Exercice 2 – *Slam dunk* au golf (6 points)

Au golf, un *slam dunk* est un coup qui consiste à envoyer la balle directement dans le trou sans qu'elle ne roule. Des conditions très spécifiques sont à rassembler pour que le golfeur puisse réaliser ce coup spectaculaire.

Dans la première partie de cet exercice, on s'intéresse à une méthode de mesure de la vitesse initiale d'une balle de golf. Puis, on identifie les conditions permettant de réaliser un *slam dunk*.

Partie 1 – Mesure de la vitesse initiale d'une balle de golf

Document – Radar de mesure

La valeur de la vitesse initiale d'une balle de golf peut être déterminée grâce à un radar placé derrière le joueur.

L'appareil utilise un émetteur qui génère une onde électromagnétique de fréquence f_E = 21,125 GHz ainsi qu'un récepteur qui capte l'onde après réflexion sur la balle.

La différence Δf entre la valeur de la fréquence de l'onde émise et celle de l'onde reçue permet d'accéder à la valeur de la vitesse v de la balle qui s'affiche sur l'écran du radar grâce à la relation : $|\Delta f| = \frac{2 \times v}{c} \times f_E$.

Données :

- Célérité d'une onde électromagnétique dans le vide ou dans l'air : $c = 3{,}00 \times 10^8$ m·s^{-1}
- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81$ m·s^{-2}
- 1 GHz = 10^9 Hz

À la suite de la frappe réalisée par une golfeuse, un radar mesure un décalage de fréquence dont la valeur absolue est $|\Delta f| = 4\,225$ Hz.

Q1- Nommer le phénomène physique lié au décalage de fréquence.

Q2- Calculer la valeur de la vitesse initiale v_0 de la balle frappée par la joueuse.

Partie 2 – Conditions de réalisation d'un *slam dunk*

On étudie le mouvement du centre de masse G d'une balle de golf de masse m dans le référentiel terrestre supposé galiléen muni d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$.

À l'instant initial, le centre de masse G est positionné à une hauteur h du sol et à une distance d du trou. La balle est lancée dans le plan vertical repéré par les axes (Ox, Oy) avec un vecteur vitesse $\overrightarrow{v_0}$ faisant un angle α avec l'axe Ox (figure 1).

La balle évolue dans le champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$. On néglige les forces de frottement dues à l'air et la rotation de la balle.

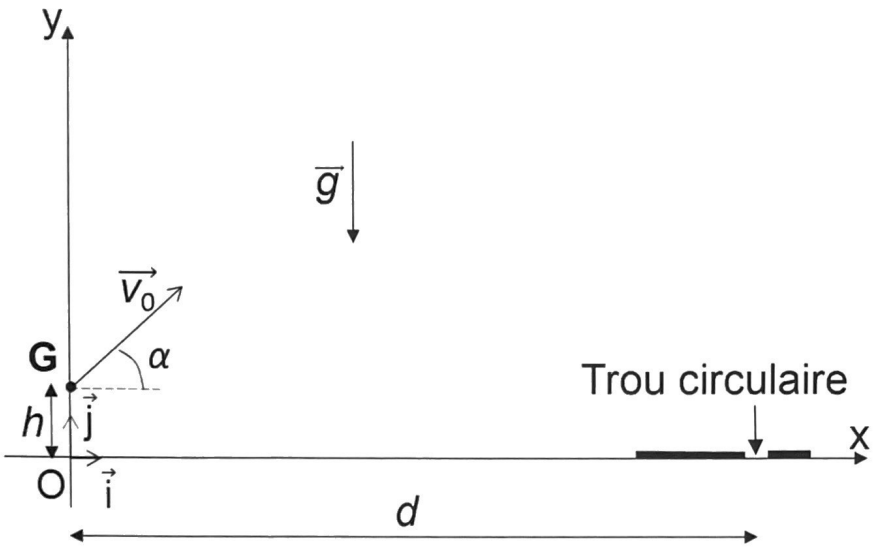

Figure 1 : Schéma du lancer de la balle de golf de centre de masse G à l'instant initial

Données :

- Masse de la balle de golf : $m = 46$ g
- Hauteur initiale du centre de masse : $h = 3{,}0$ cm
- Distance entre le centre de masse G de la balle et le trou : $d = 1{,}5 \times 10^2$ m

Q3- Déterminer les expressions littérales des coordonnées a_x et a_y du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre de masse G de la balle suivant les axes Ox et Oy.

Q4- Montrer que les équations horaires de son mouvement sont :

$$\overrightarrow{OG}(t)\begin{pmatrix} x(t) = (v_0 \cdot \cos(\alpha)) \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + (v_0 \cdot \sin(\alpha)) \cdot t + h \end{pmatrix}$$

Q5- En déduire que l'équation de la trajectoire du centre de masse de la balle dans le repère d'espace (Ox, Oy) s'écrit :

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

Q6- Indiquer les paramètres initiaux de lancement sur lesquels la joueuse peut intervenir pour réussir le *slam dunk*.

Une joueuse amateure frappe la balle avec un angle $\alpha = 39°$ et une vitesse initiale de valeur $v_0 = 30$ m·s^{-1}.

Q7- Indiquer si, dans ces conditions, la joueuse réussit un *slam dunk*.

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 doit être correctement présentée.