CLASSE : Terminale	**EXERCICE 1** : 11 points
VOIE : ☒ Générale	**ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ :** PHYSIQUE-CHIMIE
DURÉE DE L'EXERCICE : 1h45	**CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☒Oui « type collège »

EXERCICE 1 - Autour du basket-ball

1. Étude d'une trajectoire idéale

Q1.

Système {ballon}
Référentiel terrestre supposé galiléen
D'après la deuxième loi de newton :

$$\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}$$
$$\vec{P} = m\vec{a}$$
$$m\vec{g} = m\vec{a}$$
$$\vec{g} = \vec{a}$$

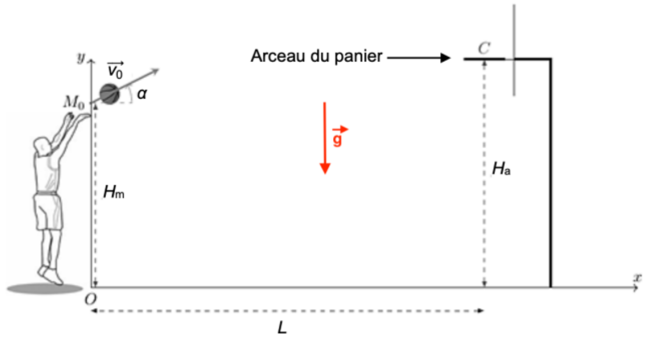

Figure 1. Schéma du lancer-franc considéré juste après que le ballon a quitté la main.

Or

$$\vec{g}\begin{vmatrix} 0 \\ -g \end{vmatrix}$$

Le vecteur accélération du centre d'inertie du solide est égal au vecteur champ de pesanteur.

$$\vec{a}\begin{vmatrix} a_x(t) = 0 \\ a_y(t) = -g \end{vmatrix}$$

Q2.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

On intègre le système d'équation précédent :

$$\vec{v}\begin{vmatrix} v_x(t) = C_1 \\ v_y(t) = -gt + C_2 \end{vmatrix}$$

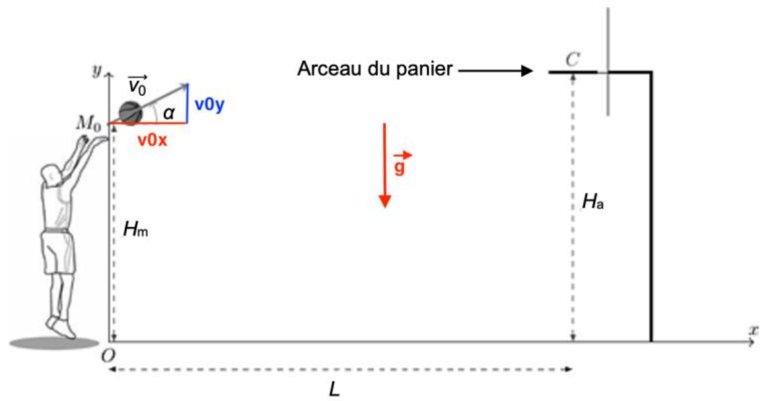

Figure 1. Schéma du lancer-franc considéré juste après que le ballon a quitté la main.

Pour trouver les constantes, on utilise $\vec{v}_0$

$$\vec{v}_0\begin{vmatrix} v_{0x} = v_0 \cos\alpha \\ v_{0y} = v_0 \sin \alpha \end{vmatrix}$$

d'ou

$$\vec{v}\begin{vmatrix} v_x(t) = v_0 \cos\alpha \\ v_y(t) = -gt + v_0 \sin \alpha \end{vmatrix}$$

Q3.

$$\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$$

On intègre le système d'équation précédent :

$$\overrightarrow{OM}\begin{vmatrix} x(t) = v_0 \cos(\alpha) \times t + C_3 \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin(\alpha) \times t + C_4 \end{vmatrix}$$

Pour trouver les constantes, on utilise $\overrightarrow{OM_0}$

$$\overrightarrow{OM_0}\left|\begin{array}{l} x_0 = 0 \\ y_0 = H_m \end{array}\right.$$

d'ou

$$\overrightarrow{OM}\left|\begin{array}{l} x(t) = v_0\cos(\alpha)\times t \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0\sin(\alpha)\times t + H_m \end{array}\right.$$

Q4.

Isolons t :

$$x(t) = v_0\cos(\alpha)\times t$$

$$v_0\cos(\alpha)\times t = x$$

$$t = \frac{x}{v_0\cos(\alpha)}$$

Remplaçons t dans y :

$$y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0\sin(\alpha)\times t + H_m$$

$$y(x) = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0\cos(\alpha)}\right)^2 + v_0\sin(\alpha)\times\frac{x}{v_0\cos(\alpha)} + H_m$$

$$y(x) = -\frac{1}{2}g\times\frac{x^2}{v_0^2\cos^2(\alpha)} + \tan(\alpha)\times x + H_m$$

$$y(x) = -\frac{g}{2\times v_0^2\times\cos^2(\alpha)}\times x^2 + x\times\tan(\alpha) + H_m$$

Q5.

Un tir est considéré comme parfait lorsque le centre de masse M du ballon passe par le centre C de l'arceau du panier, le ballon ne touchant pas le bord de l'arceau :

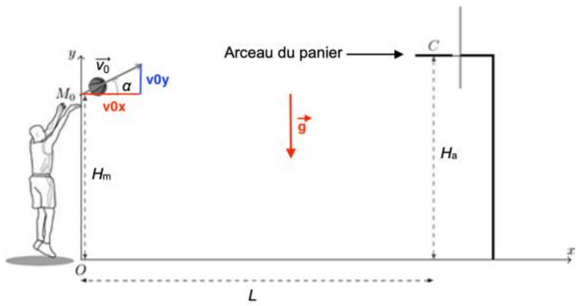

Figure 1. Schéma du lancer-franc considéré juste après que le ballon a quitté la main.

$x_c = L$ et $y_c = H_a$

$$y(x) = -\frac{g}{2\times v_0^2\times\cos^2(\alpha)}\times x^2 + x\times\tan(\alpha) + H_m$$

$$y_c = -\frac{g}{2\times v_{0c}^2\times\cos^2(\alpha)}\times {x_c}^2 + x_c\times\tan(\alpha) + H_m$$

$$H_a = -\frac{g}{2\times v_{0c}^2\times\cos^2(\alpha)}\times L^2 + L\times\tan(\alpha) + H_m$$

$$H_a - L\times\tan(\alpha) - H_m = -\frac{g}{2\times v_{0c}^2\times\cos^2(\alpha)}\times L^2$$

$$(H_a - L\times\tan(\alpha) - H_m)\times v_{0c}^2 = -\frac{g}{2\times\cos^2(\alpha)}\times L^2$$

$$v_{0c}^2 = -\frac{g}{(H_a - L\times\tan(\alpha) - H_m)\times 2\times\cos^2(\alpha)}\times L^2$$

$$v_{0c} = \sqrt{-\frac{g}{(H_a - L\times\tan(\alpha) - H_m)\times 2\times\cos^2(\alpha)}\times L^2}$$

On rentre le signe négatif dans la parenthèse du bas :

$$v_{0c} = \sqrt{\frac{g}{(-H_a + L\times\tan(\alpha) + H_m)\times 2\times\cos^2(\alpha)}\times L^2}$$

$$v_{0c} = \sqrt{\frac{g\times L^2}{2\times\cos^2(\alpha)\times(L\times\tan(\alpha) + H_m - H_a)}}$$

Q6.

Calculons cette vitesse :

$$v_{0c} = \sqrt{\frac{g \times L^2}{2 \times \cos^2(\alpha) \times (L \times \tan(\alpha) + H_m - H_a)}}$$

$$v_{0c} = \sqrt{\frac{9{,}8 \times 4{,}6^2}{2 \times \cos^2(49{,}5) \times (4{,}6 \times \tan(49{,}5) + 2{,}30 - 3{,}05)}}$$

$$v_{0c} = 7{,}3\ m.s^{-1}$$

Q7.

Si le joueur est placé à la distance L = 2,0 m, l'angle initial à choisir pour communiquer au ballon la vitesse initiale minimale v_{0c} = 5,32 m.s^{-1}, est α = 55,5°.

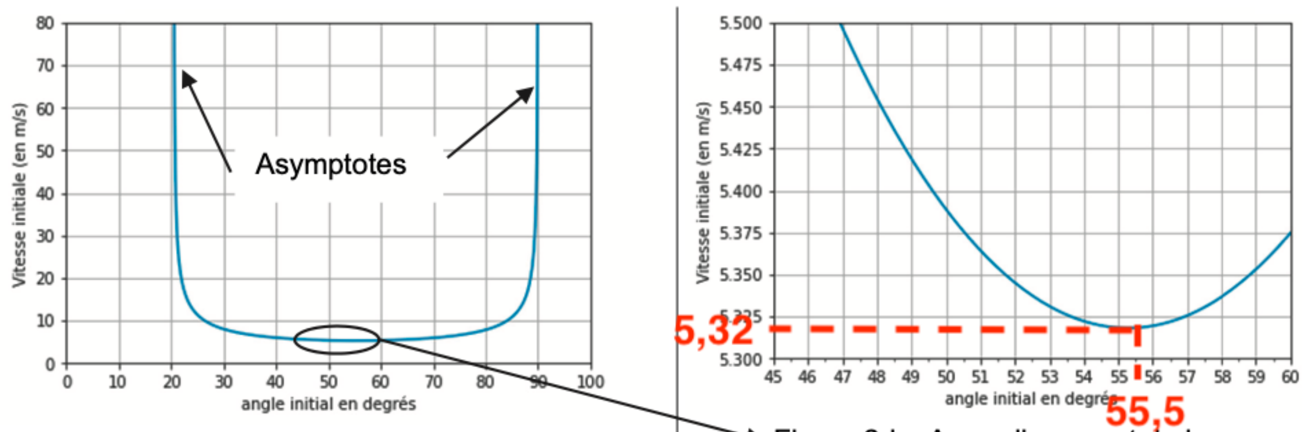

Figure 2-a. Vitesse initiale à donner au ballon à une distance *L* = 2 m pour qu'il atteigne le centre C de l'arceau en fonction de l'angle initial

Figure 2-b. Agrandissement de la zone entourée de la figure 2-a

Ce tir à la distance L = 2,0 m est plus proche que le précédent (4,6m). C'est pourquoi il faut tirer avec un angle plus grand et avec une vitesse plus faible.

Q8.

Plus le lancer se fait vers la verticale, plus la vitesse à donner doit être grande.
Lorsque l'angle de tir initial se rapproche de 90°, il n'y a pas de vitesse horizontale, le ballon n'avance pas. C'est pourquoi la courbe de la vitesse en fonction de l'angle initial tend vers une asymptote car même avec une vitesse infinie le ballon n'atteindra jamais l'arceau.

Q9.

L'arceau est à une hauteur Ha et ne pas passer au-dessus signifie que l'altitude « y » doit être inférieur à Ha.
Ainsi, le code qu'il convient d'écrire pour compléter la ligne 82, afin qu'elle permette de vérifier la condition « le ballon ne passe pas au-dessus de l'arceau » est :

```
max(y)< Ha
```

Q10.

Condition 2 : un ballon qui rebondit sur le bord du panier avant d'en atteindre le centre ne donne pas un tir parfait.
`d_bord(x,y)` est la distance entre le centre de masse du ballon et le bord de l'arceau.
Pour que le tir soit parfait et que le ballon ne touche pas l'arceau, la distance `d_bord(x,y)` doit être plus grande que le rayon du ballon.
Ainsi, les lignes 89 à 92 permettent de tester la condition 2.

Q11.
Un site internet spécialisé dans le basket-ball donne le conseil suivant : « privilégier un angle de tir entre 47° et 55° par rapport à l'horizontale. On préconise les tirs en cloche de façon à avoir une exploitation maximale de la surface du panier »
D'après la question : « l'angle initial minimal pour réaliser un tir parfait au lancer-franc est voisin de 45° ». Cette valeur est en accord au regard des conseils fournis par le site internet cité en début d'exercice.

2. Étude du dribble et du rebond du ballon

Q12.
Lors de la chute d'une balle, son énergie potentielle de pesanteur Epp=mgz diminue car son altitude z diminue.
Ainsi, la courbe ▲ (courbe 2) est celle de l'énergie potentielle de pesanteur.

Lors de la chute d'une balle, sa vitesse augmente, son énergie cinétique Ec=1/2mv^2 augmente. De plus, le ballon est lâché, sans vitesse initiale, l'énergie cinétique initiale est donc nulle.
Ainsi, la courbe **x** (courbe 3) est celle de l'énergie cinétique.

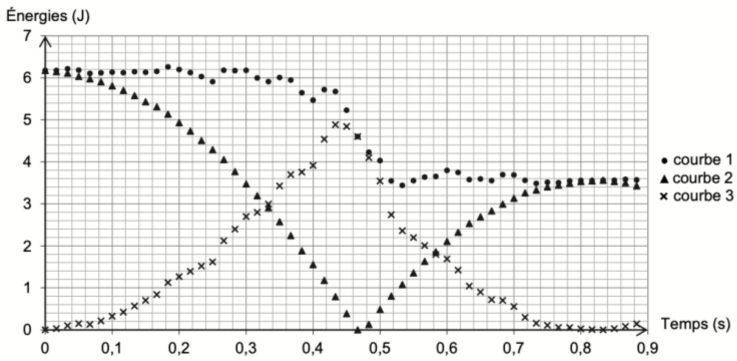

Figure 4. Évolution des énergies au cours du temps

L'énergie mécanique Em est la somme de l'énergie cinétique et potentielle de pesanteur. La courbe la représentant est donc supérieure aux deux autres courbes.
Ainsi, la courbe ● (courbe 1) est celle de l'énergie mécanique.

Q13.
Avant le rebond :
$\mathrm{Em}_{avant} = 6{,}2 \text{ J}$

Après le rebond :
$\mathrm{Em}_{apres} = 3{,}6 \text{ J}$

Calculons l'énergie perdue par le ballon :
$\mathrm{Em}_{perdue} = \mathrm{Em}_{avant} - \mathrm{Em}_{apres}$
$\mathrm{Em}_{perdue} = 6{,}2 - 3{,}6$
$\mathrm{Em}_{perdue} = 2{,}6 \text{ J}$

Ainsi, l'énergie perdue par le ballon lors du rebond est voisine de 2,5 J.

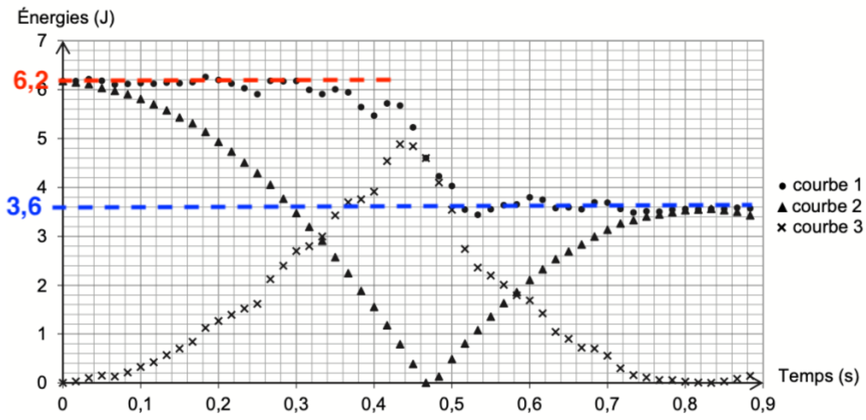

Figure 4. Évolution des énergies au cours du temps

Q14.
En dehors du moment où le ballon rebondit, l'énergie mécanique est quasiment constante.
Ainsi, il est raisonnable dans cette étude de négliger les frottements en dehors du moment où le ballon rebondit.

Q15.

Pour que le ballon remonte au moins à cette même hauteur, il faut lui donner une énergie cinétique qui compense l'énergie perdue par le rebond.

$$Ec = \mathrm{Em}_{perdue}$$

$$\frac{1}{2} \times m \times v_i^2 = \mathrm{Em}_{perdue}$$

$$v_i^2 = \frac{2 \times \mathrm{Em}_{perdue}}{m}$$

$$v_i = \sqrt{\frac{2 \times \mathrm{Em}_{perdue}}{m}}$$

$$v_i = \sqrt{\frac{2 \times 2{,}6}{600 \times 10^{-3}}}$$

$$v_i = 2{,}9\ \mathrm{m.s^{-1}}$$

3. Entendre l'arbitre lors d'un match

Q16.

D'après la question, le bruit ambiant est de l'ordre de 80 dB.

Or, d'après l'énoncé, On admet que l'on peut distinguer un son très bref et aigu du bruit ambiant si son niveau sonore est supérieur d'au moins 3 dB à celui du bruit ambiant.

Le joueur le plus éloigné sur le terrain doit percevoir le son du sifflet.

Ainsi, le niveau d'intensité sonore pour le joueur le plus éloigné sur le terrain est L_1 =80+3= 83 dB.

Exprimons l'intensité sonore I_1 correspondante :

$$\mathrm{L} = 10 \log\left(\frac{\mathrm{I}}{\mathrm{I_0}}\right)$$

$$10 \log\left(\frac{\mathrm{I}}{\mathrm{I_0}}\right) = \mathrm{L}$$

$$\log\left(\frac{\mathrm{I}}{\mathrm{I_0}}\right) = \frac{\mathrm{L}}{10}$$

$$\frac{\mathrm{I}}{\mathrm{I_0}} = 10^{\frac{\mathrm{L}}{10}}$$

$$\mathrm{I} = \mathrm{I_0} \times 10^{\frac{\mathrm{L}}{10}}$$

$$\mathrm{I_1} = \mathrm{I_0} \times 10^{\frac{\mathrm{L_1}}{10}}$$

Exprimons la puissance sonore P :

$$\mathrm{I} = \frac{\mathrm{P}}{4 \times \pi \times \mathrm{d}^2}$$

$$\mathrm{I_1} = \frac{\mathrm{P}}{4 \times \pi \times \mathrm{d_1^2}}$$

$$\frac{\mathrm{P}}{4 \times \pi \times \mathrm{d_1^2}} = \mathrm{I_1}$$

$$\mathrm{P} = 4 \times \pi \times \mathrm{d_1^2} \times \mathrm{I_1}$$

$$\mathrm{P} = 4 \times \pi \times \mathrm{d_1^2} \times \mathrm{I_0} \times 10^{\frac{\mathrm{L_1}}{10}}$$

Exprimons l'intensité sonore I_2 au niveau du joueur remplaçant assis sur un banc au bord du terrain :

$$I = \frac{P}{4 \times \pi \times d^2}$$

$$I_2 = \frac{P}{4 \times \pi \times d_2^2}$$

Or

$$P = 4 \times \pi \times d_1^2 \times I_0 \times 10^{\frac{L_1}{10}}$$

Ainsi,

$$I_2 = \frac{4 \times \pi \times d_1^2 \times I_0 \times 10^{\frac{L_1}{10}}}{4 \times \pi \times d_2^2}$$

$$I_2 = \frac{d_1^2 \times I_0 \times 10^{\frac{L_1}{10}}}{d_2^2}$$

Calculons le niveau d'intensité sonore au niveau du joueur remplaçant assis sur un banc au bord du terrain :

$$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$L_2 = 10 \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right)$$

$$L_2 = 10 \log\left(\frac{\frac{d_1^2 \times I_0 \times 10^{\frac{L_1}{10}}}{d_2^2}}{I_0}\right)$$

$$L_2 = 10 \log\left(\frac{d_1^2 \times I_0 \times 10^{\frac{L_1}{10}}}{I_0 \times d_2^2}\right)$$

$$L_2 = 10 \log\left(\frac{d_1^2 \times 10^{\frac{L_1}{10}}}{d_2^2}\right)$$

$$L_2 = 10 \log\left(\frac{20^2 \times 10^{\frac{83}{10}}}{1{,}0^2}\right)$$

$$L_2 = 109 \text{ dB}$$

D'après la figure 5, le seuil de danger est de 90 dB.

Le niveau d'intensité sonore au niveau du joueur remplaçant assis sur un banc au bord du terrain est supérieur au seuil de danger.

Ainsi, le joueur remplaçant doit porter des protections auditives.

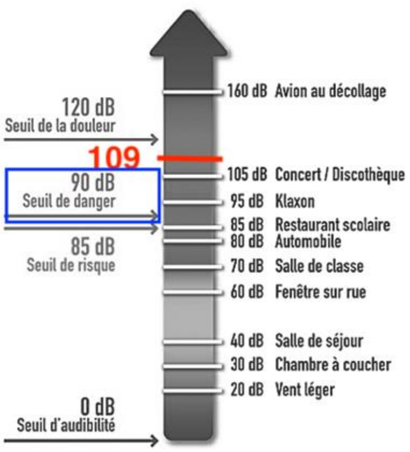

Figure 5. Échelle des niveaux d'intensité sonore perçus par l'oreille (source *mur-silenzo.com*)