Institut Villebon Georges Charpak 2025-2026
Sciences et Sport

INTERROGATION - PHYSIQUE

Lundi 20 octobre 2025

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

Exercice 1 : Questions de cours (5 points)

1/ Énoncer le théorème de l'énergie cinétique. La variation d'énergie cinétique est égale à la somme des travaux des forces extérieures : $\Delta E_c = \sum W_{F_{ext}}$.

2/ Énoncer le principe d'inertie. Un système pseudo-isolé reste au repos s'il est initialement au repos, ou est animé d'un mouvement rectiligne uniforme s'il est initialement en mouvement.

3/ Définir le travail élémentaire δW d'une force $\overrightarrow{F}$ lors de son déplacement. $\delta W_F = \overrightarrow{F}.\overrightarrow{dr}$.

4/ Définir le moment d'inertie d'un solide en rotation. $I = \sum_i m_i r_i^2$.

5/ Définir l'énergie cinétique d'un système. $E_c = mv^2/2$.

Exercice 2 : Gum gum bazooka (6 points)

Dans *One Piece*, Luffy se sert de ses bras comme d'une arme redoutable. À un moment, il envoie le clown Buggy loin d'Orange Town. On va étudier à quelle vitesse $\overrightarrow{v}_0$ il doit éjecter Buggy pour faire cela. On suppose que Luffy frappe Buggy à l'instant $t = 0$, au sol (à une hauteur $H_0 = 0$ m), et avec un angle $\alpha = 40^o$. Buggy s'envole et on va supposer qu'il atterrit à une distance de 100 km (figure 1). On néglige les frottements.

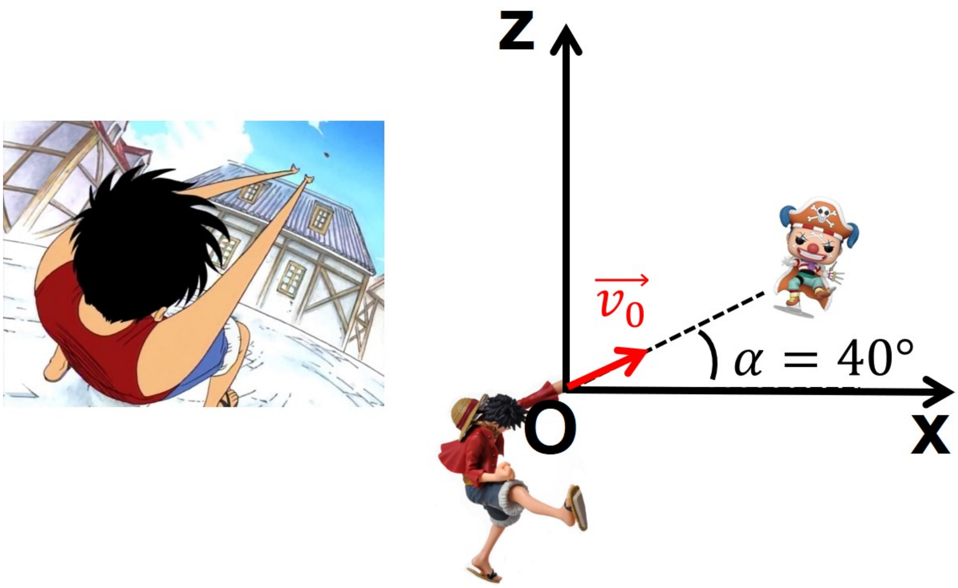

FIGURE 1 – Luffy donne un coup de poing à Buggy qui s'envole. Source : Onepiecemdl, Ebenwald, Darty.

1/ Déterminer l'expression littérale de la trajectoire ($x(t)$ et $z(t)$) de Buggy dans le plan (Oxz) en fonction des données du problème. $x(t) = v_0 t \cos\alpha$ et $z(t) = -gt^2/2 + v_0 t \sin\alpha$.

2/ On suppose que la région d'Orange Town est plate et que Buggy atterrit à l'altitude $z = 0$. Exprimer la distance D à laquelle il retombe. On a $z = 0$ pour $t = 2v_0 \sin\alpha/g$. D'où $D = 2v_0^2 \sin\alpha\cos\alpha/g$.

3/ Calculer numériquement la norme de la vitesse initiale $\overrightarrow{v}_0$ pour que Buggy puisse atteindre D ($g =$ 9,8 m.s^{-2}) ? $v_0 = \sqrt{Dg/(2\sin\alpha\cos\alpha)} = 997$ m.s^{-1} $= 3591$ km.h^{-1}. Luffy est très très fort.

4/ Énoncer le théorème de l'énergie mécanique. La variation d'énergie mécanique est égale à la somme des travaux des forces non conservatives.

5/ Quelle est la hauteur maximale atteinte par Buggy ? En l'absence de frottements, on a conservation de l'énergie mécanique entre $t = 0$ et l'instant t_1 où Buggy atteint sa hauteur maximale : $mv_0^2/2 = mgH_{max} + (mv_0^2\cos\alpha)/2$. D'où $H_{max} = v_0^2\sin^2\alpha/(2g) = 21$ km. C'est beaucoup...

Exercice 3 : 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/ $2\overrightarrow{u}_z \wedge (-3\overrightarrow{u}_y)$ $= 6\overrightarrow{u}_x$.

2/ $(\overrightarrow{u}_y + 4\overrightarrow{u}_z) \wedge (5\overrightarrow{u}_x - 3\overrightarrow{u}_z)$ $= -3\overrightarrow{u}_x - 20\overrightarrow{u}_y - 5\overrightarrow{u}_z$.

3/ $(2\overrightarrow{u}_x - 2\overrightarrow{u}_y + 5\overrightarrow{u}_z) . \overrightarrow{u}_y$ $= -2$.

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

5/ $(5\overrightarrow{u}_r + \overrightarrow{u}_\theta - 3\overrightarrow{u}_z) \wedge (2\overrightarrow{u}_z)$ $= 2\overrightarrow{u}_r - 10\overrightarrow{u}_\theta$.

Exercice 4 : Roue de Falkirk (8 points)

En Écosse, deux canaux (le Forth and Clyde Canal et l'Union Canal) ont une différence d'altitude de 24 m. La roue de Falkirk est une installation mécanique qui fait passer les bateaux de l'un à l'autre des canaux. La roue est alimentée par un moteur qui la fait tourner d'un demi-tour en 4 minutes. Dans tout le problème, on considérera le repère $(Oxyz)$ comme indiqué figure 2.

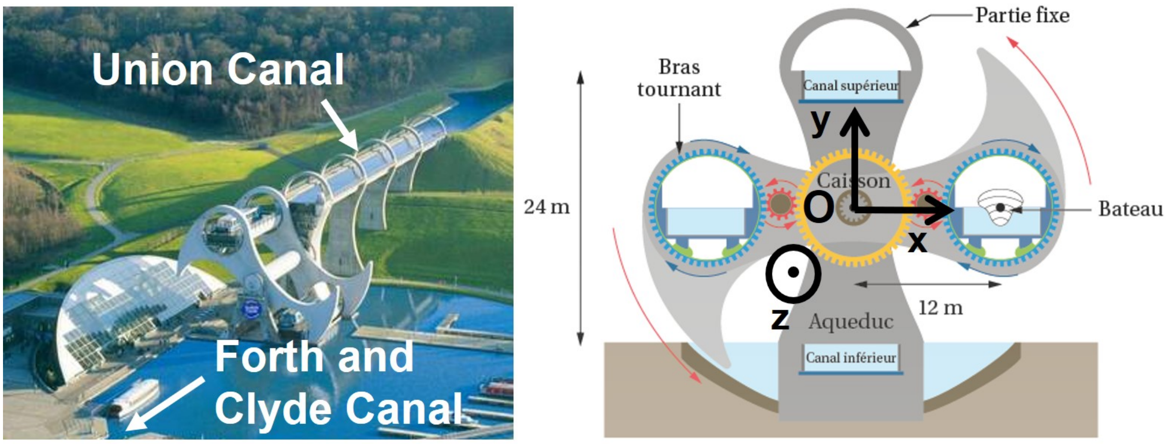

FIGURE 2 – Roue de Falkirk et sa modélisation. Source : Scottish Canals, Annabac.

1/ Quel est l'axe de rotation de la roue ? Oz.

2/ Quelle est la vitesse angulaire ω de la roue lorsqu'elle est en marche ? $\omega = 0.013$ rad.s^{-1}.

3/ Quel est le vecteur rotation de la roue ? $\overrightarrow{\omega} = +\omega\overrightarrow{u}_z$.

4/ Quel est le sens du vecteur rotation de l'engrenage bleu situé autour du logement du bateau ? Il est selon $-\overrightarrow{u}_z$.

5/ Soit B la position du bateau (de masse m) dans un des bras tournants. Quel est son vecteur position $\overrightarrow{OB}$ exprimé dans le repère tournant $(\overrightarrow{u}_r, \overrightarrow{u}_\theta, \overrightarrow{u}_z)$? $\overrightarrow{OB} = R\overrightarrow{u}_r$, avec $R = 12$ m.

6/ Exprimer littéralement le moment cinétique du bateau en fonction des données du problème. $\overrightarrow{L} = mR^2\omega\overrightarrow{u}_z$.

7/ Le moment cinétique de la roue est-il plus grand ou plus petit que celui du bateau ? Il est plus grand car plus massique et une partie esst à une distance plus grande de l'axe de rotation.

8/ On note I le moment d'inertie de la roue. Exprimer le moment cinétique de la roue en fonction de I et ω. $\overrightarrow{L} = I\omega\overrightarrow{u}_z$.

9/ Quelles sont les forces qui s'exercent sur la roue (on néglige les frottements) ? Le moteur, le poids de la roue, le poids du bateau.

10/ Quel est le moment du poids du bateau ? $\overrightarrow{\Gamma} = -Rmg\cos\theta\overrightarrow{u_z}$

11/ Si $\overrightarrow{\Gamma}_m$ est le moment exercé par le moteur, donner la variation du moment cinétique de la roue en fonction des données du problème. $\frac{d\overrightarrow{L}}{dt} = \overrightarrow{\Gamma}_m - Rmg\cos\theta\overrightarrow{u}_z$.

12/ À force de moteur égale, la roue tourne-t-elle plus vite quand le bateau monte ou lorsqu'il descend ? Quand le bateau descend, parce que le moment du poids du bateau aide à la faire tourner plus vite.