

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

$f_E = 21,125 \text{ GHz}$ 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 : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- $1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$

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

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 $\vec{v}_0$ 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.

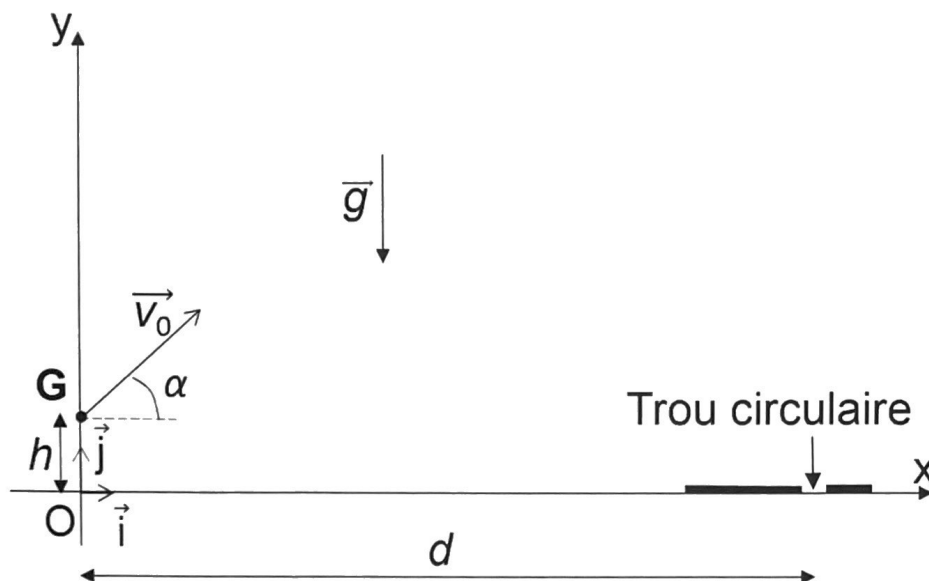


Figure 1 : Schéma du lancer de la balle de golf de centre de masse G à l'instant initial

Données :

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

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 amateur frappe la balle avec un angle $\alpha = 39^\circ$ et une vitesse initiale de valeur $v_0 = 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

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.