

École normale supérieure de Rennes

Sciences du sport et éducation physique

Concours d'admission en 1^{re} année

Session 2017

**Épreuve de sciences de la vie et activité
physique**

Durée : 4 heures

Aucun document n'est autorisé

L'usage de toute calculatrice est interdit

Aucun dictionnaire n'est autorisé

Cette épreuve comporte **2 sujets** à traiter obligatoirement sur **2 copies séparées**.

Le candidat veillera à rappeler le sujet traité sur chaque copie.

Ce sujet comporte 5 pages.

Sujet 1

Le tableau ci-dessous présente l'évolution, en fonction de la puissance (en Watt), de la fréquence cardiaque (F_c , en battements par minute), du débit ventilatoire ($\dot{V}E$), et du volume d'oxygène inspiré ($\dot{V}I_{O_2}$) et expiré ($\dot{V}E_{O_2}$) chaque minute au cours d'une épreuve d'effort sur ergocycle réalisée par un jeune homme de 25 ans et pesant 75 kg.

Durée	Puissance (W)	F_c (BPM)	$\dot{V}E$ (l/min)	$\dot{V}I_{O_2}$ (ml/min)	$\dot{V}E_{O_2}$ (ml/min)
58"	0	68	12,9	2700	2393
2' 30"	90	133	31,2	6530	4939
7' 00"	110	160	44,1	9230	7244
10' 00"	130	167	51,6	10800	8571
13' 00"	150		71,9	15049	12487
15' 00"	170		79,1	16556	13718
17' 00"	185		87,9	18397	15560

Question 1 : Analyse des données

- Définir puis déterminer les valeurs de consommation maximale d'oxygène ($\dot{V}O_2$ max) globale et relative de cette personne
- Définir puis déterminer la valeur de la puissance maximale aérobie (PMA) de cette personne
- Tracer la relation $\dot{V}O_2$ en fonction de la puissance et placer $\dot{V}O_2$ max et PMA sur le graphe.
- Décrire et interpréter la courbe.

Question 2 :

En vous basant sur ce que vous savez des caractéristiques individuelles susceptibles de modifier $\dot{V}O_2$ max, que peut-on penser du niveau de condition physique de ce jeune homme ? (votre réponse doit être argumentée)

Fin du sujet 1

Sujet 2

Exercice : Analyse biomécanique du saut en hauteur

Chaque partie de l'exercice peut être traitée de manière indépendante.

On analyse le saut en hauteur d'un athlète. On dispose pour cela d'outils de mesures biomécaniques : un système optoélectronique de capture de mouvement et une plate forme de forces disposée au niveau de la zone d'appel. On analyse le saut en hauteur selon trois phases : la course d'élan, la phase d'impulsion, et le franchissement de la barre (figure 1). On prendra $g = 10\text{m.s}^{-2}$, masse de l'athlète : $m = 75\text{kg}$.

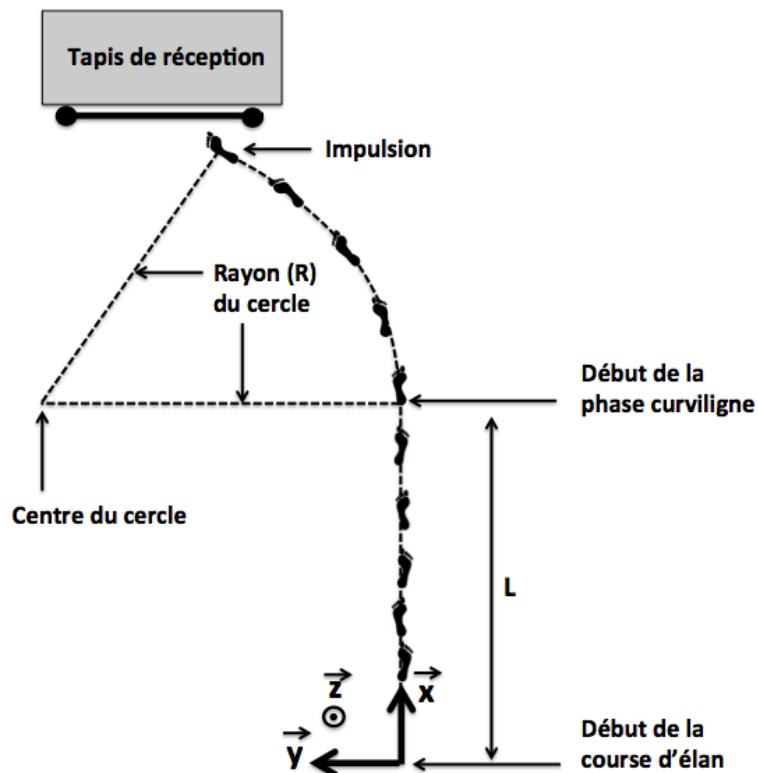


Figure 1 : Caractéristiques spatio-temporelles pour l'analyse du saut en hauteur.

Partie 1 : Dispositif expérimental

1. Présentez les principes de mesure et les paramètres mesurés par les deux systèmes utilisés lors de cette analyse biomécanique.

Partie 2 : Analyse de la course d'élan

On considère que, lors de la partie rectiligne de la course d'élan, le centre de gravité de l'athlète a un mouvement rectiligne uniformément accéléré d'accélération constante a_0 et que sa vitesse initiale est nulle. L'origine du repère $R_0 \{\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}\}$ coïncide avec la position initiale du centre de gravité.

- Exprimez les lois horaires dans le repère R_0 ($a(t)$: accélération instantanée, $v(t)$: vitesse instantanée, $x(t)$: position instantanée du centre de gravité).
- En déduire que s'il parcourt une distance L , alors la norme de la vitesse en fin de la partie rectiligne de la course d'élan est donnée par : $V_f = \sqrt{2L \cdot a_0}$
Application numérique : $L = 10\text{m}$, $a_0 = 1,8 \text{ m.s}^{-2}$.

Lorsque l'athlète négocie son virage, le sauteur en hauteur se penche d'un angle θ par rapport à la verticale, ce qui permet de produire une force centripète notée F_c (figure 2).

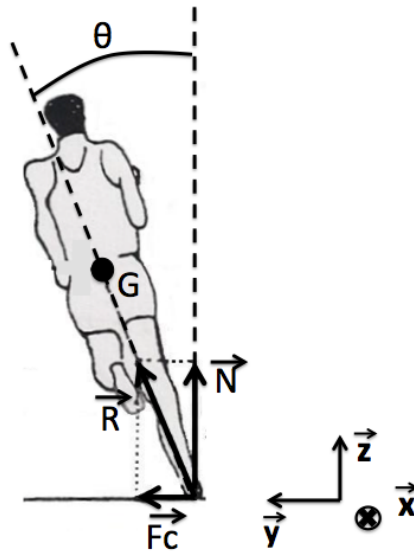


Figure 2 : Représentation de la force centripète ($\vec{F}_c$), de la composante normale de la réaction ($\vec{N}$), de la réaction du sol ($\vec{R}$), et du centre de gravité (G) de l'athlète.

- Réalisez un schéma sur lequel vous représenterez le vecteur vitesse instantanée durant la partie rectiligne puis durant la partie circulaire de la course d'élan, les accélérations normale et tangentielle, ainsi que la force centripète.
- Effectuez le bilan des forces externes appliquées à l'athlète lors de la partie circulaire de la course d'élan. Montrez qu'il est possible, connaissant la vitesse de déplacement, de déterminer l'intensité de la force centripète et montrez comment il est possible de calculer le rayon (R) du cercle lors de la course d'élan. Que devient l'accélération tangentielle si la vitesse est constante lors de la partie circulaire de la course d'élan ?
Application numérique : $a_N = 4 \text{ m.s}^{-2}$, $V = 6 \text{ m.s}^{-1}$.
- Après avoir exprimé l'équilibre en rotation de l'athlète, exprimez l'angle θ en fonction de la vitesse linéaire $v(t)$ et du rayon du cercle. A vitesse égale, quel est l'impact d'un rayon de courbure réduit sur l'angle d'inclinaison et la force centripète ?
Application numérique : Comparez les deux sujets : sujet 1 ($R = 12\text{m}$, $V = 6 \text{ m.s}^{-1}$) et sujet 2 ($R = 7\text{m}$, $V = 6 \text{ m.s}^{-1}$). $\text{Atan}(36/50) \approx 36^\circ$; $\text{Atan}(36/120) \approx 16^\circ$; $\text{Atan}(36/70) \approx 27^\circ$.

Partie 3 : Analyse de la phase d'impulsion

7. Comment peut-on calculer l'angle intersegmentaire de flexion au genou à partir de marqueurs externes ? Illustrez votre réponse en vous basant sur les coordonnées suivantes (H : centre articulaire de la hanche ; G : genou ; C : cheville) : H (x_H ; y_H ; z_H), G (x_G ; y_G ; z_G), C (x_C ; y_C ; z_C).
8. Quelles sont les données nécessaires afin de calculer la position du centre de gravité de l'athlète durant l'impulsion ? Quel peut-être le rôle des bras lors de l'impulsion ? Justifiez votre réponse.
9. Définissez mécaniquement l'impulsion. Que représente graphiquement ce paramètre ? Représentez l'impulsion verticale à partir de la figure 3. Comment pourrait-on fournir une valeur approchée de l'impulsion verticale à partir des données de la figure 3 ? Pour la même force de réaction verticale, quel est l'effet d'une masse réduite du sujet sur la vitesse verticale du sujet ?

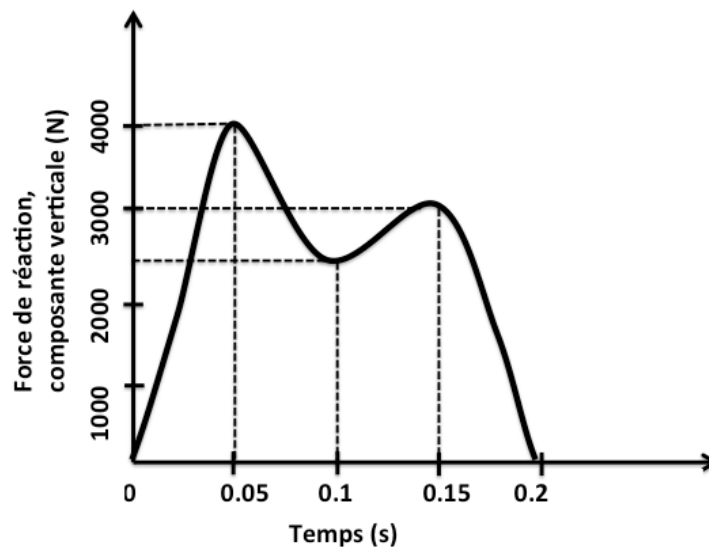


Figure 3 : Evolution de la composante verticale de la force de réaction du sol durant l'impulsion ($t=0s$: début de l'impulsion ; $t=0.2s$: fin de l'impulsion).

Partie 4 : Analyse du passage de la barre.

On analyse la phase aérienne du sauteur en hauteur. Les valeurs de vitesses (V_{0x} et V_{0z}) au décollage et de hauteur initiale (z_0) du centre de masse sont les suivantes (axe x : axe horizontal, axe z : axe vertical) : $V_{0x} = 5 \text{ m.s}^{-1}$, $V_{0z} = 5 \text{ m.s}^{-1}$, $z_0 = 1 \text{ m}$.

10. Définissez d'un point de vue mécanique les frottements aérodynamiques lors du saut. On suppose ces frottements négligeables durant la phase aérienne dans la suite de l'exercice.
11. Calculez la hauteur maximale atteinte par le centre de gravité du sauteur.
12. A quelle distance de la barre doit-il prendre son impulsion de telle manière que cette hauteur maximale soit atteinte au niveau de la barre ?
13. En quoi la connaissance de paramètres tels que le moment cinétique et le moment d'inertie permettent de comprendre et d'améliorer la performance en phase aérienne lors du saut en hauteur ? Etayez votre réponse d'un point de vue mécanique.

Fin du sujet 2