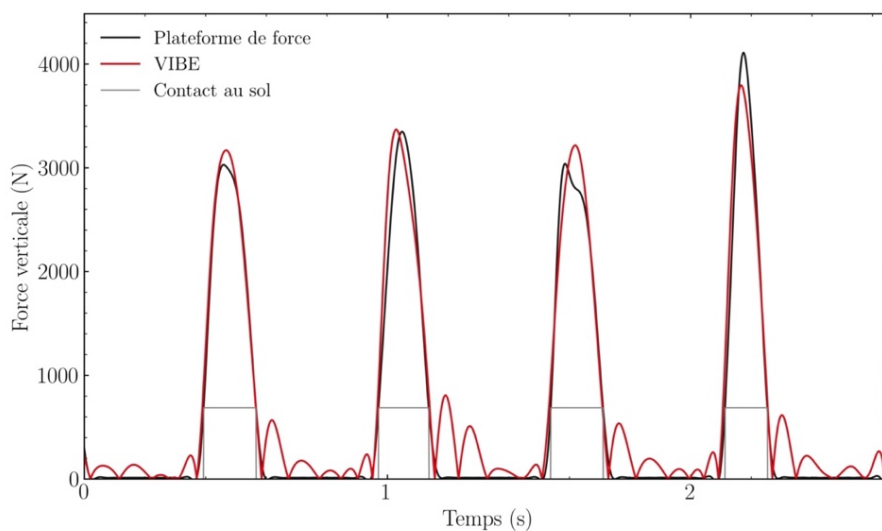


Figure 6 : Forces verticales mesurées avec VIBE et une plateforme de force lors du test rebound jump.

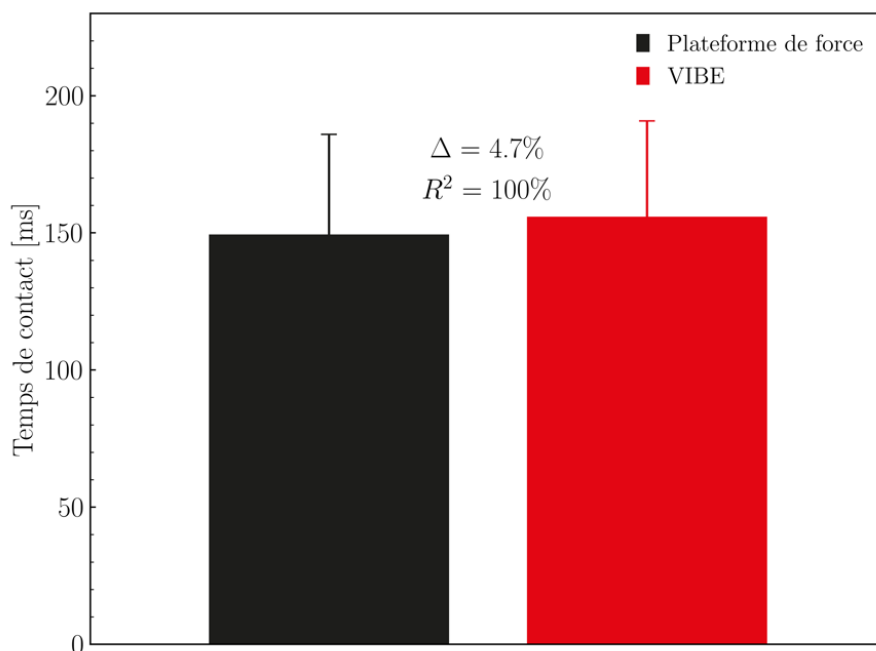


Figure 7 : Validité de VIBE mesurée en le comparant à une plateforme de force (seuil au poids de corps) pour le test rebound jump.

Le temps de contact au sol mesuré avec VIBE en utilisant un seuil défini au poids de corps a été comparé à celui mesuré avec une plateforme de force. Dans un premier temps, un seuil défini au poids de corps a également été utilisé pour mesurer le temps de contact au sol avec la plateforme de force. Dans ce cas, on observe une différence de 4.7% et une qualité de corrélation de 100% (Figure 7).

Dans un second temps, un seuil défini à 20 N a été utilisé pour mesurer le temps de contact au sol avec la plateforme de force. Dans ce cas, on observe une différence de 22.5% et une qualité de corrélation de 98% entre VIBE et la plateforme de force. La différence est maintenant nettement plus grande (22.5% vs 4.7%) du fait que le seuil de 20 N augmente la durée du temps de contact au sol mesuré avec la plateforme de force (Figure 8). Néanmoins, la qualité de la corrélation reste très élevée, ce qui signifie que chaque valeur mesurée par VIBE est fortement liée à celle mesurée avec une plateforme de force.

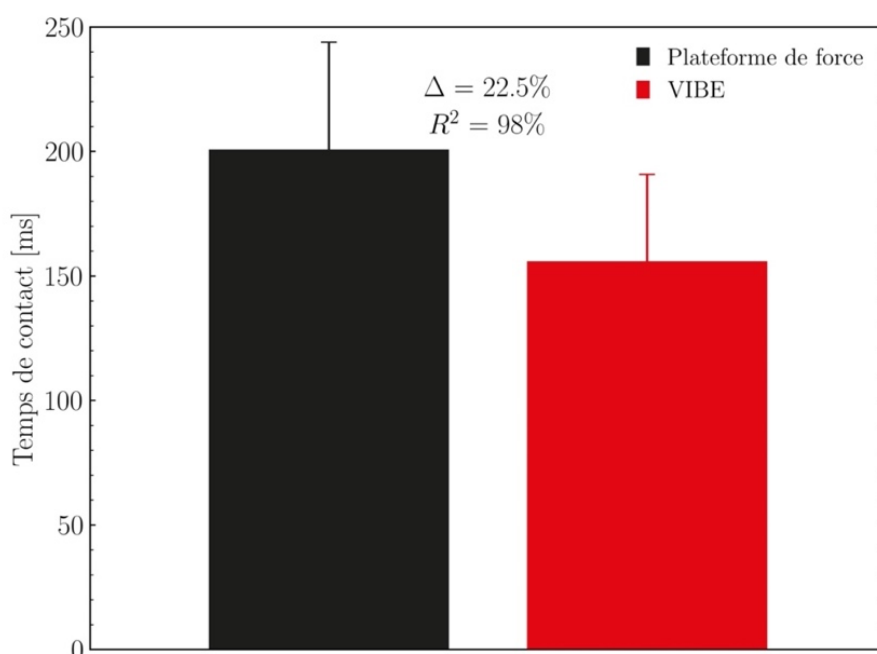


Figure 8 : Validité de VIBE mesurée en le comparant à une plateforme de force (seuil à 20 N) pour le test rebound jump.

Le temps de contact au sol mesuré avec VIBE a également été comparé à celui mesuré avec un optojump. Dans ce cas, on observe une différence de 28.4% et une

qualité de corrélation de 80%. La différence de 28.4% s'explique par le fait que l'optojump définit les temps de contact avec le sol à l'aide de cellules photoélectriques, ce qui correspond à une hauteur à laquelle le pied est perçu en contact avec la sol (Figure 9). Cette hauteur correspond approximativement à un seuil de 20 N, ce qui donne un temps de contact au sol plus élevé avec l'Optojump qu'avec le VIBE. Néanmoins, la qualité de la corrélation reste très élevée, ce qui signifie que chaque valeur mesurée par VIBE est fortement reliée à celle mesurée avec un Optojump.

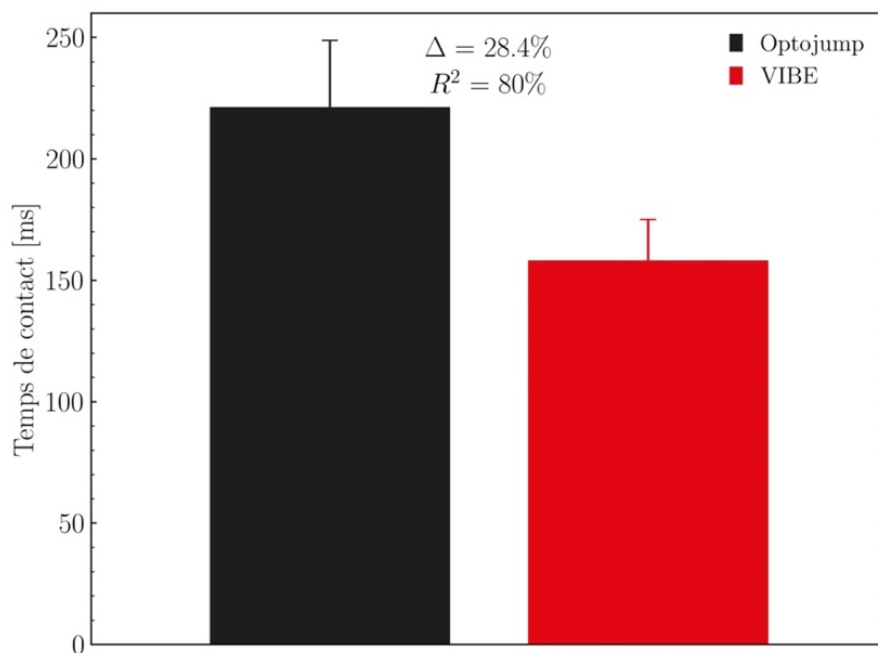


Figure 9 : Validité de VIBE mesurée en le comparant à un Optojump pour le test rebound jump.

Le temps de contact au sol mesuré avec VIBE a également été comparé à celui mesuré avec un Myotest. Le Myotest utilise lui aussi un seuil défini au poids de corps. Dans ce cas, on observe une différence de 5.6% et une qualité de corrélation de 99% (Figure 10).

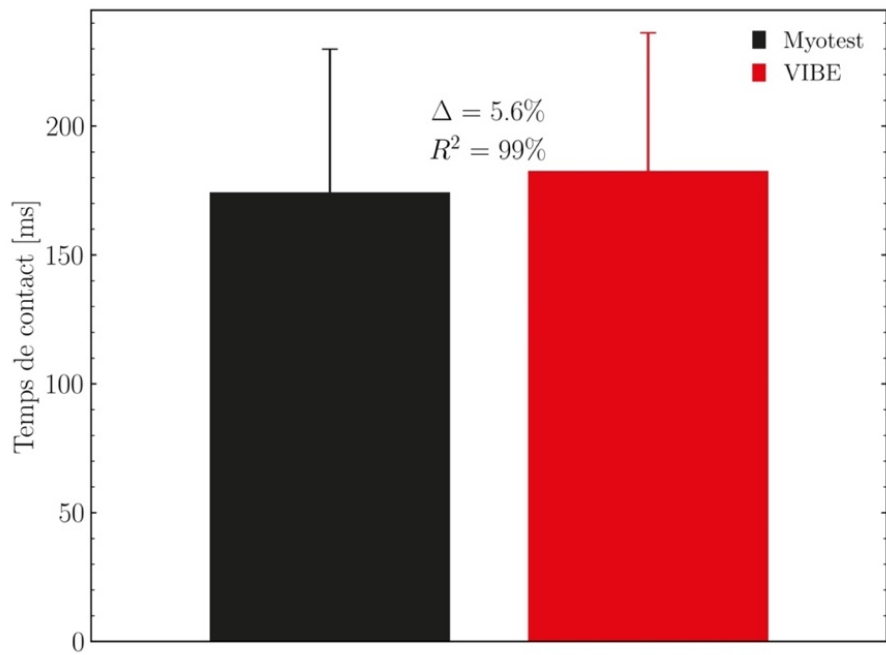


Figure 10 : Validité de VIBE mesurée en le comparant à un Myotest pour le test rebound jump.

2.4. SQUAT ET DÉVELOPPÉ COUCHÉ

La vitesse maximale mesurée avec VIBE placé au poignet a été comparée à celle mesurée avec un Myotest placé sur la barre lors de squats (20, 40 et 60 kg) et de développés couchés (20, 30 et 40 kg). On observe des différences allant de 6.8 à 15.2% et des qualités de corrélation entre 88 et 98% (Figure 11).

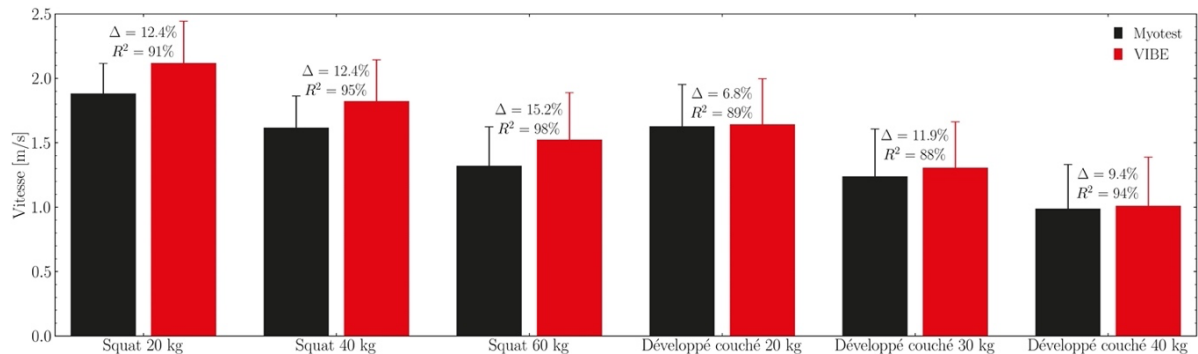


Figure 11 : Validité de VIBE mesurée en la comparant à un Myotest pour la vitesse lors des tests squat et développé couché.

De plus, les puissance et force maximales mesurées avec VIBE placé au poignet ont été comparées à celles mesurées avec un Myotest placé sur la barre lors de développés couchés (20, 30 et 40 kg). On observe des différences allant de 3.1 à 14.5% et des qualités de corrélation entre 93 et 98% (Figures 12 et 13).

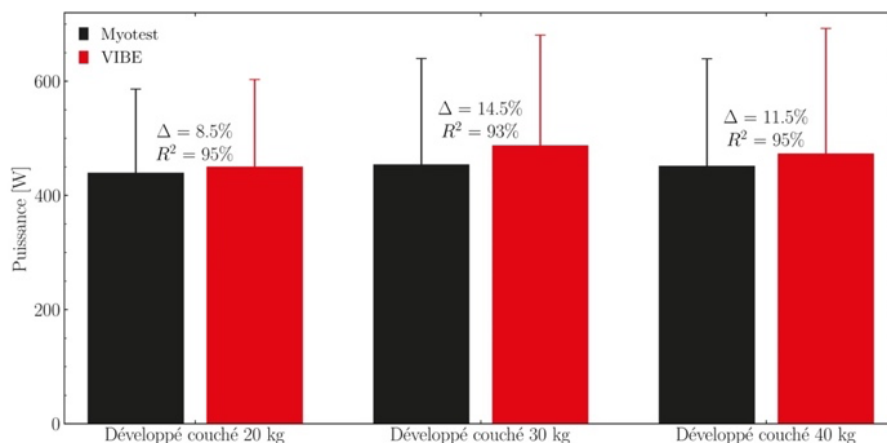


Figure 12 : Validité de VIBE mesurée en la comparant à un Myotest pour la puissance lors des tests squat et développé couché.

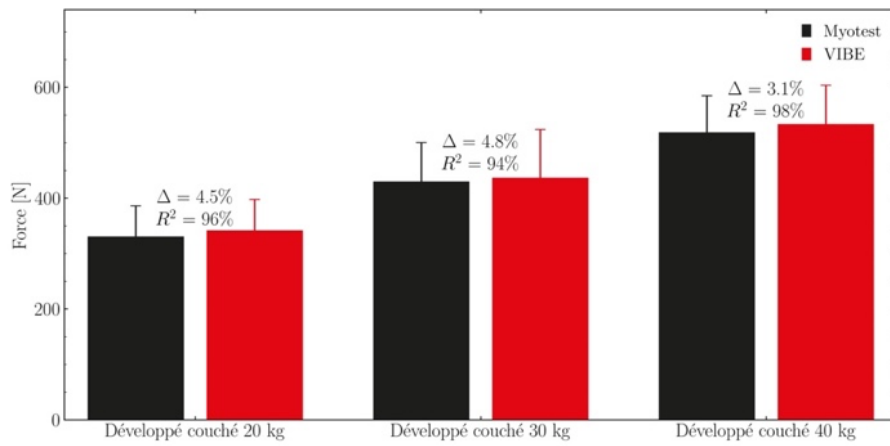


Figure 13 : Validité de VIBE mesurée en le comparant à un Myotest pour la force lors des tests squat et développé couché.

2.5. PROFIL SQUAT ET DÉVELOPPÉ COUCHÉ

Le 1RM, la puissance maximale et la charge à puissance maximale mesurés avec VIBE placé au poignet ont été comparés à ceux mesurés avec un Myotest placé sur la barre lors de profils squat (Figure 14) et développé couché (Figure 15). On observe des différences allant de 6.7 à 26.7% et des qualités de corrélation entre 67 et 100%.

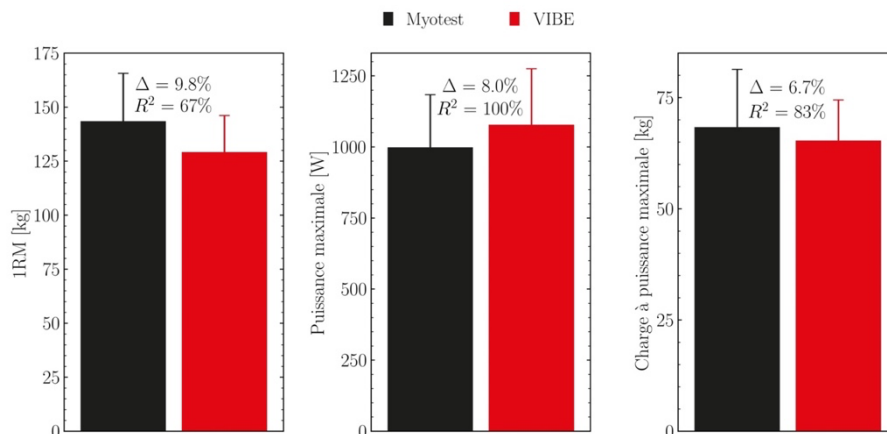


Figure 14 : Validité de VIBE mesurée en le comparant à un Myotest pour le 1RM, la puissance maximale et la charge à puissance maximale lors du test profil squat.

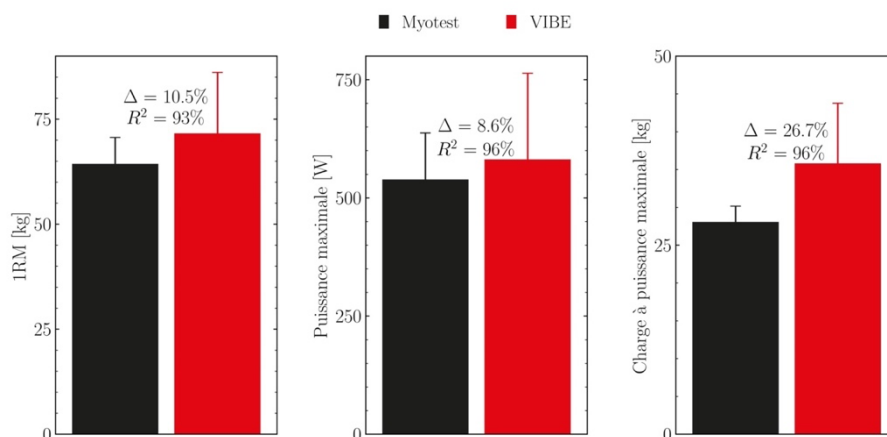


Figure 15 : Validité de VIBE mesurée en le comparant à un Myotest pour le 1RM, la puissance maximale et la charge à puissance maximale lors du test profil développé couché.

3. REPRODUCTIBILITÉ DES MESURES

3.1. COURSE

La reproductibilité de VIBE pour le duty factor et la cadence (test course) mesurés par le coefficient de variation sont de respectivement 0.9 ± 0.1 et $0.8 \pm 0.4\%$ (Figure 16).

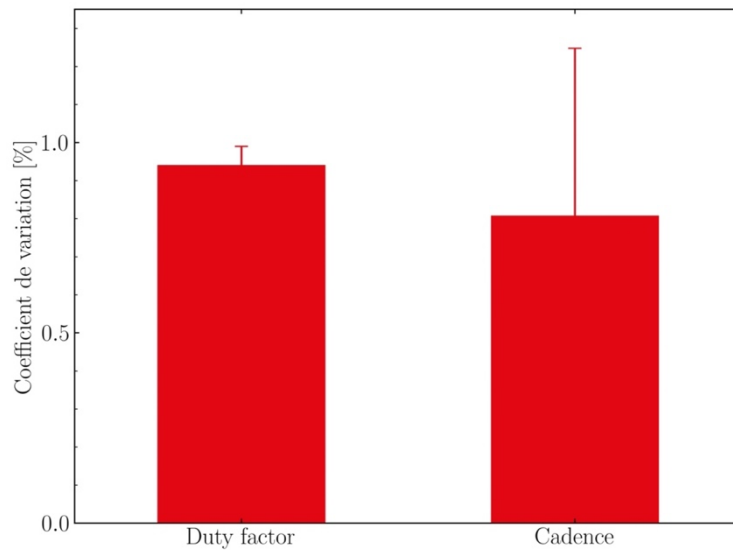


Figure 16 : Reproductibilité de VIBE pour le test course.

3.2. COUNTER MOVEMENT JUMP

La reproductibilité de VIBE pour la hauteur et la puissance (test counter movement jump) mesurés par le coefficient de variation sont de respectivement 1.2 ± 0.3 et $0.9 \pm 0.1\%$ (Figure 17).

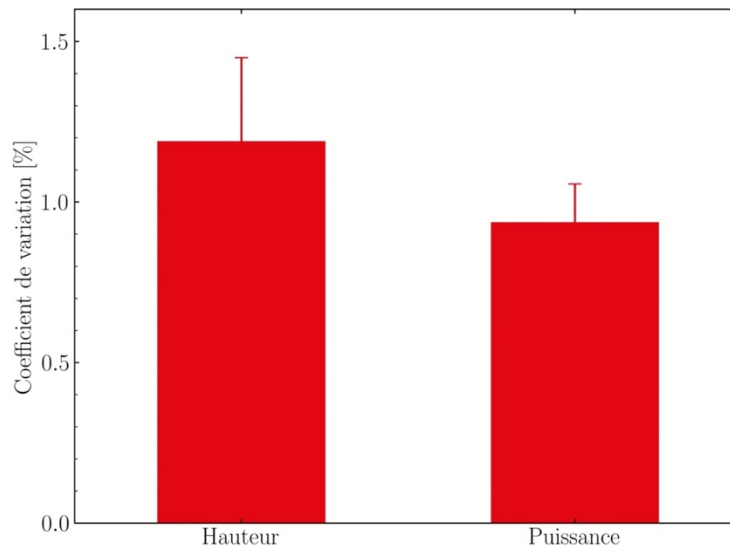


Figure 17 : Reproductibilité de VIBE pour le test counter movement jump.

3.3. SQUAT JUMP

La reproductibilité de VIBE pour la hauteur et la puissance (test squat jump) mesurés par le coefficient de variation sont de respectivement 0.8 ± 0.2 et $0.6 \pm 0.2\%$ (Figure 18).

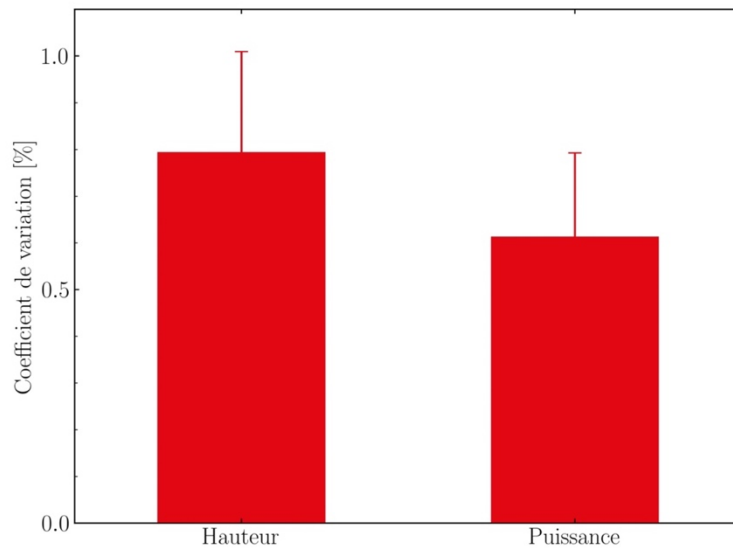


Figure 18 : Reproductibilité de VIBE pour le test squat jump.

3.4. REBOUND JUMP

La reproductibilité de VIBE pour l'indice de réactivité et le temps de contact (test rebound jump) mesurés par le coefficient de variation sont de respectivement 1.6 ± 1.0 et $2.5 \pm 2.2\%$ (Figure 19).

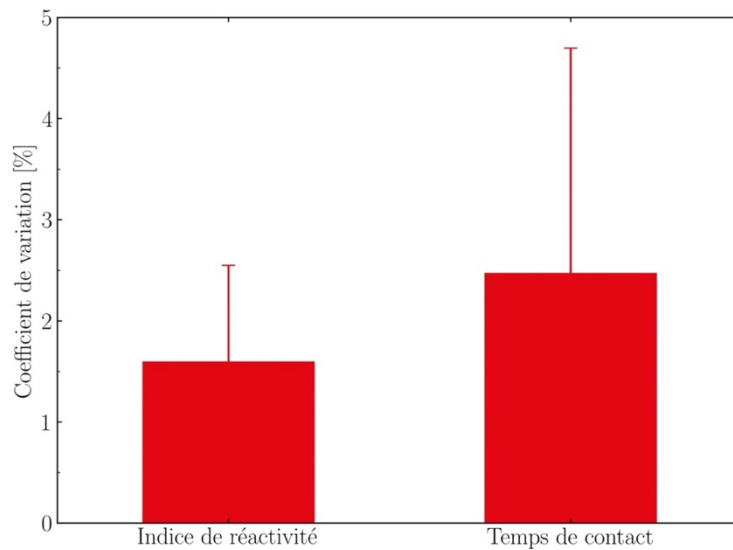


Figure 19 : Reproductibilité de VIBE pour le test rebound jump.

3.5. SQUAT ET DÉVELOPPÉ COUCHÉ

La reproductibilité de VIBE pour les puissance, force et vitesse (squat à 20 kg) mesurés par le coefficient de variation sont de respectivement 2.1 ± 0.4 , 0.3 ± 0.1 et $1.2 \pm 1.7\%$ (Figure 20).

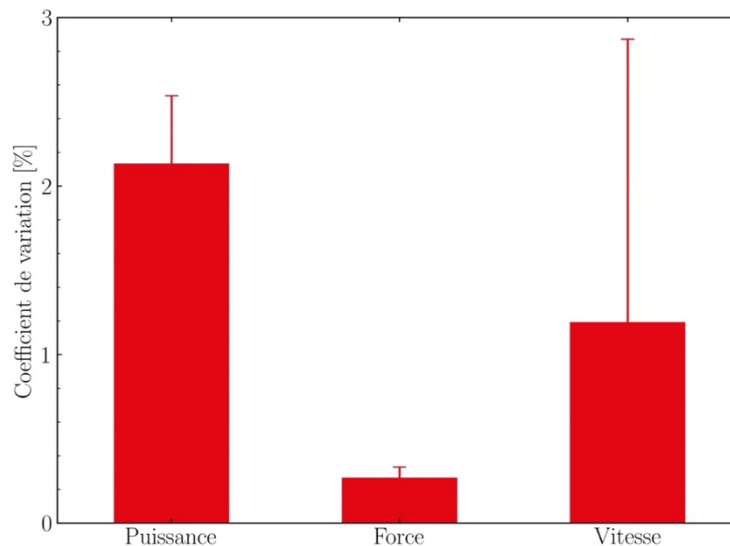


Figure 20 : Reproductibilité de VIBE pour le test squat.

La reproductibilité de VIBE pour les puissance, force et vitesse (développé couché à 20 kg) mesurés par le coefficient de variation sont de respectivement 2.9 ± 0.0 , 0.7 ± 0.3 et $2.4 \pm 1.1\%$ (Figure 21).

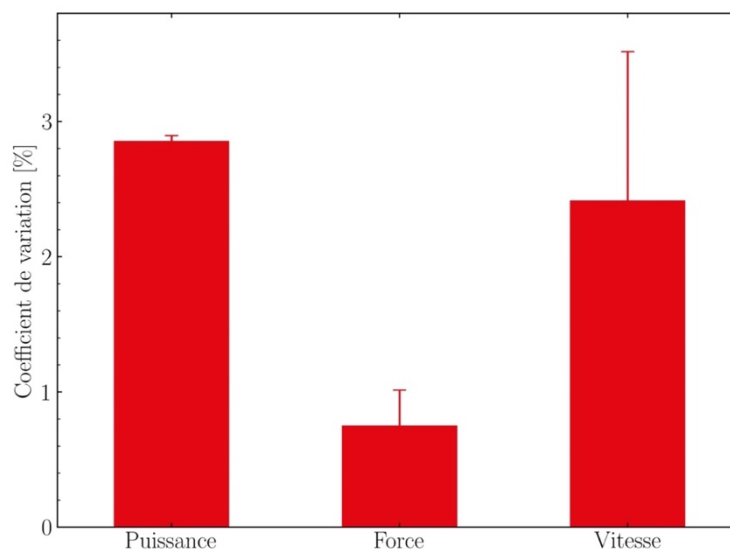
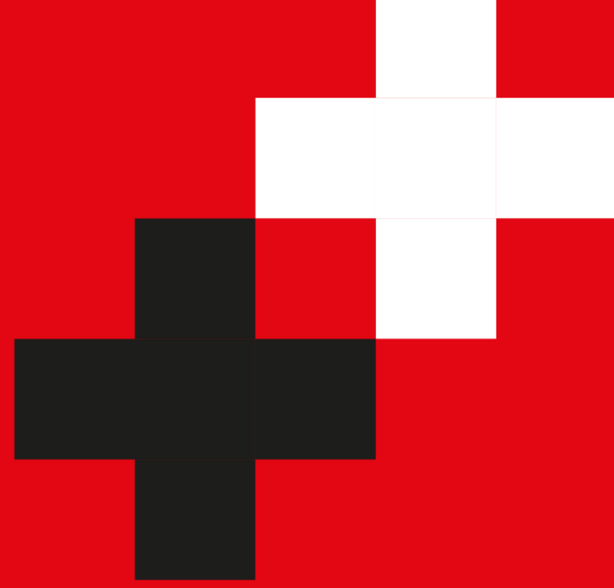


Figure 21 : Reproductibilité de VIBE pour le test développé couché.

4. CONCLUSION

Pour conclure, les résultats montrent que VIBE est un outil valide avec des différences allant de 0.4 à 4.8% en comparaison à une plateforme de force et des qualités de corrélation entre 90 et 100%. VIBE est également un outil reproductible. Le squat jump est le test le plus reproductible, avec des coefficients de variation de 0.8 ± 0.2 et $0.6 \pm 0.2\%$ pour la hauteur et la puissance. Le développé couché (20 kg) est le test le moins reproductible, avec des coefficients de variation de 2.9 ± 0.0 , 0.7 ± 0.3 et $2.4 \pm 1.1\%$ pour les puissance, force et vitesse. Ainsi, VIBE est un outil valide et reproductible qui permet d'évaluer la foulée, le CMJ, le SJ, le rebound jump, le squat, le développé couché, le profil squat et le profil développé couché d'un sportif.



VIBE₊

Wearable Motion Capture