PARTIE DE GOLF

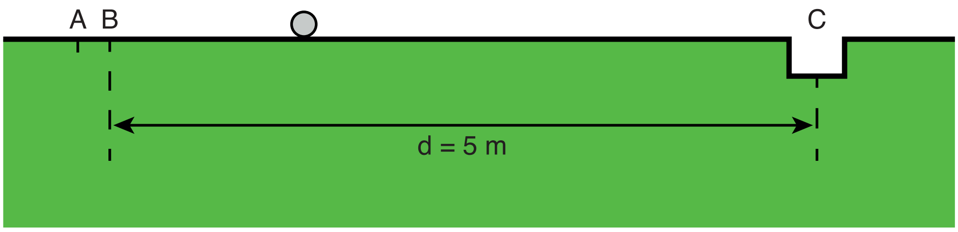
Dans cet exercice, nous allons étudier deux types de tirs pouvant être pratiqués lors d'une partie de golf. On considèrera que le référentiel terrestre est galiléen.

Par souci de simplicité, les vecteurs seront écrits en caractère gras. Ainsi, le vecteur vitesse $\vec{v}_G(t)$ du point G à l'instant t sera noté **vG(t)**.

I. Approche

Le golfeur se trouve sur le « green » (zone de gazon tondu ras), supposé parfaitement horizontal dans notre situation d'étude. Le joueur doit pousser la balle à l'aide d'une canne appelée « club » sans la soulever ; la balle doit ensuite rouler et tomber dans un trou. Ce type de tir est appelé « approche ».

Le centre d'inertie de la balle est noté G. On considère que la balle se déplace en ligne droite et qu'il est possible de ne pas tenir compte de son roulement.



Le mouvement de la balle peut être décomposé en deux phases :

- ★ la phase où la balle est poussée par le club (entre les points A et B) ;
- ★ la phase où la balle roule jusqu'au trou (entre B et C) sans être poussée par le club.

1. La balle est poussée par le club

Entre les points A et B, la balle est poussée par le club. On négligera les forces de frottements devant les autres forces entrant en jeu. Au point A, la valeur de la vitesse de la balle est nulle. La force **F** est la force exercée par le club sur la balle, cette force sera supposée constante sur tout le trajet AB.

a. Quelles sont les forces qui s'appliquent sur la balle entre A et B ? Les représenter sur un schéma sans souci d'échelle.

b. Qualifier le mouvement de la balle entre les points A et B.

c. La quantité de mouvement d'un point matériel M est une grandeur vectorielle définie par la relation suivante :

$$\vec{p}_M = m \times \vec{v}_M(M)$$

m : masse du point matériel M (kg)
v : vitesse du point M ($m.s^{-1}$)
p : quantité de mouvement du point matériel M ($kg.m.s^{-1}$)

Sur le schéma ci-dessous est représenté le vecteur quantité de mouvement **pG(t)**. Représenter le vecteur **pG(t+Δt)** en justifiant votre représentation.

position de la balle
à l'instant t

position de la balle
à l'instant t + Δt

d. La seconde loi de Newton (ou principe fondamental de la dynamique) précise que dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures exercées sur un point matériel est égale à la dérivée par rapport au temps de son vecteur quantité de mouvement :

$$\Sigma\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

La représentation du vecteur quantité de mouvement effectuée à la question précédente est-elle en accord avec la seconde loi de Newton ?

<u>Aide</u> : en considérant que le mouvement de la balle s'effectue suivant un axe (Ox) orienté vers la droite, on pourra projeter la relation précédente sur cet axe et déterminer l'expression de la quantité de mouvement en fonction du temps.

2. La balle roule jusqu'au trou

Entre les points B et C, le club ne touche plus la balle. Dans un premier temps, on néglige les forces de frottement qui s'exercent entre B et C.

a. Quel sera le mouvement du centre d'inertie de la balle entre B et C si aucune force de frottement ne s'exerce ?

Les forces de frottements s'exerçant sur la balle ne sont plus négligées. Elles sont supposées constantes et équivalentes à une force unique **f** de sens opposé à celui du vecteur vitesse $\mathbf{v_G}$ et de valeur $f = 5{,}0.10^{-2}$ N. Le club communique au centre d'inertie G de la balle une vitesse ayant pour valeur au point B $v_B = 3{,}2$ m.s^{-1}. La balle possède une masse m = 45 g.

b. Dans ces conditions, la balle peut-elle arriver dans le trou ? Justifier la réponse en argumentant.

Aide : on cherchera dans un premier temps à déterminer la date à laquelle la balle d'immobilise à l'aide des résultats obtenus à la question d. de la partie précédente.
Aide 2 : en considérant que le mouvement de la balle s'effectue suivant un axe (Ox) orienté vers la droite, vitesse et position de la balle sont liées par la relation qui suit.

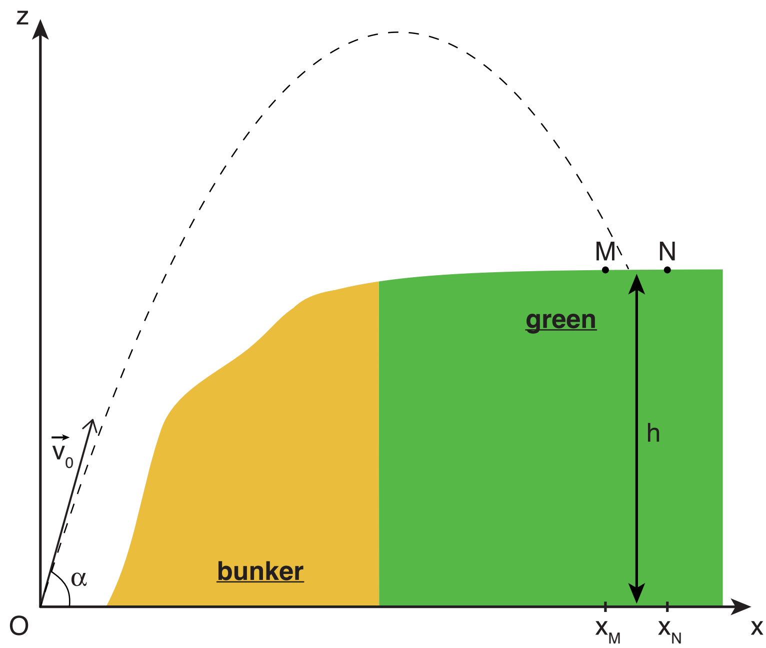
$$v = \frac{dx}{dt}$$

II. Sortie de bunker

Le joueur de golf doit maintenant sortir sa balle d'un bunker de profondeur h = 1,50 m. Un bunker est un trou de sable près de la surface engazonnée.

Le joueur veut envoyer sa balle entre les points M et N. Il utilise un club et communique à la balle une vitesse v_0 faisant un angle $\alpha = 70°$ avec l'horizontale. À la date t = 0 s, la balle, supposée ponctuelle et de masse m = 45 g, part du point O.

On considère le champ de pesanteur terrestre uniforme et on néglige les frottements de l'air sur la balle. Le vecteur **g** représente l'intensité de la pesanteur, sa valeur est g = 9,8 m.s^{-2}.



On prend comme origine des dates t = 0 s le moment où la balle quitte le point O. On a x(M) = 5,0 m et x(N) = 6,0 m, M et N étant situés à la même altitude. Les coordonnées de la balle en fonction du temps sont les suivantes :

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

$$z(t) = -\frac{1}{2} \times g \times t^2 + v_0 \times \sin\alpha \times t$$

Donner un encadrement de la valeur de la vitesse v_0 qu'il faut communiquer à la balle pour qu'elle arrive sur le green entre les points M et N. Présenter la démarche suivie.