

Exercice 1 : Saut de type CMJ

Au cours d'un saut avec contre-mouvement (CMJ) effectué par un sujet de 70 kg sur une plate-forme de force, on enregistre pendant la phase d'allègement (flexion) une valeur minimale $R_{z_{\text{mini}}}$ égale à 200 N et pendant la phase d'extension une valeur maximale $R_{z_{\text{maxi}}}$ de 1300 N.

- 1) - Tracer l'allure de la courbe $R_z(t)$ en indiquant les variations de la résultante verticale des forces au sol en fonction du temps ;
- Préciser les différents modes d'action musculaires des quadriceps au cours du mouvement.
- 2) Calculer l'accélération du CdG du sujet au deux instants correspondant à $R_{z_{\text{mini}}}$ et $R_{z_{\text{maxi}}}$.
- 3) Au cours du saut, l'impulsion verticale J_z totale est égale à 190 N.s. Donner les valeurs théoriques de la vitesse de décollage ($V_{z_{\text{off}}}$), de la hauteur d'élévation du CdG $Z_{G_{\text{max}}}$ et du temps de suspension (T_s).

Exercice 2 : Saut en longueur sans élan

Au cours d'un saut en longueur sans élan, un athlète ($m = 60$ kg) quitte le sol pieds joints avec une vitesse V dont les composantes horizontales et verticales sont : $V_{x_{\text{Goff}}} = 3.54 \text{ m.s}^{-1}$ et $V_{z_{\text{Goff}}} = 1.80 \text{ m.s}^{-1}$.

- 1) Faire un schéma en indiquant les différents vecteurs vitesses à la fin de l'impulsion
- 2) Calculer les impulsions J_x et J_z qui correspondent au saut
- 3) Calculer la valeur de l'angle de décollage

Exercice 3 : Saut en longueur avec élan

Au cours du dernier appui, un sauteur en longueur ($m = 80$ kg) génère les impulsions horizontale et verticale suivantes : $J_x = -68 \text{ N.s}$ et $J_z = 360 \text{ N.s}$. Les composantes horizontale et verticale de sa vitesse d'arrivée sur la plate-forme sont égales à : $V_{x_0} = 10,1 \text{ ms}^{-1}$ et $V_{z_0} = -0,7 \text{ ms}^{-1}$.

- 1) Faire un schéma en indiquant les différents vecteurs vitesses au début de l'impulsion
- 2) Calculer les valeurs des composantes horizontale et verticale de sa vitesse de décollage
- 3) Calculer la valeur de l'angle de décollage
- 4) Calculer la longueur théorique du saut si on considère qu'au moment du décollage son CdG est en avant de 30 cm par rapport à la planche.

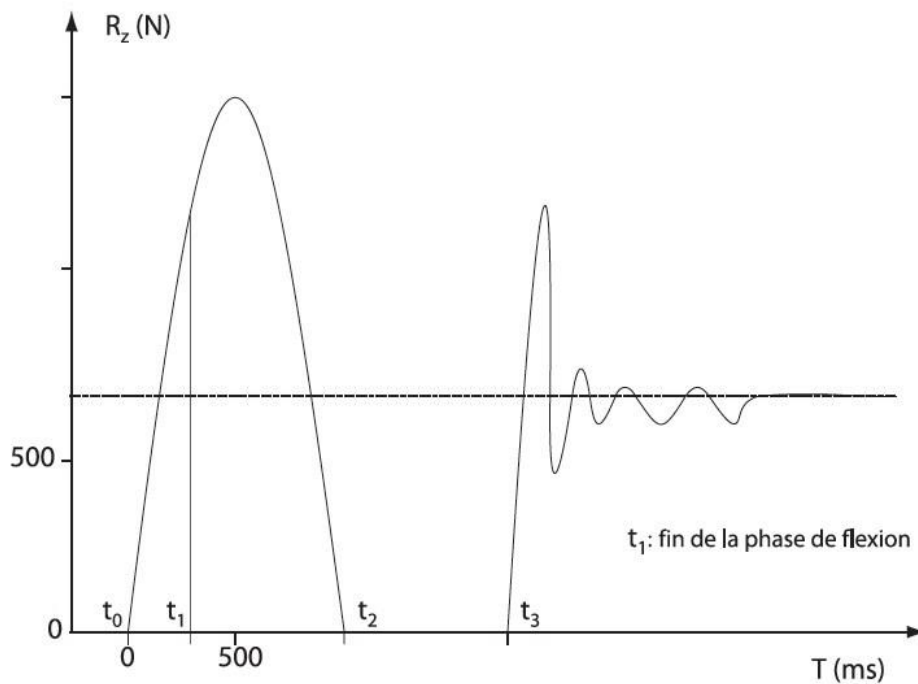
Exercice 4 : Centre des forces de pression

Un sujet se trouve debout sur une plate-forme de forces (voir schéma). Dans le repère (Oxy) de la plate-forme, les coordonnées des 4 capteurs sont : C1 ($x_1 = 0, y_1 = 0$) ; C2 ($x_2 = a, y_2 = 0$) ; C3 ($x_3 = a, y_3 = b$) ; C4 ($x_4 = 0, y_4 = b$). Si les valeurs des composantes verticales R_{zi} mesurées par les 4 capteurs sont égales à : $R_{z1} = 100$ N, $R_{z2} = 100$ N, $R_{z3} = 300$ N, $R_{z4} = 200$ N, calculer les coordonnées du centre de pressions dans le repère (Oxy) en fonction de a et b et remplacer ensuite par les valeurs données de ces deux paramètres $a = 30$ cm et $b = 50$ cm.

Exercice 5 : Saut de type Drop Jump

Un athlète (masse = 70 kg) effectue un saut en contrebas (Drop-jump) sur une plate-forme de forces. L'enregistrement de la réaction du sol $R_z(t)$ suivant la verticale est donné sur la figure ci-dessous. ($g = 10 \text{ m.s}^{-2}$). À partir de la figure :

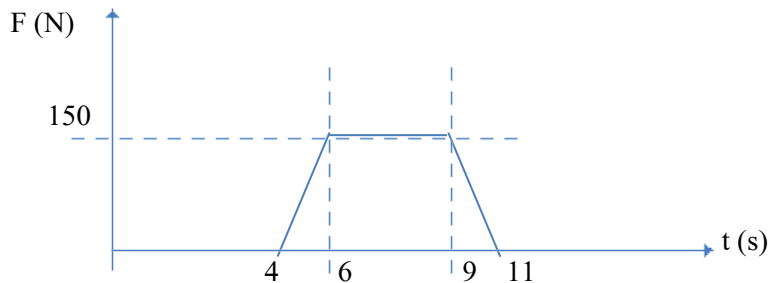
- 1) Décrire le graphe en précisant les différentes phases du mouvement et les différents modes de contraction musculaires associés des extenseurs du genou. 2) Calculer la valeur de l'accélération maximale pendant la phase d'extension.
- 2) Si le sujet s'élance d'une estrade d'une hauteur $H_0 = 45$ cm, quelle est sa vitesse (V_{z0}) quand il arrive sur la plate-forme de forces ?
- 3) Si l'impulsion verticale totale lors du saut est égale à 490 N.s, quelle est sa vitesse de décollage V_{zoff} ?
- 4) Quelle est la hauteur du saut ?
- 5) Quel est le temps de suspension ?



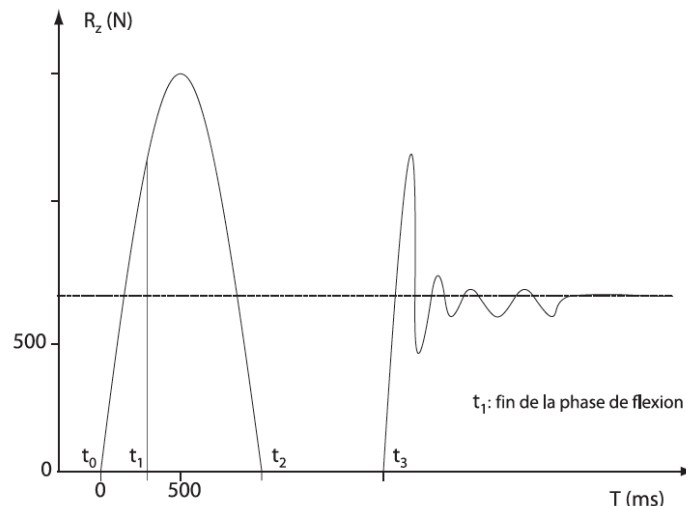
Calculatrice et documents interdits

Sujet de O. White – 1h :

1. Quel est le phénomène physiologique et biomécanique qui permet de réaliser un saut ? Donnez-en deux définitions.
2. Calculer l'impulsion qui correspond au profil trapézoïdal de force représenté ci-dessous.



3. A quel saut correspond le tracé R_z enregistré en fonction du temps (t) par une plateforme de force ci-dessous ? En particulier, donner les positions du sujet en t_0 , t_2 et t_3 .



4. Une personne souhaite effectuer un saut vertical le plus haut possible pour atteindre le sommet d'un muret et pouvoir ainsi s'échapper de l'enceinte de laquelle il est retenu prisonnier. Il ne peut utiliser ses mains menottées dans le dos. Heureusement, il a pu fabriquer un mini propulseur qui lui fournit une poussée S constante verticale vers le haut.
 - a. Représenter un schéma de la situation.
 - b. A partir de l'équation générale de Newton, déduire comment on peut trouver l'accélération maximale du centre de gravité de la personne (si on connaît sa masse $m = 80$ kg, la propulsion $S = 200$ N, $R_{z\max} = 1400$ N et g qui vaut environ 10 ms^{-2}). Quelle est cette valeur d'accélération ?
 - c. Le sommet du mur se situe à une hauteur h du sol ($h = 80$ cm). Quelle devrait être la vitesse minimum de décollage pour l'atteindre ?
 - d. Quelle serait l'impulsion nécessaire, départ arrêté ?
 - e. Quel est le nom de la personne ?
5. Sauvée, la même personne doit maintenant sauter au-dessus d'un obstacle de 3 mètres de long et de 2 mètres de haut.
 - a. Si les composantes horizontales et verticales de sa vitesse au départ de ce saut sont respectivement (en ms^{-1}) $V_{x,off} = 4$ et $V_{z,off} = 4\sqrt{3}$, y parviendra-t-il ?
 - b. Quel est l'angle que fait le vecteur vitesse avec l'horizontale ?
 - c. Une plateforme de force rectangulaire de côtés a et b est équipée de quatre capteurs disposés aux quatre coins du dispositif. Chacun enregistre les réactions verticales R_z . La table ci-dessous donne

les détails. Quelle est la position de la projection du centre de gravité dans le plan (x,y) de la plateforme ?

Capteur	Coordonnées (x,y)	R _z (N)
C1	a,0	200
C2	a,b	300
C3	0,0	400
C4	0,b	500

- d. Si la personne pèse 100 kg, quelle est la masse du « petit » propulseur et de son équipement ?
6. Trouver les deux erreurs qui se cachent dans la résolution du problème suivant. Un sportif saute d'une hauteur de 200 cm dans un environnement où la gravité vaut le double de celle de la terre (sur terre, $g = 10 \text{ ms}^{-2}$). On cherche sa vitesse d'impact. Par conservation de l'énergie mécanique, on trouve que

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 200} = \sqrt{4000} \text{ m/s.}$$

BONUS

Les équations paramétriques du mouvement d'un corps lancé à partir d'une position initiale (0,0) sont :

$$\begin{aligned}x(t) &= v_{0x}t \\z(t) &= -g\frac{t^2}{2} + v_{0z}t\end{aligned}$$

En déduire la formule de la hauteur maximale atteinte et du temps de suspension.

Licence L2 UE 31 BIOMECHANIQUE
Sujet R. LEPERS & WHITE
Session 2

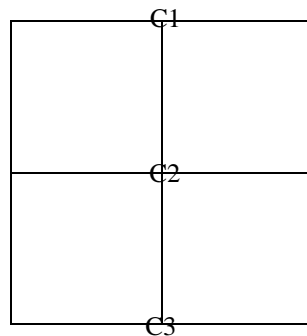
Calculatrice et documents interdits

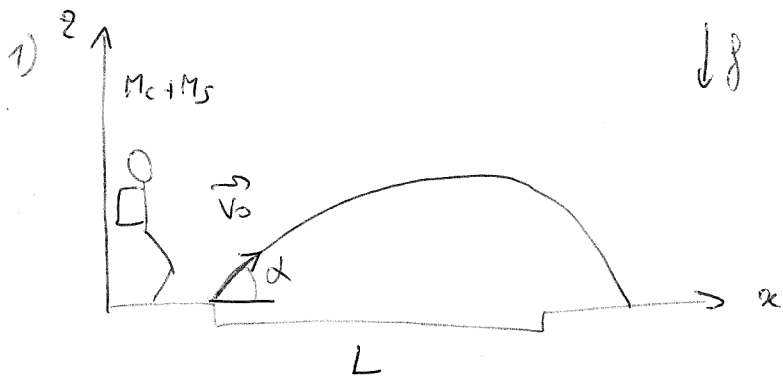
Ne remplacer les paramètres par les valeurs numériques qu'à la fin des développements théoriques

ENONCE :

Un militaire (masse corporelle, $M_C = 70$ kg) muni d'un sac à dos (masse sac, $M_S = 20$ kg) se trouve dos à un mur et doit sauter au-dessus d'une rivière (largeur $L=1.3$ m). Dépourvu d'espace, il est obligé de réaliser un saut sans élan pour atteindre l'autre berge. Sa vitesse initiale est de 4 ms^{-1} et l'angle du saut par rapport à l'horizontale est de 30 degrés. ($g = 10 \text{ ms}^{-2}$).

- 1) Faites un schéma clair de la situation en y reportant les données essentielles et le référentiel que vous choisissez.
- 2) Calculez les composantes horizontale (V_{xoff}) et verticale (V_{zoff}) de la vitesse au moment du décollage.
- 3) Donnez les valeurs de l'impulsion pour ce cas précis et donnez-en également une définition en biomécanique.
- 4) Quelle est la forme (mathématique) de la trajectoire suivie par le militaire lors de son saut ? Pour quelle raison ?
- 5) Quelle est la hauteur maximale atteinte par le militaire lors de son saut ?
- 6) Parviendra-t-il à atteindre au sec l'autre côté de la rivière ?
- 7) Que deviendrait les caractéristiques de son saut s'il retirait son sac au départ ? (Les données restent identiques).
- 8) Son copain de bataillon se trouve à 10 mètres en contrehaut et doit réaliser la même manœuvre mais a malheureusement du vent de face qui souffle et qui impacte le saut. On supposera que cet effet revient à diminuer la vitesse initiale horizontale V_{xoff} de 0.5 ms^{-1} . Quelles en sont les conséquences (la largeur de la rivière est supposée la même).
- 9) Pourquoi le même problème de terrain serait beaucoup plus simple sur la planète Mars ($g=4 \text{ ms}^{-2}$) que sur Terre ($g = 10 \text{ ms}^{-2}$) ?
- 10) De l'autre côté de la rivière, un dispositif carré est équipé de 3 capteurs de force qui enregistre l'impact du saut. Ces capteurs sont situés sur la médiane du carré parallèle à la rivière (côté du carré = 4 dm). Le capteur C_1 se trouve en $(-2,0)$, le capteur C_2 se trouve en $(0,0)$ et le capteur C_3 se trouve en $(2,0)$. On suppose que le militaire démarre son saut exactement en face du centre du carré. Les capteurs 1, 2 et 3 mesurent respectivement $25R$, $30R$ et $31R$ (R est une valeur en newtons). De combien de cm le soldat a-t-il dévié latéralement ?





2)

$$\cos \alpha = \frac{v_{z\text{eff}}}{v_0}, \quad \sin \alpha = \frac{v_{x\text{eff}}}{v_0}$$

$$v_{x\text{eff}} = v_0 \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0 = 2\sqrt{3}$$

$$v_{z\text{eff}} = v_0 \sin \alpha = \frac{v_0}{2} = 2$$

3)

$$\vec{J} = m(\vec{v}_{\text{eff}} - \vec{v}_0) = m\vec{v}_{\text{eff}}$$

$$J_x = m v_{x\text{eff}} = (M_c + M_s) v_{x\text{eff}} = 90 \cdot 2\sqrt{3} = 120\sqrt{3}$$

$$J_z = m v_{z\text{eff}} = (M_c + M_s) v_{z\text{eff}} = 90 \cdot 2 = 180$$

4) parabolique / $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{g} = m\vec{a} \Rightarrow a = -g$ balistique.

5) $z_{\text{max}} = \frac{v_{z\text{eff}}^2}{2g} = \frac{4}{20} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ m}$

6) $x_{\text{max}} = \frac{2v_{x\text{eff}}v_{z\text{eff}}}{g} = \frac{2 \cdot 2\sqrt{3} \cdot 2}{10} = \frac{8\sqrt{3}}{10} \approx \frac{1,7}{13,6} \cdot 5 \approx 1,36 > 1,3 \text{ oui}$

7) sens de l'impulsion chargement.

$$J_x = 70 \cdot 2\sqrt{3} = 140\sqrt{3}$$

$$J_z = 70 \cdot 2 = 140$$

8) $x_{\text{max}} = \frac{2v_{x\text{eff}}v_{z\text{eff}}}{g} = \frac{2 \cdot (v_{x\text{eff}} - \frac{1}{2}) v_{z\text{eff}}}{10} = \frac{2 \cdot (2\sqrt{3} - \frac{1}{2}) \cdot 2}{10}$

$$= \frac{2}{5} (2\sqrt{3} - \frac{1}{2}) = \frac{2}{5} \left(\frac{4\sqrt{3} - 1}{2} \right) = \frac{4\sqrt{3} - 1}{5} = 1,18 < 1,3$$

plaus

9) Cas g est plus petit $= x_M =$

10) $x_M = \frac{\sum x_i R_i}{\sum R_i} = \frac{-2 \times 25R + 0 \times 30R + 2 \times 31R}{25R + 30R + 31R} = \frac{-50R + 62R}{86R}$

$$= \frac{12}{86} = \frac{6}{43}$$

$$= 0,139 \text{ dm}$$

$$= \underline{1,3 \text{ cm}}$$

Examen de biomécanique - S1

O. White et R. Lepers

Mercredi 7 novembre 2018

Ne remplacer les paramètres par les valeurs numériques qu'à la fin des développements théoriques. L'attention sera portée sur le raisonnement. Calculatrice interdite.

1. Citer une méthode qui permet de mesurer la cinématique et une méthode qui permet d'enregistrer la cinétique d'une action. [1 pt].

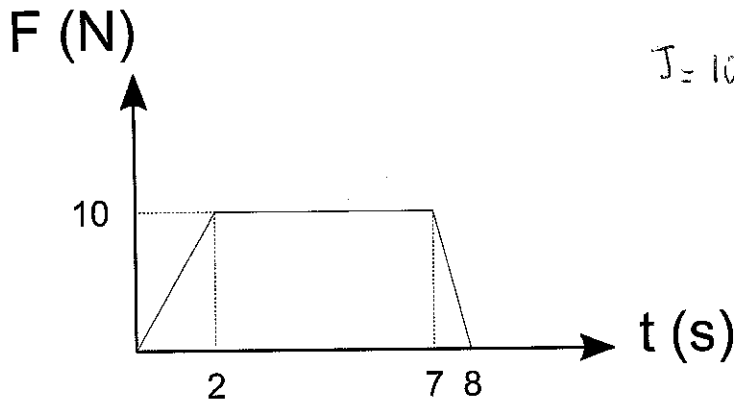
VIDEO
PPF

2. Donner les définitions de l'impulsion en biomécanique. Appliquer l'une des définitions pour calculer l'impulsion à partir du tracé de force ci-dessous.

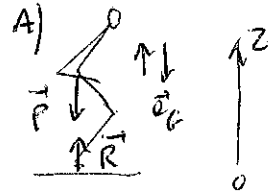
$$\vec{J} = \int \vec{F}(t) \cdot dt = M \Delta \vec{V}$$

$J = \int \text{aire sous la courbe}$

$$J = 10 + 50 + 5 = 65 \text{ N}\cdot\text{s}$$



3. En 1969, Neil Armstrong ($m = 80 \text{ kg}$) pose le pied sur la Lune. Dans l'euphorie, il réalise un CMJ. Dans la suite de l'exercice, on supposera que $g_{\text{lune}} = \frac{5}{3} \text{ ms}^{-2}$ et que $g_{\text{terre}} = 10 \text{ ms}^{-2}$.



A. Réaliser un schéma simplifié reprenant le bilan des forces extérieures qui s'exercent sur Neil. Ajouter dans une autre couleur les vecteurs accélérations.

B. Un dispositif permet d'enregistrer la force de réaction R_z de Neil sur le sol et enregistre $R_{z\text{max}} = 1500 \text{ N}$. Que vaut à ce moment, l'accélération du centre de masse de Neil ? Déduire la relation entre R_z et a du schéma en A.

b) $\vec{P} + \vec{R} = m \vec{a}_G$
 $-Mg + R_z = m a_{Gz}$
 $a_{Gz} = \frac{R_z - mg}{m}$
 $= \frac{1500 - 80 \cdot 10}{80}$
 $= \frac{4500 - 800}{80}$
 $= \frac{3700}{80}$
 $= 46.25 \text{ m/s}^2$

C. Si l'impulsion verticale J_z est de $320 \text{ N}\cdot\text{s}$, calculer la vitesse de décollage. Que vaut l'angle que fait ce vecteur vitesse avec l'horizontale ?

c) $J_z = M v_{z\text{off}}$
 $v_{z\text{off}} = \frac{320}{80} = 4 \text{ m/s}$

$$\begin{array}{r} 416 \overline{) 24} \\ 170 \\ \underline{02} \end{array}$$

$$D) H = \frac{v^2}{2g} \quad \begin{array}{l} \text{lune} \\ \text{terre} \end{array} \quad \begin{array}{l} \frac{4^2}{2 \times \frac{5}{3}} = \frac{16 \times 3}{10} = 4,8 \text{ m} \quad (\text{lune}) \\ \frac{16}{20} = 0,8 \text{ m} \quad (\text{terre}) \end{array}$$

$$H = \frac{g T^2}{8}$$

$$T = \sqrt{\frac{8H}{g}} \quad \begin{array}{l} \rightarrow \text{lune} \\ \rightarrow \text{terre} \end{array}$$

$$T = \frac{\sqrt{8 \times 4,8}}{\sqrt{5/3}} = \sqrt{\frac{8 \times 4,8 \times 3}{5}} \approx \sqrt{24} = 4,9 \text{ s}$$

$$t = \frac{\sqrt{8 \times 0,8}}{\sqrt{10}} = \sqrt{\frac{6,4}{5}} = 1,1 \text{ s}$$

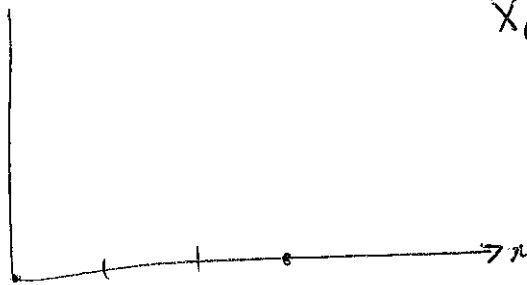
D. Quels sont la hauteur de ce saut et son temps de vol ? Que deviennent ces valeurs sur Terre ($g = 10 \text{ ms}^{-2}$) ?

E. Au moment du décollage du sol lunaire, Neil lance un objet avec un angle de 60 deg par rapport à l'horizontale. On suppose que la vitesse avec laquelle l'objet quitte sa main correspond à la vitesse de décollage du saut V_{off} . Calculer les composantes x et z de sa vitesse de lancer. A quelle distance l'objet retouchera le sol ?

$$V = 4 \text{ m/s} \quad \begin{array}{l} V_x = 4 \times 0,5 \text{ m/s} \\ V_z = 4 \times 0,86 \text{ m/s} \end{array}$$

BONUS

Une plateforme unidimensionnelle de force de longueur $10L$ ($L = 10 \text{ cm}$) est équipée de trois capteurs qui enregistrent les réactions perpendiculaires. On sait que la somme des réactions mesurées par les trois capteurs vaut 1800 N. Les capteurs 2 et 3 sont positionnés en $x = 0$ et $x = \frac{2L}{3}$, respectivement. En outre, on peut lire sur le capteur 1 une valeur de 500 N et 400 N sur le capteur 2. Le logiciel nous indique que le centre de pression est positionné en $x = -\frac{L}{2}$. Quelle est la position du capteur 1 ? (Faire un schéma).



$$X_{cp} = \frac{500 \cdot x_1 + 400 \cdot x_2 + 900 \cdot x_3}{1800}$$

$$= \frac{500 \cdot x_1 + 600 \cdot L}{1800}$$

$$-\frac{L}{2} \cdot 1800 - 600L = 500 \cdot x_1$$

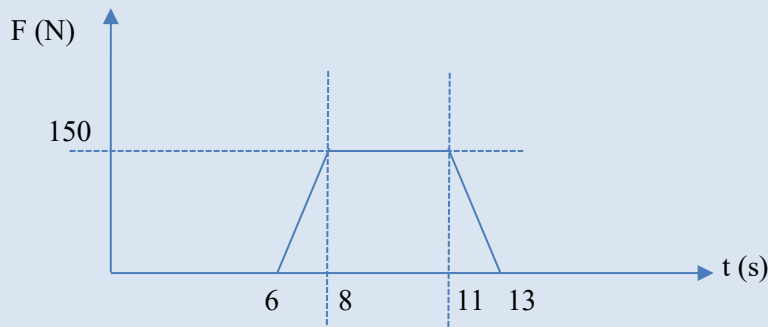
$$-1500L = 500 \cdot x_1$$

$$\underline{\underline{x_1 = -3L}}$$

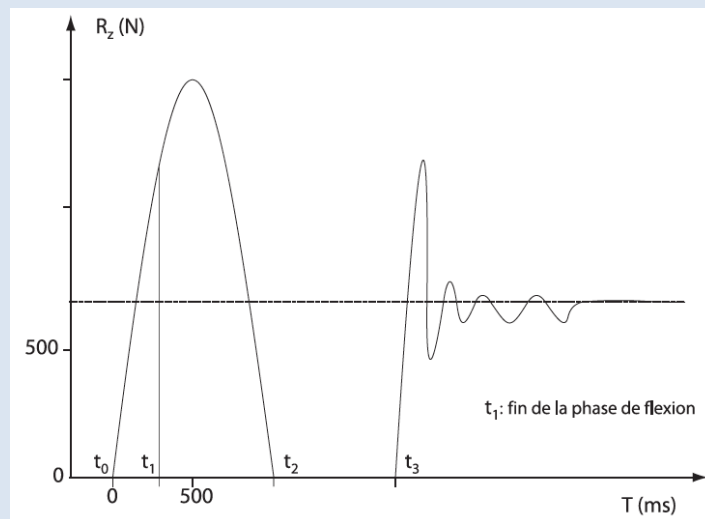
Calculatrice et documents interdits

Sujet de O. White – 1h :

1. Quel est le phénomène physiologique et biomécanique qui permet de réaliser un saut ? Donnez-en deux définitions.
2. Calculer l'impulsion qui correspond au profil trapézoïdal de force représenté ci-dessous.



3. A quel saut correspond le tracé R_z enregistré en fonction du temps (t) par une plateforme de force ci-dessous ? En particulier, donner les positions du sujet en t_0 , t_2 et t_3 . A quoi correspond t_1 ?



4. Une personne souhaite effectuer un saut vertical le plus haut possible pour atteindre le sommet d'un muret et pouvoir ainsi s'échapper de l'enceinte de laquelle il est retenu prisonnier. Il ne peut utiliser ses mains menottées dans le dos. Heureusement, il a pu fabriquer un mini propulseur qui lui fournit une poussée S constante verticale vers le haut.
 - a. Représenter un schéma de la situation.
 - b. A partir de l'équation générale de Newton, déduire comment on peut trouver l'accélération maximale du centre de gravité de la personne (si on connaît sa masse $m = 60$ kg, la propulsion $S = 300$ N, $R_{zmax} = 1600$ N et g qui vaut environ 10 ms⁻²). Quelle est cette valeur d'accélération ?
 - c. Le sommet du mur se situe à une hauteur h du sol ($h = 180$ cm). Quelle devrait être la vitesse minimum de décollage pour l'atteindre ?
 - d. Quelle serait l'impulsion nécessaire, départ arrêté ?
 - e. Quel est le nom de la personne ?
5. Sauvée, la même personne doit maintenant sauter au-dessus d'un obstacle de 3 mètres de long et de 2 mètres de haut.
 - a. Si les composantes horizontales et verticales de sa vitesse au départ de ce saut sont respectivement (en ms⁻¹) $V_{z,off} = 6$ et $V_{x,off} = 6\sqrt{3}$, y parviendra-t-il ?

- b. Quel est l'angle que fait le vecteur vitesse avec l'horizontale ?
- c. Une plateforme de force rectangulaire de côtés a et b est équipée de quatre capteurs disposés aux quatre coins du dispositif. Chacun enregistre les réactions verticales R_z . La table ci-dessous donne les détails. Quelle est la position de la projection du centre de gravité dans le plan (x,y) de la plateforme ?

Capteur	Coordonnées (x,y)	R_z (N)
C1	a,0	350
C2	a,b	200
C3	0,0	100
C4	0,b	150

- d. Si la personne pèse 100 kg, quelle est la masse du « petit » propulseur et de son équipement ?
6. Trouver les deux erreurs qui se cachent dans la résolution du problème suivant. Un sportif saute d'une hauteur de 200 cm dans un environnement où la gravité vaut le double de celle de la terre (sur terre, $g = 10 \text{ ms}^{-2}$). On cherche sa vitesse d'impact. Par conservation de l'énergie mécanique, on trouve que

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 200} = \sqrt{4000} \text{ m/s.}$$

BONUS

Les équations paramétriques du mouvement d'un corps lancé à partir d'une position initiale (0,0) sont :

$$x(t) = v_{0x}t$$

$$z(t) = -g \frac{t^2}{2} + v_{0z}t$$

En déduire la formule de la hauteur maximale atteinte et du temps de suspension.

UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE

Faculté des Sciences du Sport

UFR STAPS

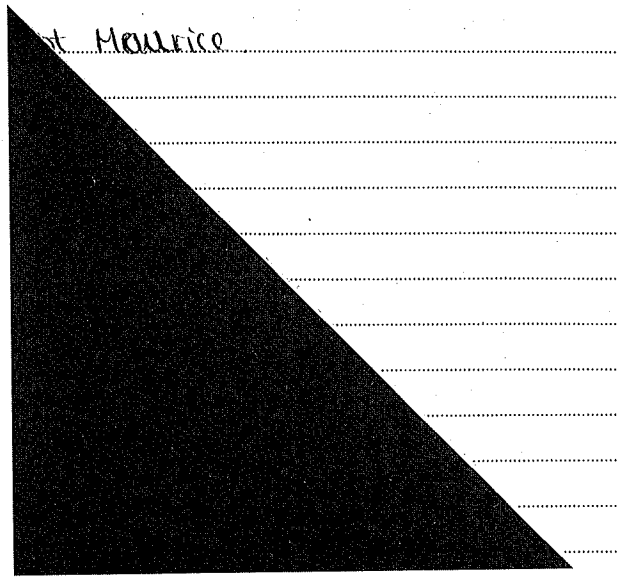
DATE DE L'ÉPREUVE : le 06/11/19

ÉPREUVE DE : UE31 Biomécanique

SUJET DE M./MME : O. WHITE

ANNÉE D'ÉTUDE : 2019 - 2020

SESSION ANNÉE : Session 1

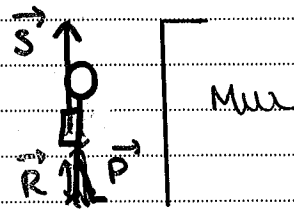


Nombre d'intercalaires employés

NOTE	APPRÉCIATIONS EXPLIQUANT LA NOTE CHIFFRÉE :
1 18,5	<p>1) le phénomène physiologique et biomécanique qui permet de réaliser un saut est l'impulsion, sa note J et elle s'exprime en N.s.</p> <p>L'impulsion c'est une force produite dans un temps : $J = t \times F$</p> <p>ou encore une masse mise en action suite à une variation de vitesse : $J = m \times \Delta V$</p> <p>2) Pour calculer l'impulsion, j'utilise la formule : $J = t \times F$ qui me permet de calculer l'aire sous la courbe</p> <p>Alors : $J = \left(\frac{2 \times 150}{2} \right) + (3 \times 150) + \left(\frac{2 \times 150}{2} \right)$</p> $J = 150 + 450 + 150$ $J = 750 \text{ N.s}$ <p>L'impulsion a une valeur de 750 N.s.</p> <p>3) La courbe correspond à un drop jump, c'est à dire départ sur une estrade suite d'un atterrissage au sol enchaîné par un saut vertical.</p> <p>Les positions du sujet sont : à t_0 le sujet arrive au sol, à t_2 le sujet quitte le sol, il est en suspension aérienne puis à t_3 le sujet atterrissage au sol après sa suspension.</p>

6) On cherche

4a)



4b) Données: $m = 80 \text{ kg}$
 $S = 200 \text{ N}$
 $R_{2 \text{ max}} = 1400 \text{ N}$
 $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

L'équation générale de Newton est :

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m \cdot \vec{a}$$

Ici les forces extérieures sont : le poids \vec{P} , les réactions de sol \vec{R} et la propulsion \vec{S} .

Alors: $\vec{P} + \vec{R} + \vec{S} = m \cdot \vec{a}$
 $-P + R + S = m \cdot a$
 $-mg + R + S = m \cdot a$

Donc : $a = \frac{-mg + R + S}{m} = \frac{(-80 \times 10) + 1400 + 200}{80}$
 $= \frac{-800 + 1600}{80} = \frac{800}{80} = \frac{80}{8} = 10 \text{ m.s}^{-2}$

La valeur de l'accélération est donc de 10 m.s^{-2} .

4c) Pour trouver la vitesse de décollage on utilise la formule : $v_0 = \sqrt{2g \times h_0}$ sachant que $H = 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$

Alors : $v_0 = \sqrt{2 \times 10 \times 0,8} = \sqrt{2 \times 8} = \sqrt{16} = 4 \text{ m.s}^{-1}$
La vitesse de décollage est donc de 4 m.s^{-1}

4d) Pour calculer l'impulsion j'utilise la formule :

$$J = m \times \Delta \vec{v} = m (v_{\text{off}} - v_0)$$

Sachant que $v_{\text{off}} = 4 \text{ m.s}^{-1}$ et $v_0 = 0$ car départ arrêté.

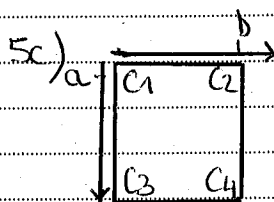
Alors : $J = m \times v_{\text{off}} = 80 \times 4 = 320 \text{ N.s}$

Pour un départ arrêté, l'impulsion nécessaire serait de 320 N.s .

4e) le nom de la personne est Maurice

5) Obstacle : 3m de long
2m de haut.

5a) Données : $V_{x\text{off}} = 4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
 $V_{z\text{off}} = 4\sqrt{3} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
 $m = 80 \text{ kg}$



$$C_1 (a; 0)$$

$$C_2 (a; b)$$

$$C_3 (0; 0)$$

$$C_4 (0; b)$$

$$R_{z1} = 200$$

$$R_{z2} = 300$$

$$R_{z3} = 400$$

$$R_{z4} = 500$$

Pour trouver la position de la projection du centre de gravité dans le plan $(x; y)$ j'utilise les formules :

$$X_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^4 R_{zi} \times x_i}{R_{zi}}$$

$$Y_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^4 R_{zi} \times y_i}{R_{zi}}$$

$$\text{Alors : } X_{cp} = \frac{(200 \times a) + (300 \times a) + (400 \times 0) + (500 \times 0)}{1400}$$

$$X_{cp} = \frac{200a + 300a}{1400}$$

$$X_{cp} = \frac{500a}{1400}$$

$$Y_{cp} = \frac{(200 \times 0) + (300 \times b) + (400 \times 0) + (500 \times b)}{1400}$$

$$Y_{cp} = \frac{300b + 500b}{1400}$$

$$Y_{cp} = \frac{800b}{1400}$$

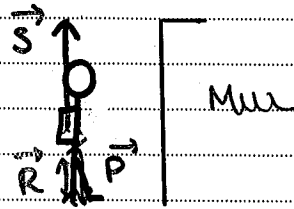
$$\text{Donc CG} \left(\frac{500a}{1400} ; \frac{800b}{1400} \right)$$

la position du centre de gravité sera de $\frac{500a}{1400}$ selon

x et de $\frac{800b}{1400}$ selon y .

6) On cherche

4a)



4b) Données: $m = 80 \text{ kg}$
 $S = 200 \text{ N}$
 $R_{2 \text{ max}} = 1400 \text{ N}$
 $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

L'équation générale de Newton est :

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m \cdot \vec{a}$$

Ici les forces extérieures sont : le poids \vec{P} , les réactions de sol \vec{R} et la propulsion \vec{S} .

Alors: $\vec{P} + \vec{R} + \vec{S} = m \cdot \vec{a}$
 $-P + R + S = m \cdot a$
 $-mg + R + S = m \cdot a$

Donc : $a = \frac{-mg + R + S}{m} = \frac{(-80 \times 10) + 1400 + 200}{80}$
 $= \frac{-800 + 1600}{80} = \frac{800}{80} = 10 \text{ m.s}^{-2}$

La valeur de l'accélération est donc de 10 m.s^{-2} .

4c) Pour trouver la vitesse de décollage on utilise la formule : $v_0 = \sqrt{2g \times H_0}$ sachant que $H = 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$

Alors : $v_0 = \sqrt{2 \times 10 \times 0,8} = \sqrt{2 \times 8} = \sqrt{16} = 4 \text{ m.s}^{-1}$
La vitesse de décollage est donc de 4 m.s^{-1}

4d) Pour calculer l'impulsion j'utilise la formule :
 $J = m \times \Delta \vec{v} = m (v_{\text{off}} - v_0)$
Sachant que $v_{\text{off}} = 4 \text{ m.s}^{-1}$ et $v_0 = 0$ car départ arrêté.

Alors : $J = m \times v_{\text{off}} = 80 \times 4 = 320 \text{ N.s}$

Pour un départ arrêté, l'impulsion nécessaire serait de 320 N.s .

① Emmanuel : accéléromètre ou PF forces
Donald : PF de forces

② $J = \text{aire sous la courbe} = \frac{\pi R^2}{2} = \frac{\pi \cdot 100^2}{2} = 5000\pi \text{ N.ms}$
 $= 5\pi \text{ N.s}$

③ $J_z = m(V_{z,\text{eff}} - v_0)$

Julie ($v_0 = 0$) : $J_z = mV_{z,\text{eff}} \rightarrow V_{z,\text{eff}} = \frac{J_z}{m} = \frac{300}{75} = 4 \text{ m/s}$

Sébastien : $J_z = mV_{z,\text{eff}} - mv_0 \rightarrow V_{z,\text{eff}} = \frac{J_z + mv_0}{m} = \frac{360 + 90(-2)}{90}$
 $= \frac{360 - 180}{90} = \frac{180}{90} = 2 \text{ m/s}$

3.1 $z_m = \frac{V_{z,\text{eff}}^2}{2g}$ Julie : $\frac{4^2}{20} = 0,8 \text{ m}$

Sébastien : $\frac{2^2}{20} = 0,2 \text{ m}$

3.2 DJ \Rightarrow Sébastien (deuxième trou)

④ acc (m/s^2) - poids (N) - impulsion (Ns) - vitesse (m/s) - énergie (kJ)

⑤ 5.1 $z_m = \frac{gT_0^2}{8} = \frac{10 \cdot 1^2}{8} = \frac{10}{8} \text{ m} = 1,25 \text{ m}$

5.2 $x_m = \frac{2V_x V_z}{g} \rightarrow V_z \geq \frac{g x_m}{2V_x} = \frac{10 \cdot 5/2}{2 \cdot 5/4} = 10 \text{ m/s}$

5.3 Non car sa tête se situera à $1,75 + 1,25 \text{ m} = 3 \text{ m} < 3,25 \text{ m}$

5.4 $\tan \alpha = \frac{V_z}{V_x} = \frac{5/4}{10} = \frac{5}{40} < \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha < 45^\circ$

⑥ 6.1 $x_{cp} = \frac{\sum x_i R_i}{\sum R_i} = \frac{2 \times 180 - 2 \times 60 - 2 \times 360 + 2 \times 240}{960} = 0$

$y_{cp} = \frac{\sum y_i R_i}{\sum R_i} = \frac{2 \times 180 + 2 \times 60 - 2 \times 360 - 2 \times 240}{960} = -\frac{3}{4}$

6.2 oui car même si ses coordonnées sont en $(0,0)$, on ne compte pas la contribution de R_5

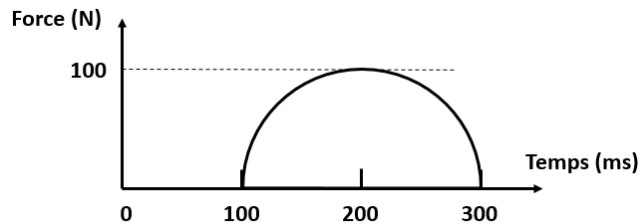
BONUS : Courbe ---- est avec frottements.

On perd environ 50 cm (dist horiz. de $y=0$)

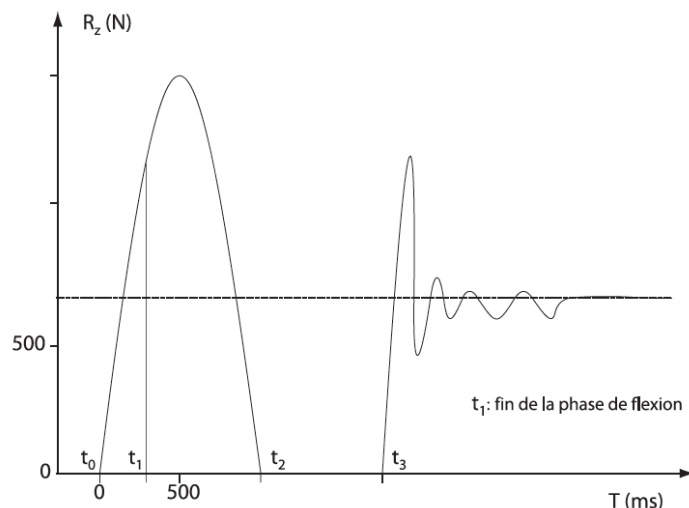
Calculatrice et documents interdits

Sujet de O. White – 1h :

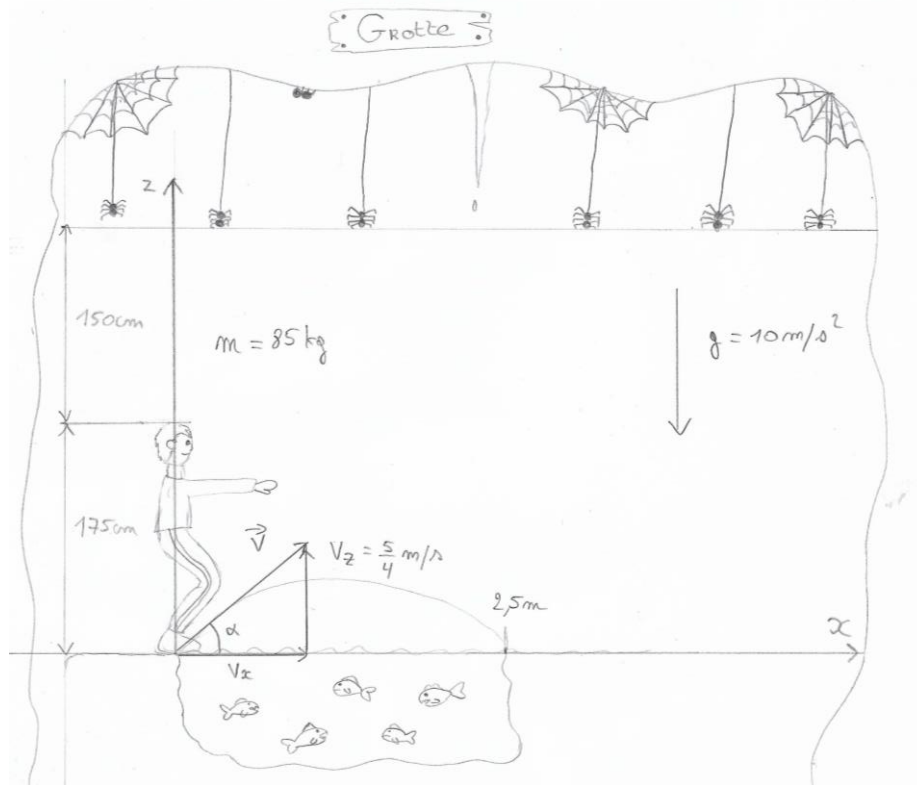
- Vous surprenez une conversation entre deux chercheurs en biomécanique :
 - Emmanuel : « J'ai mesuré un déplacement de 10,03 mm ! »
 - Donald : « Et moi, une augmentation régulière de la force verticale entre 600 N et 1500 N. »Quelles sont les méthodes de mesure utilisées par Emmanuel et Donald ?
- Soit le profil fictif et semi-circulaire de force ci-dessous. Quelle est la valeur de l'impulsion qui correspond à ce profil ?



- Julie ($m = 75 \text{ kg}$) et Sébastien ($m = 90 \text{ kg}$) réalisent respectivement un squat jump et un saut en contre-bas. L'impulsion générée par Julie est de 300 Ns et celle de Sébastien est 50% plus grande que celle de Julie. Sébastien arrive sur le sol avec une vitesse initiale (supposée parfaitement verticale) de -2 m/s . On suppose que $g = 10 \text{ m/s}^2$.
 - Quelles sont les hauteurs atteintes lors des sauts de Julie et Sébastien. Présenter des calculs théoriques clairs avant de donner les valeurs numériques.
 - A quel saut pourrait correspondre le tracé de force verticale ci-dessous (R_z , réaction du sol) ? Celui de Julie ou celui de Sébastien ? Justifier brièvement la réponse.



- Quelles sont les unités des grandeurs suivantes : accélération, poids, impulsion, vitesse et masse.
- Question de survie. Indiana Jones se trouve en mauvaise posture... il doit sauter au-dessus d'une rivière infestée de piranhas. Le problème, c'est qu'il ne peut pas non plus sauter trop haut à cause des mygales qui pendent des arbres à 1,50 m de sa tête. Cette situation désespérée est représentée ci-dessous avec toutes les données.



Rassemblant toute son énergie, il réalise son saut en longueur.

- 5.1. Quelle est la hauteur maximale atteinte lors de son saut ?
- 5.2. Quelle est la durée du temps de suspension ?
- 5.2. Quelle doit être au minimum sa vitesse horizontale pour atteindre la berge opposée ?
- 5.3. Sachant que la taille d'Indiana Jones est de 1,75 m et qu'il saute en gardant une posture verticale, touchera-t-il les araignées ?
- 5.4. L'angle que fait le vecteur vitesse de décollage avec la direction horizontale est-il supérieur ou inférieur à 45 degrés. Justifier.

6. Une plateforme de force carrée est équipée de 5 capteurs (un à chaque sommet et un au centre). Le carré mesure 4 mètres de côté.

Capteur	Coordonnées (x,y)	R _z (N)
C1	2,2	180
C2	-2,2	60
C3	-2,-2	360
C4	2,-2	240
C5	0,0	120

- 6.1 Quelles sont les coordonnées du centre de pression ?
- 6.2 Le capteur 5 (C5) est hors service. Cela pose-t-il des problèmes pour localiser le centre de pression ?

BONUS

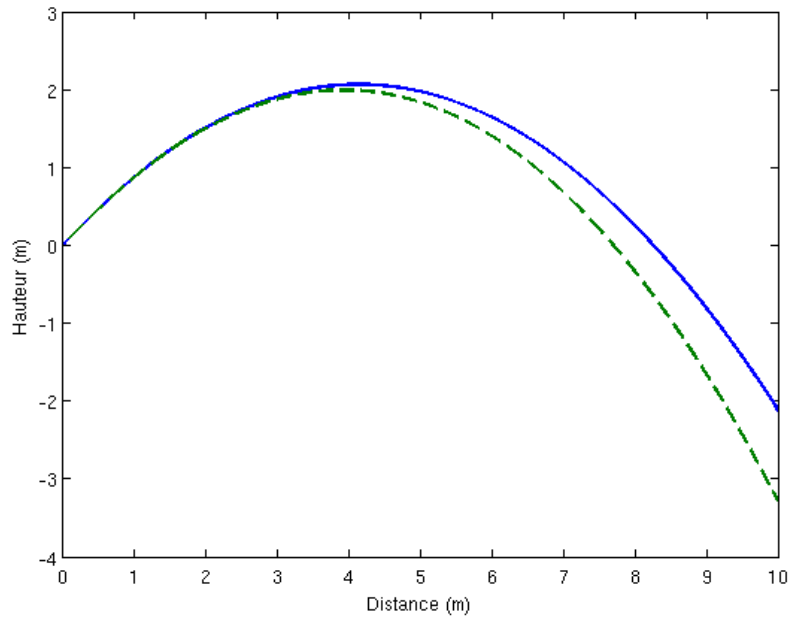
L'équation qui caractérise la trajectoire d'une masse m lancée avec une vitesse initiale (v_x, v_z) et une inclinaison α dans l'espace est une parabole dans l'espace (x, z) :

$$z(x) = -g \frac{x^2}{2v_x^2} + x \tan \alpha$$

En réalité, il existe d'autres effets qui sont négligés pour simplifier la modélisation, comme le frottement de l'air. Cette force visqueuse est proportionnelle à la vitesse de la masse (coefficient k). En tenant compte de cet effet, l'équation ci-dessus devient :

$$z(x) = x \frac{k^2 v_z + mgk}{k^2 v_x} - \frac{m^2 g}{k^2} \ln \left(\frac{m v_x}{m v_x - kx} \right)$$

Le graphe ci-dessous présente deux courbes qui sont les trajectoires d'une masse (hauteur z).

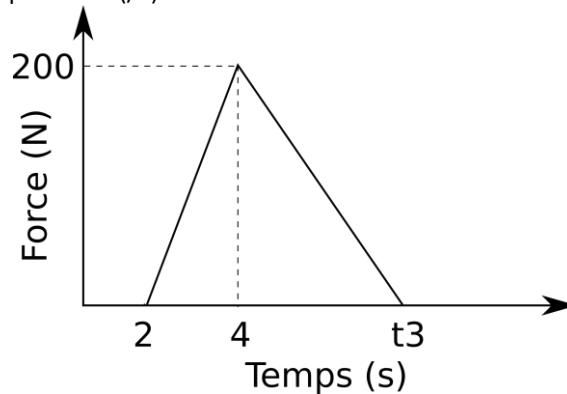


Quelle est la courbe qui correspond à l'équation avec frottement et quelle distance horizontale perd-on approximativement lorsque l'objet retombe sur le sol ?

(Et trouvez la faute d'orthographe qui s'est glissée dans ce sujet...)

Calculatrice et documents interdits

1. Pourquoi, selon vous, la biomécanique peut être utile dans le domaine du sport ? Donner une raison en quelques lignes (/1)
2. Soit le profil fictif triangulaire de force ci-dessous en fonction du temps. Si l'impulsion mesurée est de 700 Ns, quelle est la valeur de l'indice temporel t_3 ? (/1)



3. Donner une unité valable pour chacune des six grandeurs suivantes : masse, impulsion, accélération, force, angle et vitesse. (/2)
4. Pour les angles de 0, 30, 45, 60 et 90 degrés, donner (1) les conversions de ces angles en radians et (2) les valeurs des cosinus, sinus et tangente de chacun d'eux. (/2)
5. Henri (masse = 80 kg, $g = 10 \text{ m/s}^2$) réalise un saut vertical, partiellement tracté par un élastique qui fait un angle de 60 degrés avec l'horizontale. La norme de ce vecteur de traction est de $400/\sqrt{3}$ N. On ne considère ici que la performance verticale. (/5)
 - 5.1. Si la plateforme de force sur laquelle se trouve Henri enregistre un $R_{z\text{max}}$ de 1000 N, quelle est son accélération à ce moment ?
 - 5.2. Si l'impulsion verticale J_z est de 400 Ns, quelle est la vitesse de décollage de Henri ?
 - 5.3. Quel est le temps de suspension d'Henri, si on néglige les effets de la force élastique après le décollage ?
6. Monsieur Géoublier réalise un saut en longueur de $27/5$ m. Il sait qu'il a sauté avec un angle de 45 degrés par rapport à l'horizontale et qu'il avait une vitesse (norme du vecteur) de 3 m/s au moment du décollage. Malheureusement, il a oublié où il se trouve... (/4)
 - 6.1. Pouvez-vous l'aider à déduire la valeur de la gravité ambiante ? Est-ce supérieur, inférieur ou égal à la gravité terrestre ? Formulez une hypothèse sur le lieu...
 - 6.2. Quelle est la hauteur maximale atteinte lors de son saut ?
7. Arthur se trouve sur une plateforme semi circulaire de rayon 4 dm. Elle est munie de 5 capteurs positionnés aux coordonnées suivantes et chacun mesure une force verticale (voir table). Arthur ne connaît pas la position du capteur 4 (a,b) mais connaît le centre de pression qui vaut $(3/4, 17/10)$. (/5)
 - 7.1. Faire un schéma avec système d'axe.
 - 7.2. Où se situe le capteur 4 ?
 - 7.3. Si on se trouve sur terre ($g = 10 \text{ m/s}^2$), que vaut la masse d'Arthur ?

Capteur	Coordonnées (x,y)	R_z (N)
C1	-4,0	100
C2	4,0	300
C3	-2,1	150
C4	a,b	250
C5	0,4	200

BONUS (/2)

Démontrer la formule $v = \sqrt{2gh}$.

Déduire la formule qui donne la longueur d'un saut ?

Q2 $\vec{J} = \int \vec{F} dt = \text{area du } \Delta = \frac{\text{base} \times \text{h.}}{2} = \frac{(t_3 - 2) \times 200}{2} = 700$

Donc: $100(t_3 - 2) = 700$
 $100t_3 = 900 \Rightarrow t_3 = \frac{900}{100} = \boxed{9 \text{ s}}$

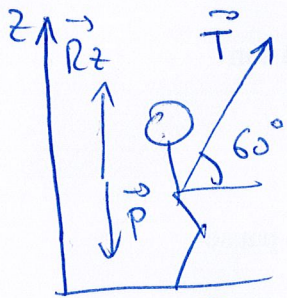
Q5 $m = 80 \text{ kg}$

S.1 $\vec{R} + \vec{P} + \vec{T} = \sum \vec{f}_{\text{ext}} = m\vec{a}$

Sur z: $R_z - P + T_z = m a_z$

$1000 - 80 \times 10 + 200 = m \cdot a_z$

$a_z = \frac{1000 - 800 + 200}{80} = \frac{400}{80} = \boxed{5 \text{ m/s}^2}$



$\sin 60 = \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{T_z}{400/\sqrt{3}}$

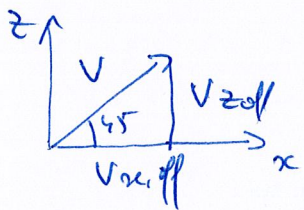
S.2 $J_z = m(V_{z,\text{eff}} - V_{z,0}) = m V_{z,\text{eff}}$

$V_{z,\text{eff}} = \frac{J_z}{m} = \frac{400}{80} = \boxed{5 \text{ m/s}}$

S.3 $z_m = \frac{V_{z,\text{eff}}^2}{2g} = \frac{g T_1^2}{8} \rightarrow T_1^2 = \frac{8 V_{z,\text{eff}}^2}{g^2} = \frac{4 V_{z,\text{eff}}^2}{g^2}$

$T_1 = \frac{2 V_{z,\text{eff}}}{g} = \frac{2 \times 5}{10} = \boxed{1 \text{ s}}$

Q6 G.1 $x_m = \frac{2 V_{x,\text{eff}} V_{z,\text{eff}}}{g} = \frac{2 \cdot 3 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 3 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{g} = \frac{27}{5} = \frac{g}{g}$



$g = \frac{45}{27} = \boxed{\frac{5}{3} \text{ m/s}^2}$

G.2 $z_m = \frac{V_{z,\text{eff}}^2}{2g} = \frac{\left(\frac{3\sqrt{2}}{2}\right)^2}{2 \cdot \frac{5}{3}} = \frac{\frac{9 \times 2}{4}}{\frac{10}{3}} = \frac{18}{4} \times \frac{3}{10} = \boxed{\frac{27}{20} \text{ m}}$

Q7 7.2 $(C_{px}, C_{py}) = \left(\frac{\sum x_i R_{zi}}{\sum R_{zi}}, \frac{\sum y_i R_{zi}}{\sum R_{zi}} \right)$

7.1 $x: \frac{3}{4} = \frac{-400 + 1200 - 300 + 2500a}{1000} \rightarrow \boxed{a = 1}$

$y: \frac{17}{10} = \frac{150 + 300 + 2500b}{1000} \rightarrow \boxed{b = 3}$

7.3 $P = \sum R_{zi} = mg = 1000 = m \cdot 10 \rightarrow m = \frac{1000}{10} = \boxed{100 \text{ kg}}$