

## 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  $\Delta f$  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  $\alpha$  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.

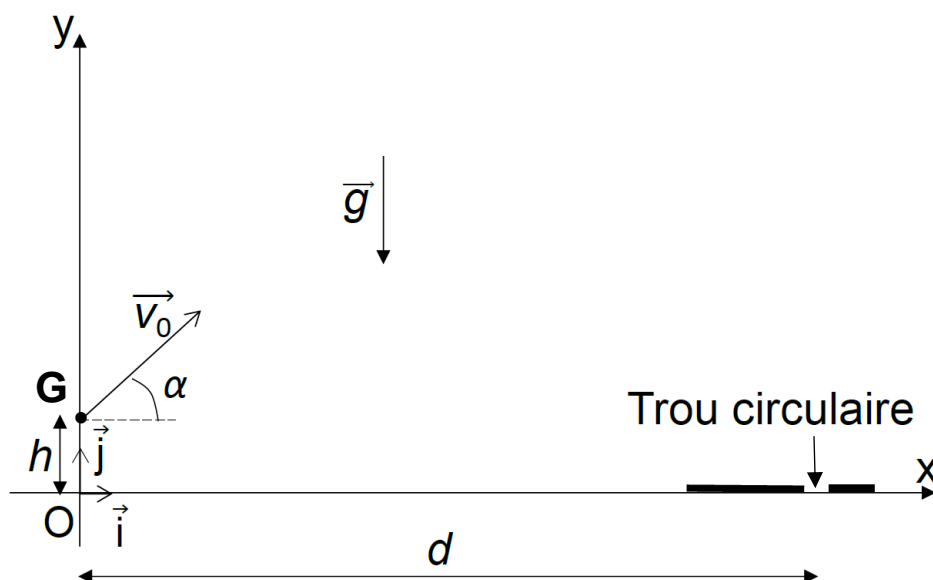


Figure 1 : Schéma du lancer de la balle de golf de centre de masse G à l'instant initial

**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.*