Institut Villebon Georges Charpak 2022-2023
Sciences et Sport

INTERROGATION - PHYSIQUE

Mercredi 19 octobre 2022

Durée : 30 min (40 min pour les tiers-temps)

Exercice 1 : Questions de cours (6 points)

1/ Définir le moment cinétique d'un système. $\overrightarrow{L} = m\overrightarrow{r} \wedge \overrightarrow{v}$

2/ Définir le moment d'inertie d'un système. $I = \sum_i m_i r_i^2$

3/ Définir le moment d'une force s'exerçant sur un système. $\overrightarrow{\Gamma}_{\overrightarrow{F}} = \overrightarrow{r} \wedge \overrightarrow{F}$

4/ Énoncer le théorème de l'énergie cinétique. La variation d'énergie cinétique d'un mobile entre deux points A et B est égale à la somme des travaux des forces extérieures s'appliquant sur le mobile sur le trajet considéré : $\Delta E_m = \Sigma W_{\overrightarrow{F}_{ext}}$.

5/ Énoncer le théorème de l'énergie mécanique. La variation d'énergie mécanique d'un mobile entre deux points A et B est égale à la somme des travaux des forces non conservatives s'appliquant sur le mobile sur le trajet considéré : $\Delta E_m = \Sigma W_{\overrightarrow{F}_{non\,cons}}$.

6/ Énoncer le théorème du moment cinétique. $\frac{d\overrightarrow{L}}{dt} = \sum \overrightarrow{\Gamma}_{\overrightarrow{F}_{ext}}$

Exercice 2 : Calcul (5 points)

Suivant les cas, $(\overrightarrow{u}_x, \overrightarrow{u}_y, \overrightarrow{u}_z)$ et $(\overrightarrow{u}_r, \overrightarrow{u}_\theta, \overrightarrow{u}_z)$ sont des bases orthonormées directes. Dans les calculs, vous ferez attention à ne pas confondre produit vectoriel et produit scalaire !

1/ $2\overrightarrow{u}_x \wedge 5\overrightarrow{u}_z$ $-10\overrightarrow{u}_y$

2/ $(\overrightarrow{u}_y + 3\overrightarrow{u}_x) \wedge \overrightarrow{u}_x$ $-\overrightarrow{u}_z$

3/ $(2\overrightarrow{u}_x + 6\overrightarrow{u}_y + 2\overrightarrow{u}_z) . \overrightarrow{u}_x$ 2

4/ $\overrightarrow{u}_\theta \wedge 6\overrightarrow{u}_z$ $6\overrightarrow{u}_r$

5/ $\overrightarrow{u}_r \wedge (\overrightarrow{u}_r - 2\overrightarrow{u}_\theta + 5\overrightarrow{u}_z)$ $-2\overrightarrow{u}_z - 5\overrightarrow{u}_\theta$

Exercice 3 : Lancer de baseball (6 points)

Un joueur de baseball doit être bon en lancer de balle. On va d'abord établir l'équation du mouvement d'une balle de baseball ainsi lancée, avant d'analyser un des meilleurs lancers connus de l'histoire du baseball. On considère qu'une balle de masse m (figure 1) est lancée à $t = 0$ depuis une hauteur H_0, avec une vitesse $\overrightarrow{v}_0 = v_{0x}\overrightarrow{u}_x + v_{0z}\overrightarrow{u}_z$ (ici, v_{0x} et v_{0z} sont des quantités positives, donc attention aux signes !). Le lancer a lieu à l'abscisse $x = 0$.

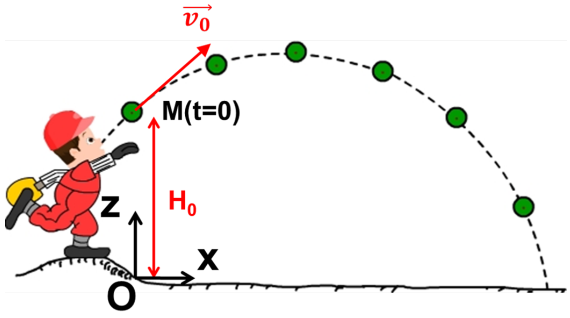

FIGURE 1 – Lancer de balle par un joueur de baseball. Source : Bartleby.

1/ Déterminer la trajectoire ($x(t)$ et $z(t)$) de la balle dans le plan (Oxz), en fonction de H_0, la gravité g, $v_{0,x}$ et $v_{0,z}$. $x(t) = v_{0x}t$ et $z(t) = H_0 + v_{0z}t - \frac{1}{2}gt^2$.

2/ Un des meilleurs lancers de baseball a été effectué par Jose Guillen le 27 avril 1998. La trajectoire de la balle a été analysée et est donnée figure 2. Le temps total entre le lancer et le moment où la balle retombe à terre est de $t_F = 3,05$ s. À partir du graphe donné figure 2 :

a. Déterminer v_{0x}. $v_{0x} = 102/3.05 \simeq 33.4$ m/s.

b. Déterminer H_0. $H_0 = 1.8$ m

c. Déterminer v_{0z}. $v_{0z} \simeq 14.3$ m/s

d. Calculer quelle est la vitesse v_0 de lancer en m/s puis en km/h. $v_0 = \sqrt{v_{0x} + v_{0z}} \simeq 36$ m/s=131 km/h.

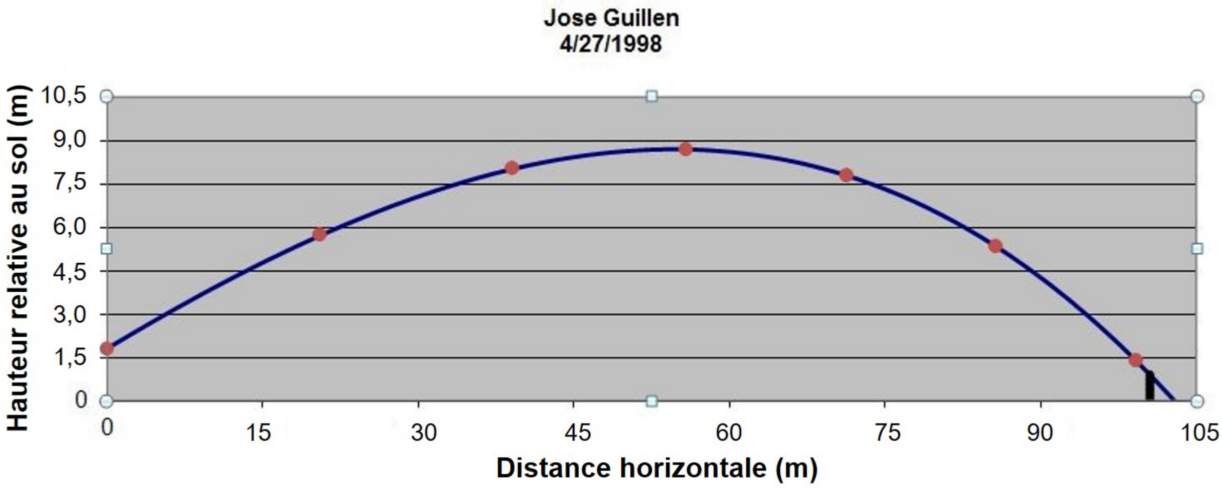

FIGURE 2 – Analyse du lancer de Jose Guillen du 27 avril 1998. Sources : Eric Lang, Hardball Times.

Exercice 4 : Roulette (6 points)

On va étudier le mouvement d'une bille de roulette. Au début du jeu, le croupier lance la bille M, de masse $m = 1$ g, de telle manière à ce qu'elle ait une trajectoire circulaire comme indiqué sur la figure 3. Elle effectue typiquement 2 tours par seconde sur une trajectoire de rayon $r = 25$ cm. On considérera cette vitesse comme constante.

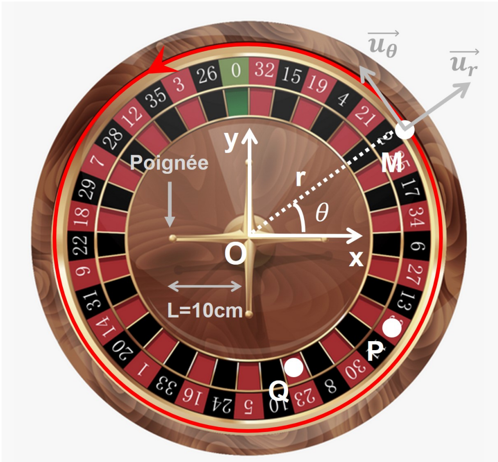

FIGURE 3 – Mouvement d'une bille dans une roulette. Source : Kindpng.

1/ Donner la vitesse angulaire ω de la bille. $\omega = 4\pi = 12.56$ rad/s.

2/ Quel est l'axe de rotation de la bille ? L'axe de rotation est (Oz).

3/ Déterminer l'expression littérale de l'accélération de la bille en fonction des données du problème dans le repère $(\vec{u}_r, \vec{u}_\theta)$. $\vec{a} = -r\dot{\theta}^2\vec{u}_r + r\ddot{\theta}\vec{u}_\theta$.

4/ Que vaut le moment cinétique de la bille par rapport à l'axe $(0z)$? Vous donnerez d'abord l'expression littérale en fonction des données du problème, puis la valeur numérique (!! Attention aux conversions !!). $\vec{L} = mr^2\dot{\theta}\vec{u}_z = 7.85 \times 10^{-4}$ kg.m^2/s.

5/ On remplace maintenant la bille par une balle de masse $m' = 1kg$, au repos par rapport à la roulette qui est, elle, de masse négligeable. Le croupier veut mettre en mouvement la roulette avec la balle.

a. Quel est l'expression littérale du moment du poids de la balle si elle est à une distance r de O ? $\vec{\Gamma}_{\vec{P}} = r\vec{u}_r \wedge (-mg)\vec{u}_z = mgr\vec{u}_\theta$.

b. Quelle force doit exercer le croupier sur la poignée située à une distance $L = 10$ cm de O (figure 3) ? Il doit exercer une force telle que $\vec{r} \wedge \vec{F} = L\vec{u}_r \wedge \vec{F} = -\Gamma_{\vec{P}}$, soit $F = mg\frac{r}{L}\vec{u}_z$.

c. Est ce qu'il est plus facile pour le croupier de faire tourner la roulette avec la balle si celle-ci est en M ? en P ? en Q ? Le moment du poids de la balle est d'autant plus grand qu'elle est éloignée du centre de rotation. Le croupier devra fournir d'autant plus de force. Donc il est plus facile de mettre en mouvement l'ensemble si la masse est en Q, puis en P, enfin en M.