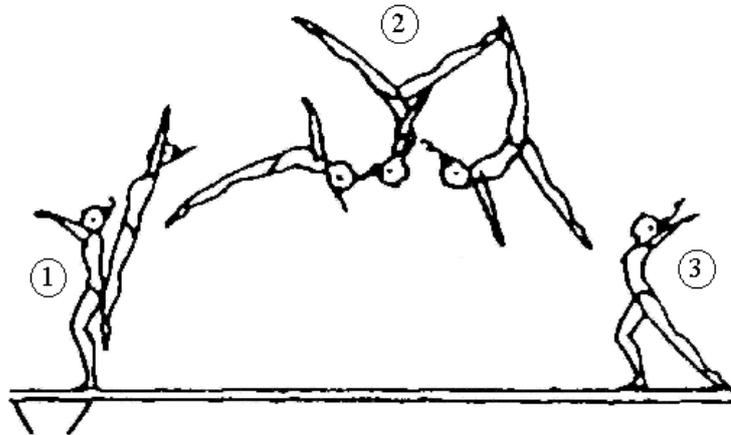


CC1 L2 Biomécanique



L'objet de ce problème est l'étude biomécanique du salto arrière tendu à la poutre en Gymnastique Artistique Féminine. La gymnaste étudiée a une masse de 50 kg. $\vec{g} = 10m/s^2$

Question 1 : (3 points)

Au début de l'exercice, position ①, la gymnaste est immobile.

a) Caractériser les forces externes qui lui sont appliquées. (2 points)

Liste des forces : $\vec{R}, m\vec{g}$

$$\begin{aligned} \sum \vec{F}_{ext} &= m \cdot \vec{a} \\ \Rightarrow m\vec{g} + \vec{R} &= m \cdot \vec{a} \\ \Rightarrow m\vec{g} + \vec{R} &= \vec{0} \\ \Rightarrow \vec{R} &= -m\vec{g} \end{aligned}$$

$$m\vec{g} \left[\begin{array}{l} PA \ CG \\ Sens : Bas \\ Direction : Verticale \\ Norme = m \cdot g = 50 \cdot 10 = 500N \end{array} \right.$$

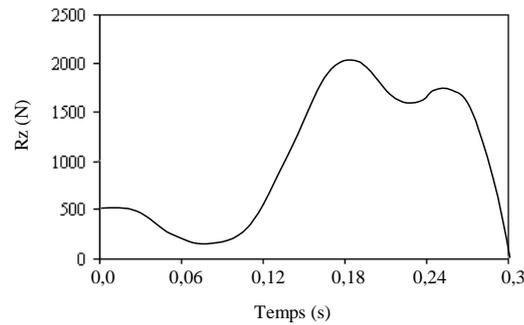
$$\vec{R} \left[\begin{array}{l} PA : Sol/pied \\ Sens : Haut \\ Direction : Verticale \\ Norme = 500 N \end{array} \right.$$

b) Sachant que la surface de contact avec la poutre peut être assimilée à un rectangle de 10 cm sur 30 cm, quelle est la pression exercée sur la poutre ? (1 point)

$$P = \frac{R_y}{S} = \frac{500}{0.1 \cdot 0.3} = 16666 \text{ N/m}^2$$

Question 2 : (3,5 points)

Toujours en position ①, la gymnaste prend son élan pour exécuter l'exercice. Le temps d'impulsion est de 0,3 s. Le graphe ci-dessous représente la relation entre la composante verticale de la réaction du sol et le temps au cours de l'impulsion.



- a) Quelle méthode utiliseriez-vous pour calculer graphiquement la valeur de l'impulsion ? Justifier votre réponse. (1 point)

L'impulsion peut être obtenue en calculant l'aire sous la courbe

- b) Sachant que la valeur moyenne de la composante verticale au cours de l'impulsion est de 1300 N, calculer la valeur de l'impulsion. (1 point)

$$I = R \cdot t = 1300 \cdot 0,3 = 390 \text{ N}\cdot\text{s}$$

- c) A l'instant $t = 0,18 \text{ s}$, la réaction verticale du sol a pour valeur 2000 N. En déduire l'accélération verticale du centre de gravité de la gymnaste à cet instant. (1,5 points)

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

$$\Rightarrow m\vec{g} + \vec{R} = m \cdot \vec{a}$$

$$\Rightarrow \vec{g} + \frac{\vec{R}}{m} = \vec{a}$$

$$\Rightarrow a_y = g_y + \frac{R_y}{m} = -10 + \frac{2000}{50} = 30 \text{ m/s}^2$$

Question 3 : (5 points)

A l'instant du décollage, la vitesse initiale de la gymnaste est de $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. L'angle d'envol est de 60° . La position à l'instant du décollage (position ①) est identique à celle de l'atterrissage (position ③).

- a) Déterminer l'équation de la trajectoire. Quelle est sa forme ? (1,5 points)

$$\vec{OM} = 0,5 \cdot \vec{g} \cdot t^2 + \vec{V0} \cdot t$$

$$\Rightarrow x = V0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t$$

$$\Rightarrow y = 0,5 \cdot g_y \cdot t^2 + V0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t$$

$$\Rightarrow t = \frac{x}{V0 \cdot \cos(\alpha)}$$

$$\Rightarrow y = 0,5 \cdot g_y \cdot \left(\frac{x}{V0 \cdot \cos(\alpha)}\right)^2 + V0 \cdot \sin(\alpha) \cdot \left(\frac{x}{V0 \cdot \cos(\alpha)}\right)$$

$$\Rightarrow y = 0,5 * g_y * \left(\frac{x}{V_0 * \cos(\alpha)} \right)^2 + x * \tan(\alpha)$$

C'est une parabole

b) Quelle est la distance parcourue au cours de la phase de vol ? (1,5 points)

A la portée, on cherche x pour y=0

$$0 = 0,5 * g_y * \left(\frac{x}{V_0 * \cos(\alpha)} \right)^2 + x * \tan(\alpha)$$

$$\Rightarrow 0 = x * \left(0,5 * g_y * \left(\frac{x}{V_0^2 * \cos(\alpha)^2} \right) + \tan(\alpha) \right)$$

$$\Rightarrow 0,5 * g_y * \left(\frac{x}{V_0^2 * \cos(\alpha)^2} \right) + \tan(\alpha) = 0$$

$$\Rightarrow x = \frac{-\tan(\alpha)}{0,5 * g_y} * V_0^2 * \cos(\alpha)^2$$

$$\Rightarrow x = \frac{-\sin(\alpha)}{\cos(\alpha) * 0,5 * g_y} * V_0^2 * \cos(\alpha)^2$$

$$\Rightarrow x = \frac{-2 * \sin(\alpha)}{g_y} * V_0^2 * \cos(\alpha)$$

$$\Rightarrow x = \frac{-\sin(2\alpha) * V_0^2}{g_y}$$

$$\Rightarrow x = \frac{-\sin(2 * \pi/3) * (18/3.6)^2}{-10}$$

c) Quelle est la hauteur maximale (position ②) atteinte par la gymnaste au cours de la phase de vol ? (1,5 points)

$$\vec{V} = \vec{g} * t + \vec{V_0}$$

$$V_y = g_y * t + V * \sin(\alpha)$$

A la flèche $V_y = 0$; donc

$$0 = g_y * t + V_0 * \sin(\alpha)$$

$$t = \frac{-V_0 * \sin(\alpha)}{-10}$$

$$y = 0,5 * g_y * \left(\frac{-V_0 * \sin(\alpha)}{g_y} \right)^2 + V_0 * \sin(\alpha) * \left(\frac{-V_0 * \sin(\alpha)}{g_y} \right)$$

$$y = -0,5 * \left(\frac{V_0^2 * \sin(\alpha)^2}{g_y} \right)$$

$$y = -0,5 * \left(\frac{(18/3.6)^2 * \sin(\pi/3)^2}{-10} \right)$$

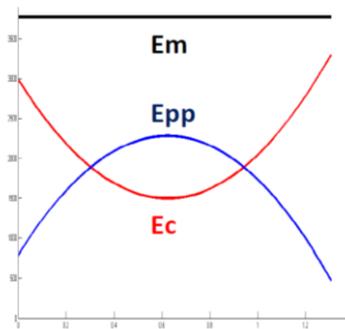
d) Quel est le centre de rotation de la gymnaste au cours de l'exécution du salto ? (0,5 point)

Son centre de gravité

Question 4 : (3,5 points)

Analyser l'évolution de l'énergie mécanique, cinétique et potentielle de la gymnaste au cours de la phase d'impulsion et celle de vol. Aucune application numérique n'est demandée

En phase de vol, sans frottements, on a une conservation de l'énergie mécanique donc on obtient $E_m = E_c + E_{pp} = \text{constante}$



Question 5 : (5 points)

Une gymnaste fait un passage au ballon. A l'instant du lancé, la gymnaste envoie le ballon trop vers l'avant. Quelle solution aurait pu envisagée cette gymnaste pour que son ballon revienne tout de même à la position initiale du lancé. Vous justifierez votre réponse en caractérisant les forces appliquées au ballon au cours de sa phase de vol.

Il aurait fallu engendrer une rotation arrière afin de créer un effet Magnus avec une force de portance allant vers l'arrière

