

# TD – Utilisation d’outils récents et méthodes simple pour la mesure des qualités de force et puissance : Squat, Saut vertical. vitesse maximale en course et pédalage

## A- Mesure des relations Force-Vitesse en développé couché (Barre guidée)



**Utilisation d’une barre guidée :**

- Possibilité de bloquer la barre → mouvement purement concentrique.
- Permet d’orienter les forces dans une seule direction → très peu de contraintes d’équilibre.
- Meilleure sécurité (chute, blocage...)

Chacune des mesures ci-dessous ont été réalisées grâce au « *Gymaware* ». C’est un accéléromètre (mesure à l’aide d’un capteur filaire) qui est placé verticalement sous la barre. Il faut faire attention à placer le fil à la verticale car celui-ci calcul une vitesse linéaire dans la direction du fil.

Plusieurs mesures ont été réalisées pour chaque charge (ordre aléatoire). Le sujet devait réaliser le mouvement en projetant la barre (*projetée*) ou en la gardant (*non projetée*). Seule la mesure donnant la meilleure puissance a ici été retenue. La barre seule a été pesée à 18kg.

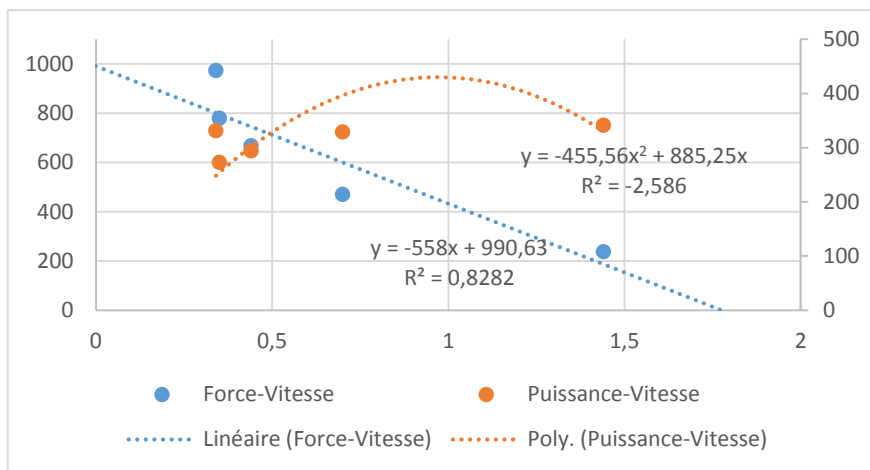
### Résultats obtenus pour le Sujet 1 :

Sujet 1 : Rodolphe

Poids : 62 kg

1-RM : 116 kg

	Charge		Vitesse moyenne (m/s)	Force moyenne (N)	Puissance moyenne (en W)	Force Pic (N)	Vitesse Pic (m/s)	Puissance Pic (W)
<b>Barre libre</b>	<b>18kg</b>	<i>Projetée</i>	1,44	236,81	341	430	2,3	989
		<i>Non projetée</i>	1,12	289,29	324			
<b>41%</b>	<b>48 kg</b>	<i>Projetée</i>	0,69	476,81	329	654	1,21	791,34
		<i>Non projetée</i>	0,72	519,44	374	674	1,19	802,06
<b>59%</b>	<b>68 kg</b>	<i>Projetée</i>	0,36	677,78	244	874	0,82	716,68
		<i>Non projetée</i>	0,5	670,00	335	850	0,8	680
<b>67%</b>	<b>78 kg</b>	<i>Projetée</i>	0,33	769,70	254	936	0,72	673,92
		<i>Non projetée</i>	0,4	775,00	310	1007	0,72	725,04
<b>84%</b>	<b>98 kg</b>	<i>Projetée</i>	0,29	979,31	284	1128	0,58	654,24
		<i>Projetée</i>	0,34	973,53	331	1162	0,57	662,34



On peut remarquer que le sujet 1 possède de meilleure qualité de force que de vitesse. Cependant, les résultats obtenus à faible vitesse montrent des résultats quelques peu incohérent. Il aurait donc peut être fallu une séance de familiarisation avant de commencer le test.

Figure 1 : Evolution des relations Force-Vitesse et Puissance-Vitesse (Sujet 1).

### Résultats obtenus pour le Sujet 2 :

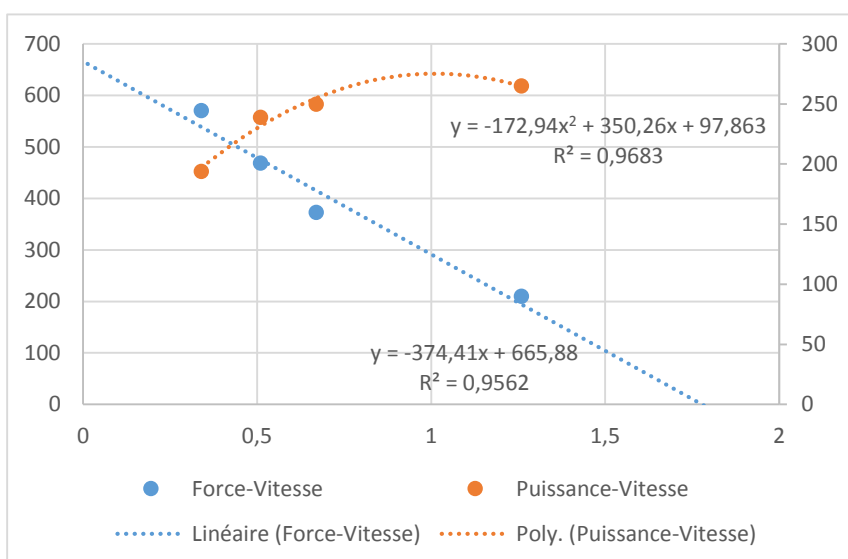
Sujet 2 : Thomas

Poids : 69 kg

1-RM : 65 kg

	Charge		Vitesse moyenne (m/s)	Force moyenne	Puissance moyenne (en W)	Pic force	Pic vitesse	Puissance Pic (W)
<b>Barre libre</b>	<b>18 kg</b>	<i>Projetée</i>	1,26	210,32	265			
<b>55%</b>	<b>38 kg</b>	<i>Projetée</i>	0,67	373,13	250	509	1,13	575,17
<b>70%</b>	<b>48 kg</b>	<i>Projetée</i>	0,51	468,63	239	574	0,9	516,6
<b>84%</b>	<b>58 kg</b>	<i>Projetée</i>	0,34	570,59	194	707	0,66	466,62
		<i>Non projetée</i>	0,33	572,73	189	689	0,66	454,74

Le sujet 2 possède moins de résultats que le sujet en raison de la quantité de matériel disponible lors de la réalisation du test. Etant donné que sa 1-RM était plus faible, nous n'avons pas pu réaliser la contraction à 40%.



Les résultats semblent plus cohérents pour le sujet 2. En effet, son coefficient de détermination étant très proche de 1, cela signifie que le sujet s'est probablement donné au maximum lors de chaque contraction maximale. La courbe de tendance de la relation Force-Vitesse nous montre que la Force Maximale Isométrique est très légèrement supérieure à la valeur de 1-RM du sujet. Cela valide également la cohérence des résultats.

Figure 2 : Evolution des relations Force-Vitesse et Puissance-Vitesse (Sujet 2).

## Détermination de Fmax, Vmax, Vopt et Pmax :

Utilisation de l'équation de la relation Force-Vitesse (obtenus à partir du logiciel Excel) :

$$y = -558x + 990,63$$

$$y = -374,41x + 665,88$$

SUJET 1	SUJET 2
Fmax = b = <b>990,63 N</b>	Fmax = b = <b>665,88 N</b>
Vmax = -b/a = <b>1,78 m/s</b>	Vmax = -b/a = <b>1,78 m/s</b>

La force maximale du sujet 1 étant supérieure à celle du sujet 2 pour une vitesse maximale identique, il est donc cohérent que le sujet 1 possède une puissance maximale supérieure au sujet 2.

Utilisation de l'équation de la relation Puissance-Vitesse (obtenus à partir du logiciel Excel) :

$$y = -41,66x^2 + 113,65x + 264,23$$

$$y = -172,94x^2 + 350,26x + 97,863$$

Vopt = -b/2a = <b>1,36 m/s</b>	Vopt = -b/2a = <b>1,01 m/s</b>
Pmax (pic) = a.Vopt <sup>2</sup> +b.Vopt+c = <b>341,7 W</b>	Pmax (pic) = a.Vopt <sup>2</sup> +b.Vopt+c = <b>275,2 W</b>

## B- Mesure d'indices des qualités musculaires lors du saut vertical

Ces mesures ont été réalisées grâce au système Optojump. Cet outil permet, grâce à une série de LED de positionné dans les barres au sol, de détecter si le signal est coupé (période de contact au sol) ou si le signal est maintenu entre les LED (période de vol). A partir de cela, le logiciel permet de mesurer ces deux temps, de contact et de vol, durant plusieurs tests, notamment en Squat Jump.

### **Test en Squat Jump :**

Sujet 1 : Rodolphe

Poids : 62 kg

Angulations	Temps de vol	Hauteur	Hauteur théorique ( $h = 1/8 * g * t^2$ )
<b>SJ - 60°</b>	0,602	44,4	0,44
<b>SJ - 90°</b>	0,583	41,7	0,42
<b>SJ - 120°</b>	0,463	26,3	0,26

En Squat Jump (SJ), le sujet 1 a une détente supérieure au sujet 2 pour des amplitudes articulaires importantes (60° et 90°). Pour 120°, le sujet 2 est plus performant.

Sujet 2 : Alban

Poids : 54 kg

Angulations	Temps de vol	Hauteur	Hauteur théorique ( $h=1/8 * g * t^2$ )
<b>SJ - 60°</b>	0,54	35,7	0,36
<b>SJ - 90°</b>	0,517	32,8	0,33
<b>SJ - 120°</b>	0,494	29,9	0,30

La puissance **absolue** développée par le sujet 1 à 60 et 90° est supérieure à celle du sujet 2. En revanche, la puissance **relative** du sujet 2 à 120° est supérieure à celle du sujet 1.

## Test d'endurance musculaire : Répétition de 30 CMJ le plus haut possible

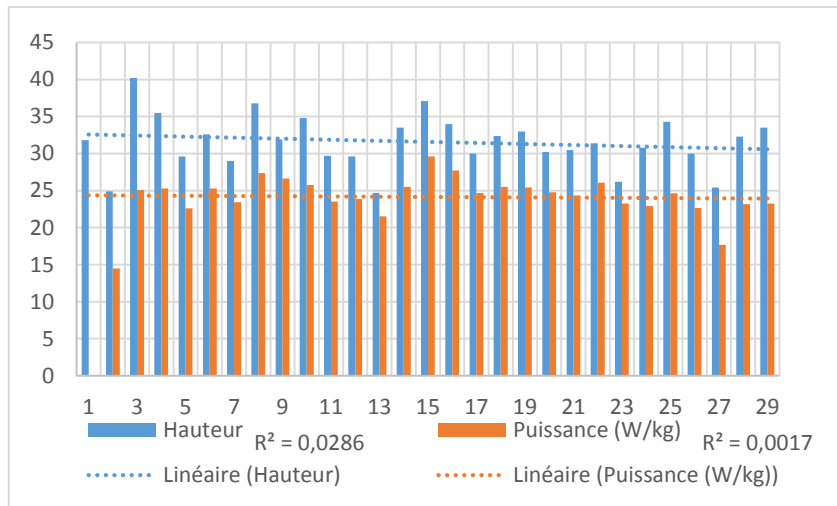


Figure 3 : Evolution de la puissance relative (W/kg) et de la détente verticale (cm) du sujet 1.

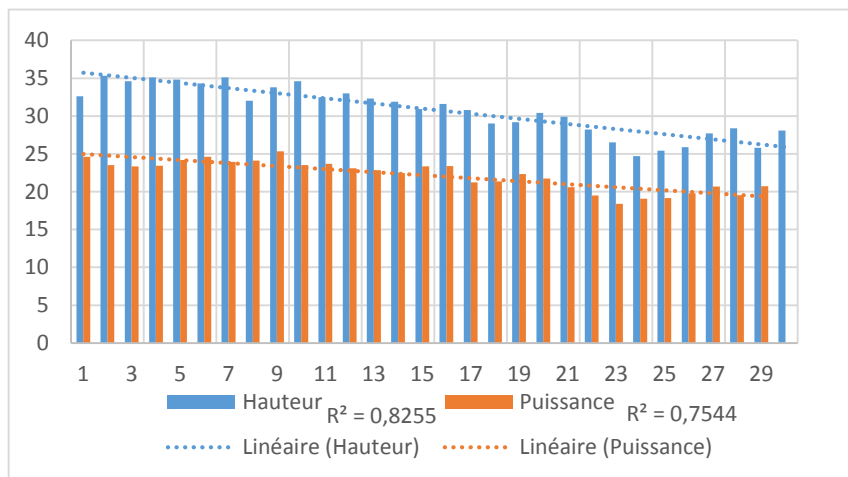


Figure 4 : Evolution de la puissance relative (W/kg) et de la détente verticale (cm) du sujet 2.

	Hauteur moyenne (cm)	Puissance Moyenne (W/kg)	Indice de fatigue (% de baisse)	Indice de motivation (par rapport au SJ)
<b>Sujet 1</b>	31,57	24,14	12,12	N/A
<b>Sujet 2</b>	30,81	22,19	14,78	N/A

Lors de ce test, nous devrions observer une diminution progressive de la puissance et de la hauteur de saut au cours des 30 sauts. Il est difficile de comparer les deux sujets sur ce test. En effet, les coefficients de détermination ( $R^2$ ) ainsi que les données du graphique nous montrent que le sujet 1 a des valeurs de puissance et de hauteur aléatoires au cours du test. A l'inverse, le sujet 2 suit bien cette diminution progressive au cours du temps.

Cela peut s'expliquer par le fait que le sujet 1 ne soit pas familiarisé avec l'exercice, ou bien que sa motivation n'était pas optimale au début du test. On peut également supposé que le sujet 2 était plus motivé et s'est exprimé de manière maximale au cours du test.

L'indice de motivation n'a pas pu être calculé en raison de l'absence de donnée sur la performance sur un CMJ seul. D'après le coefficient de détermination très faible du sujet 1 ( $R^2 = 0,0017$ ), on ne peut pas conclure sur ses qualités d'endurance musculaire des membres inférieurs. En revanche, les résultats obtenus avec le sujet 2 ( $R^2 = 0,75$ ) nous indique que le test est valide et utilisable pour conclure sur un indice de fatigue et donc les qualités d'endurance musculaire.

### Test de réactivité (Stiffness) :

Ces résultats ont été obtenus grâce aux systèmes Optojump (nous n'avons relevé que les données pertinentes)

Sujet 1 : Rodolphe

Poids : 62 kg

Temps de vol (en s)	Temps de contact (en s)	Hauteur (en cm)	Puissance (en W/kg)
0,459	0,184	25,8	38,56
0,398	0,178	19,4	30,96
0,42	0,175	21,6	34,33
0,438	0,175	23,5	36,89
0,425	0,165	22,1	36,54
0,427	0,162	22,4	37,32

Sujet 1 : Henri

Poids : 77 kg

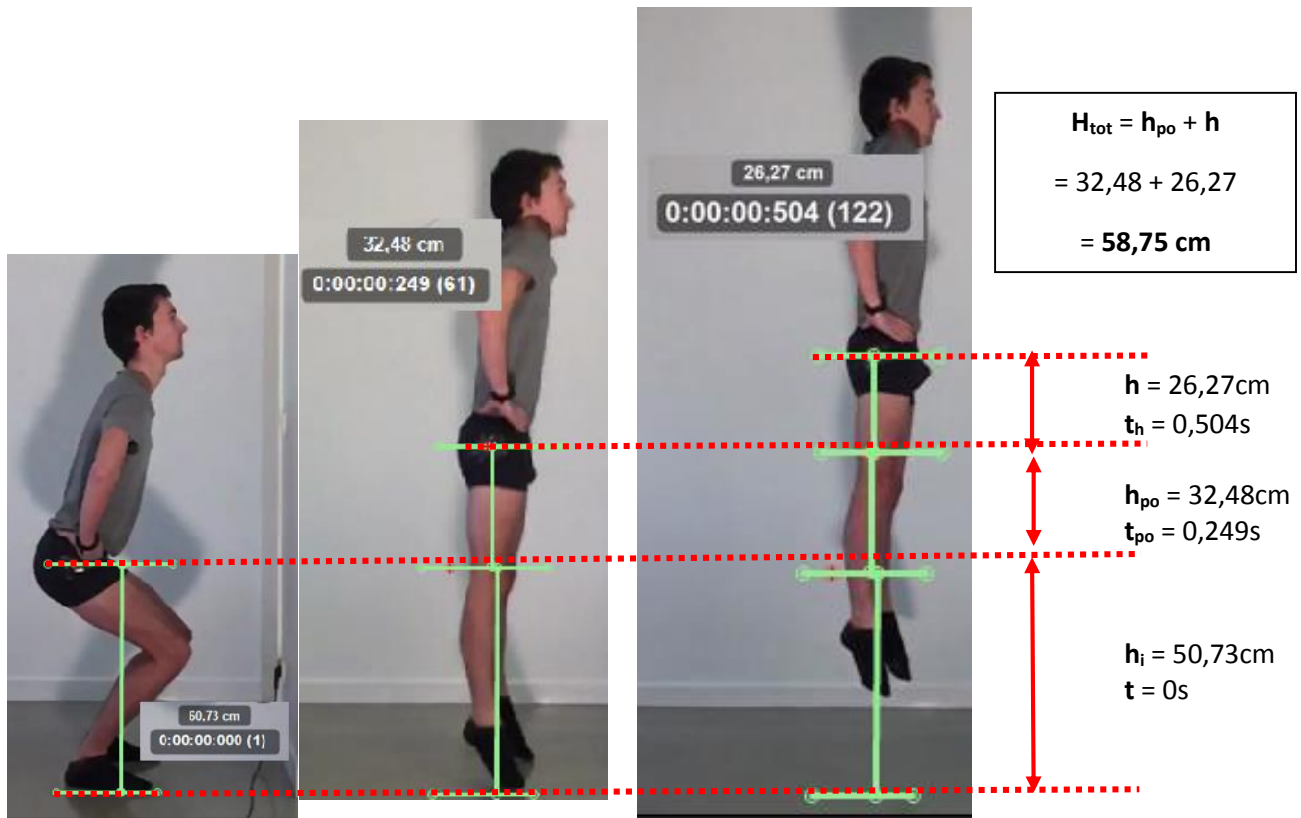
Temps de vol (en s)	Temps de contact (en s)	Hauteur (en cm)	Puissance (en W/kg)
0,415	0,178	21,1	33,24
0,475	0,175	27,7	42,42
0,526	0,182	33,9	49,19
0,512	0,168	32,1	49,82
0,526	0,183	33,9	48,99
0,52	0,193	33,1	46,19

Nous avons calculé les valeurs moyennes pour chaque paramètre fourni par l'Optojump (temps de vol moyen, temps de contact moyen, hauteur de saut moyenne et puissance relative moyenne) :

	Temps de vol (en s)	Temps de contact (en s)	Hauteur (cm)	Puissance (W/kg)
<b>Sujet 1</b>	0,428	0,173	22,47	35,76
<b>Sujet 2</b>	0,468	0,180	30,30	33,54

Le tableau ci-dessus nous donne des résultats cohérents. En effet, le sujet 2 a un temps de vol moyen supérieur au sujet 1. Il est donc logique que sa hauteur moyenne de saut soit supérieure également. En revanche, bien que le sujet 1 ne saute moins haut que le sujet 2, sa puissance relative (W/kg) est supérieure. Ceci s'explique par le fait que le sujet 1 a un temps de contact au sol plus faible, c'est-à-dire qu'il est capable de générer la puissance plus rapidement, et également à cause de leur différence de poids significative (62kg pour le sujet 1, 77kg pour le sujet 2).

## C- Détermination de la puissance en saut vertical (méthode vidéo haute fréquence)



L'espace de saut a été calibré à l'aide de deux marqueurs posés dans l'axe du saut, espacés d'un mètre. Cette distance, mesurée précisément à l'aide d'un mètre à ruban, a ensuite permis de calibrer la vidéo sur le logiciel **Kinovea**.

Aussi, un marqueur était placé sur le grand trochanter du sujet. Ce marqueur nous a permis d'observer l'évolution de la hauteur du sujet au cours du saut. Une première position a été relevée, nous permettant de connaître la hauteur initiale (**h<sub>i</sub>**). Ensuite, une deuxième mesure a été réalisée lorsque le sujet était sur le point de quitter le sol, c'est-à-dire à la fin de la phase de poussée. Cette hauteur est notée **h<sub>po</sub>** et nous donne la **distance verticale de poussée**. Enfin, une dernière hauteur notée **h** a été mesurée lorsque le sujet avait atteint la hauteur maximale de son saut. La hauteur totale notée **H<sub>tot</sub>** est la différence de hauteur entre **h<sub>i</sub>** et **h**.

Grâce au chronomètre disponible avec le logiciel, nous avons pu déterminer conjointement le temps nécessaire au sujet pour passer de **h<sub>i</sub>** à **h<sub>po</sub>** (**t<sub>po</sub>**) ainsi que le temps pour passer de **h<sub>po</sub>** à **h** (**t<sub>h</sub>**).

### **Calcul de la puissance avec la méthode de Samozino :**

$P = F \times V$ , or :

- $\vec{F} = m \cdot g \cdot \left(\frac{h}{h_{po}} + 1\right)$  avec  $m = 62 \text{ kg}$
- $\vec{V} = \sqrt{\frac{g \cdot h}{2}}$

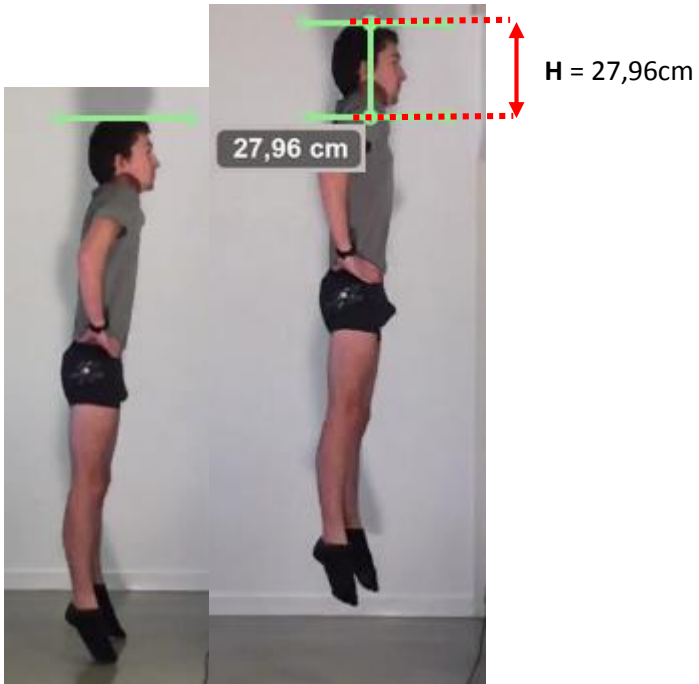
$$\text{Donc } \vec{P} = 62 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{0,26}{0,32} + 1\right) \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot 0,26}{2}}$$

$$\Leftrightarrow \vec{P} = 1251,4 \text{ W}$$

### **Détermination de t<sub>po</sub> :**

$$\vec{V} = \frac{h_{po}}{t_{po}} \text{ Donc } t_{po} = \frac{h_{po}}{\vec{V}}$$

$$t_{po} = \frac{0,32}{1,14} = 0,28 \text{ s}$$



Ici, la mesure de la détente verticale a été réalisée en prenant pour point de repère le **sommet de la tête**. Il y a une différence entre cette mesure et celle réalisée en suivant le marqueur sur le grand trochanter (**+1,69 cm soit +6%** pour la mesure avec le sommet de la tête).

Cette différence peut être liée aux **mouvements du marqueur** dus aux glissements du vêtement sur la peau. De plus nous constatons visuellement que le sujet a une **posture légèrement différente** à  $t_{po}$ , où il est légèrement penché en avant, par rapport à  $t_h$  avec une posture plus alignée. Ces différents paramètres influencent la mesure et peuvent être à l'origine de cette différence de hauteur sur un **même saut** mais avec des **points de repères différents**.