Exercice 1 – Jeu d'évasion (11 points)

Le jeu d'évasion, plus connu sous le nom *Escape Game* est un type de jeu de rôle grandeur nature scénarisé. Les joueurs évoluent généralement dans un lieu clos et thématisé en résolvant des énigmes dans un temps imparti pour accomplir la mission.

Le but de cet exercice est d'analyser trois situations pouvant être rencontrées dans un jeu d'évasion.

Partie 1 – Cible à atteindre

Une mission récurrente consiste à déverrouiller la porte de sortie d'une salle. Dans cette partie, l'ouverture de la porte se réalise lorsqu'un projectile lancé par la réplique miniature d'un canon pénètre une serrure et en débloque le mécanisme. Pour cela, les joueurs doivent régler la hauteur H_T d'une table sur laquelle est posé le canon (figure 1). Cette hauteur peut varier entre 40 et 80 cm.

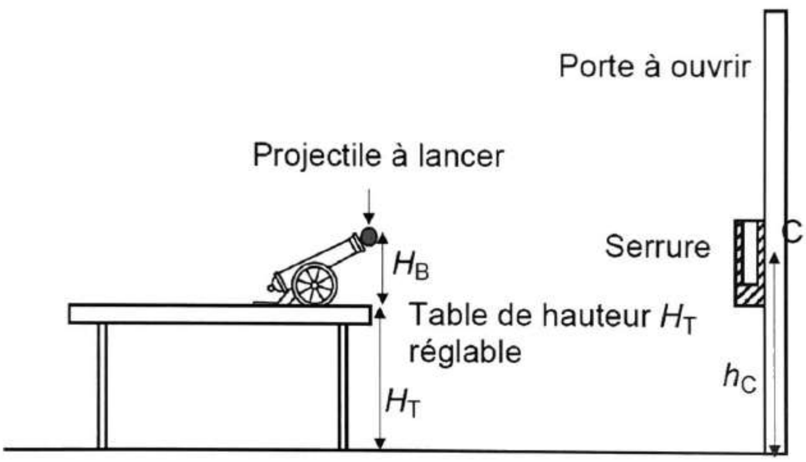

Figure 1 : Dessin d'ensemble (échelle non respectée)

On étudie le mouvement du centre de masse M du projectile de masse m dans le référentiel de la pièce supposé galiléen. On considère que lorsque le boulet est sorti du canon, il n'est soumis qu'à son poids (figure 2).

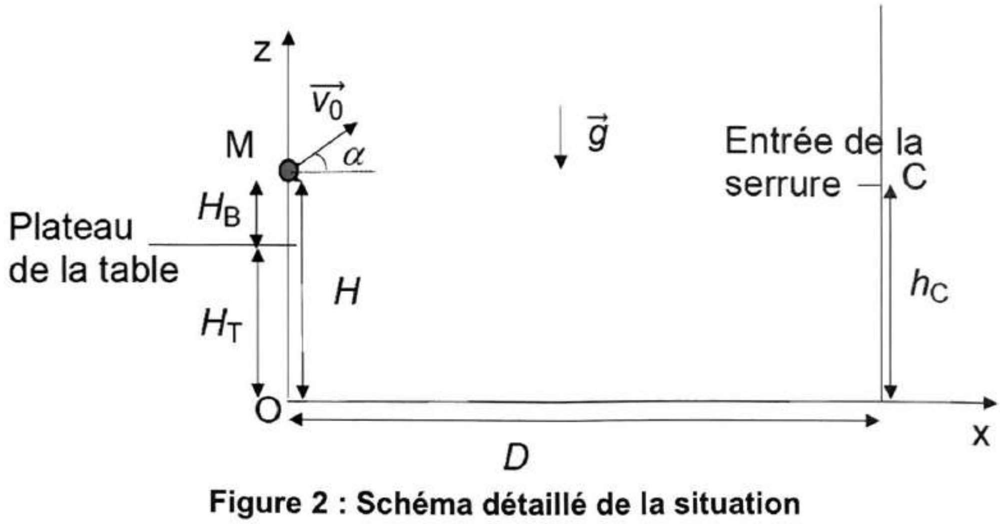

Figure 2 : Schéma détaillé de la situation

<u>**Données**</u> :

- Intensité de la pesanteur : g = 9,81 m·s^{-2}
- Masse du projectile : m = 100 g
- Angle d'inclinaison fixe du canon par rapport à l'horizontale : α = 43,0°
- Valeur de la vitesse initiale du projectile : v_0 = 5,60 m·s^{-1}
- Distance entre la table et la serrure : D = 3,00 m
- Hauteur entre la sortie du canon et le dessus de la table : H_B = 30,0 cm
- Hauteur entre le sol et l'entrée de la serrure : h_C = 1,00 m
- Hauteur de la table : H_T
- Hauteur entre la sortie du canon et le sol : $H = H_T + H_B$

Q1- Exprimer les coordonnées du vecteur accélération du centre de masse M du projectile en appliquant la deuxième loi de Newton.

Q2- Montrer que les équations horaires de son mouvement sont :

$$\overrightarrow{\mathrm{OM}}(t)\begin{pmatrix} \mathrm{x}(t) = v_0\cdot\cos(\alpha)\cdot t \\ \mathrm{z}(t) = -\frac{1}{2}\cdot g\cdot \mathrm{t}^2+v_0\cdot\sin(\alpha)\cdot t + H \end{pmatrix}$$

Q3- En déduire que l'équation de la trajectoire du centre de masse M peut s'écrire :

$$\mathrm{z(x)} = -\frac{g}{2\cdot v_0^2\cdot\cos^2(\alpha)}\cdot \mathrm{x}^2+\tan(\alpha)\cdot \mathrm{x} + H$$

La serrure se débloque si le centre de masse M du projectile passe par le centre C de l'entrée de la serrure.

Q4- Déterminer et calculer la valeur de la hauteur H_T de la table à régler pour débloquer la serrure.

Pour répondre à cette question, le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Partie 2 – Résistance à régler

Pour obtenir un indice nécessaire à la poursuite du jeu, les joueurs doivent ouvrir un coffre-fort. Ce dernier ne s'ouvre que si l'aiguille d'une horloge initialement mise à 0 s'arrête sur la graduation 14 s du cadran.

La durée de rotation de l'aiguille est commandée par un circuit électrique dont le schéma est donné sur la figure 3 ci-après. L'objectif pour les participants est de déterminer la valeur R du conducteur ohmique pour que l'aiguille se déplace pendant exactement 14 s. Ils choisissent R grâce à une résistance variable. Tout échec réinitialise l'horloge à la position 0.

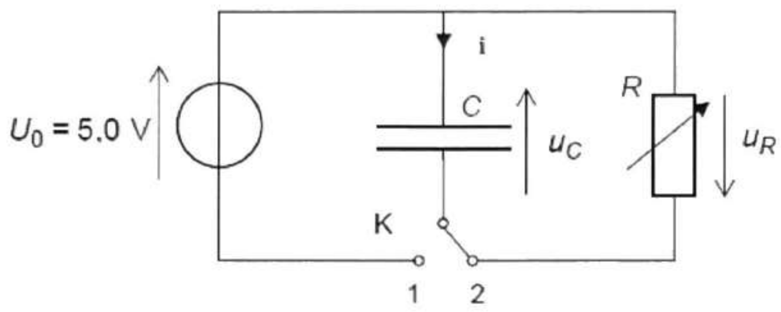

Figure 3 : Schéma du circuit électrique

Le condensateur est initialement chargé : sa tension vaut U_0 = 5,0 V. À t = 0 s, on bascule l'interrupteur K de la position 1 à la position 2 : le condensateur de capacité C = 47 µF se décharge au travers d'un conducteur ohmique de résistance R de valeur ajustable.

La rotation de l'aiguille débute lorsque $u_C = 4{,}0$ V et s'arrête lorsque $u_C = 1{,}0$ V.

Q5- Montrer que l'équation différentielle modélisant l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur lors de sa décharge s'écrit :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{\tau}u_C = 0$$

où τ est une constante de temps dont on donnera l'expression en fonction de R et de C.

Q6- Vérifier que cette équation différentielle admet une solution de la forme :

$$u_C(t) = A \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

où A est une constante dont on donnera l'expression en fonction des paramètres du circuit électrique.

La figure 4 représente des courbes de décharge obtenues expérimentalement pour différentes valeurs de R.

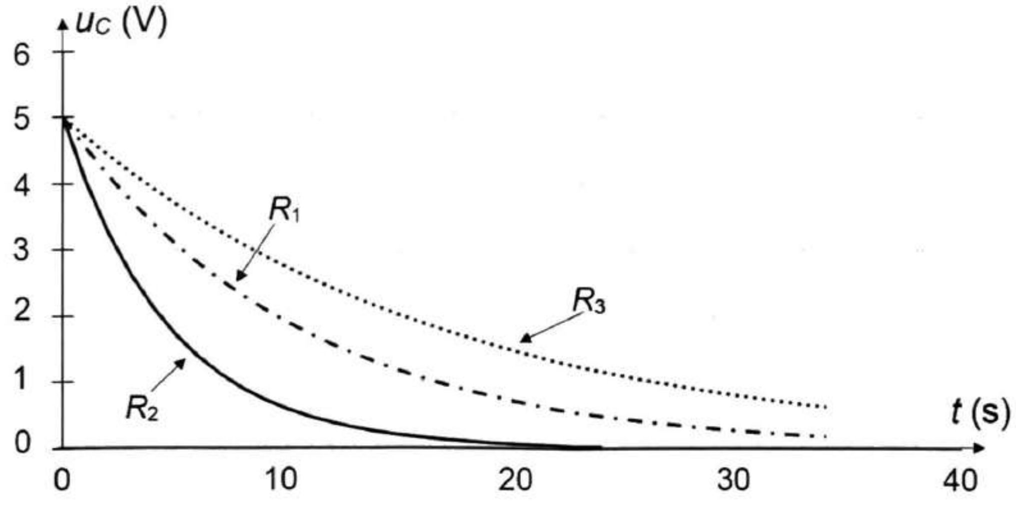

Figure 4 : Courbes de décharge du condensateur de capacité C = 47 µF

Q7- Déterminer laquelle des trois courbes de décharge (annotées R_1, R_2, R_3) correspond à la durée correcte de commande de rotation de l'aiguille pour ouvrir le coffre.

La démarche sera présentée sur la figure de l'**ANNEXE p. 11 À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Q8- Déduire de la courbe choisie la valeur correspondante de la constante de temps de décharge τ.

La démarche sera présentée sur la figure de l'**ANNEXE p. 11 À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Q9- Calculer la valeur de la résistance R du conducteur ohmique que les joueurs doivent choisir pour ouvrir le coffre.

Partie 3 – Cellules à éclairer

Cinq cellules photosensibles se trouvent dans le fond d'une boîte noire dans laquelle un laser rouge se propage. Le rayon lumineux y pénètre en traversant deux petites fentes d'écartement b réglable une fois que l'obturateur coulissant est retiré (figure 5). Une alternance de zones sombres et lumineuses apparaît sur le fond de la boîte (figure 6). Une clé sera délivrée lorsque le centre de chaque cellule photosensible recevra la lumière du laser.

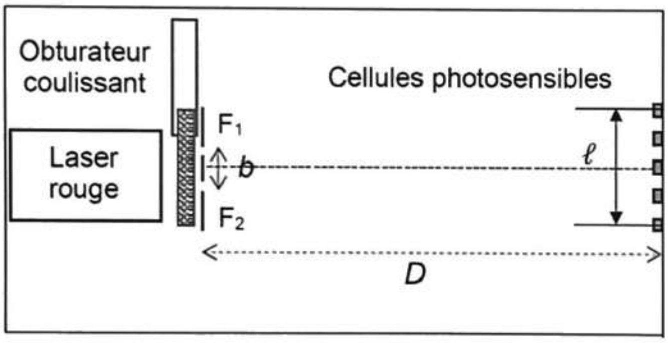

Figure 5 : Schéma du dispositif

Figure 6 : Schéma du fond de la boîte

Sur les figures 5 et 6, l'échelle n'est pas respectée.

<u>**Données**</u> :

- Valeur de la longueur d'onde du laser : $\lambda = 650$ nm
- Distance entre les fentes et les cellules photosensibles : $D = 30$ cm
- Distance entre le centre de la première cellule et celui de la cinquième : $\ell = 2{,}0$ cm
- Expression de l'interfrange $i = \frac{\lambda \cdot D}{b}$

Q10- Nommer le phénomène physique responsable de l'existence de l'alternance des zones sombres et lumineuses sur le fond de la boîte.

Q11- Définir une interfrange i.

Q12- Déterminer la valeur de l'écartement *b* des fentes à régler pour délivrer la clé.

Pour répondre à cette question, le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

<u>Exercice 1</u> – Courbes de décharge