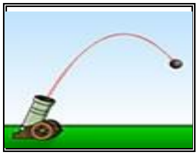


CHIMIE / Unité :4
Evolution temporelle des systèmes mécaniques

Exercices
Mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur

Exercice 1

- « Les personnages et les situations de ce récit étant purement fictifs, toute ressemblance avec des personnes ou des situations existantes ou ayant existé ne saurait être que fortuite. »

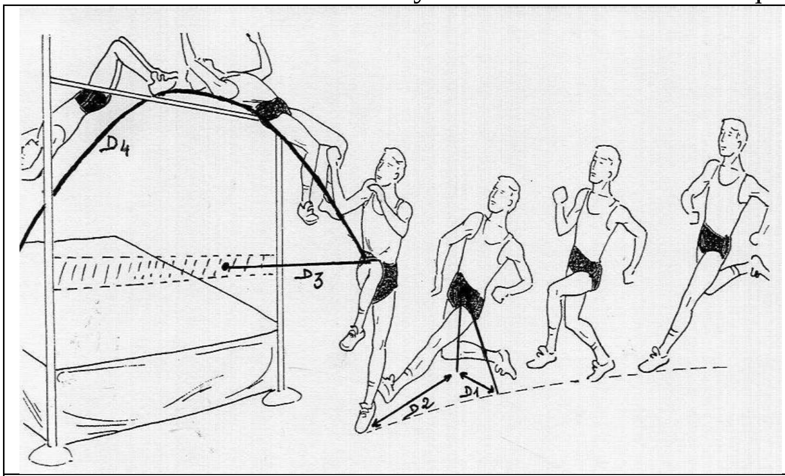


Figure 1

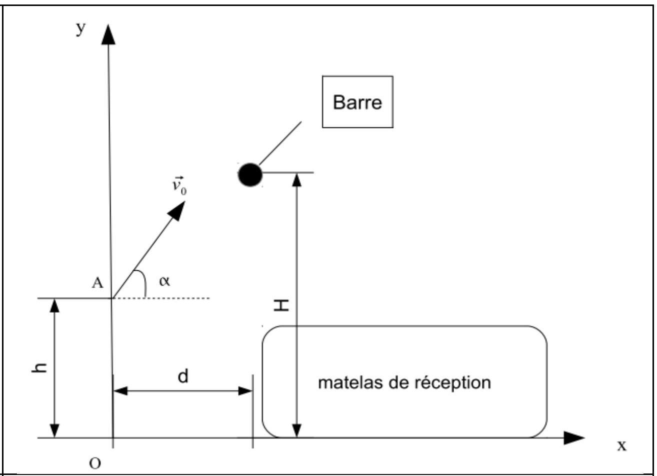


Figure 2

- Afin d'améliorer son saut, l'athlète, qui suit des études en Terminale S, visualise grâce à une vidéo le saut effectué lors de son dernier entraînement Figure 1
- Elle souhaite connaître la distance d qui sépare son pied d'appel de l'aplomb de la barre pour éviter de retomber sur la barre ou de faire tomber la barre après le franchissement de celle-ci.
- D'après ce qu'elle a vu dans son cours de physique, elle va essayer d'appliquer les lois du mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur.
- L'angle entre le vecteur vitesse $\vec{v_0}$ et le plan horizontal du sol est noté α.
- Hypothèses simplificatrices proposées par son professeur de sciences physiques :
  - Les frottements avec l'air seront négligés
  - La poussée d'Archimède sera négligée.
  - Seul sera étudié le mouvement du centre de gravité G de l'athlète.
  - Le mouvement du centre de gravité G se fera dans un plan
  - Le champ de pesanteur est constant et égal à $g = 9{,}80\ m.s^{-2}$.
- Le schéma de la situation est donnée sur la figure 2 (l'échelle n'est pas respectée).
- Les parties 3, 4 et 5 sont indépendantes de la partie 2.

I. Force(s) exercées sur l'athlète pendant son saut

1. Préciser le référentiel à utiliser ainsi que le système.
2. En utilisant les hypothèses simplificatrices, quelle(s) est (sont) le(s) force(s) qui s'applique(nt) sur l'athlète ?

II. Équation de la trajectoire

- Les conditions initiales du mouvement sont à t = 0 ; $\vec{v}(t = 0) = \vec{v_0}$ et pour $x(t = 0) = 0$, $y(t = 0) = h$

1. Rappeler à l'athlète l'énoncé de la deuxième loi de Newton.
2. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer les équations horaires du mouvement de G.
3. Montrer que l'équation de la trajectoire peut se mettre sous la forme $y(x) = A\,x^2 + B\,x + C$. On donnera Les expressions littérales de A, B et C et on précisera leurs unités respectives (si elles existent).

III. Calcul de la vitesse initiale

- La barre est placée à une hauteur H = 1,78 m ; le centre d'inertie de l'athlète est tel que h = 1,00 m
- L'angle α est égal à 60°.
- La vitesse de l'athlète au moment de l'impulsion est donnée par l'expression suivante : $v_0 = \sqrt{\dfrac{2g(H - h)}{\cos\alpha}}$

1. Par une analyse dimensionnelle, prouver que $v_0 = \sqrt{\dfrac{2g(H - h)}{\cos\alpha}}$ est bien homogène à une vitesse.
2. Calculer la vitesse initiale , d'abord en m/s puis en km/h, dans les conditions indiquées.
3. La valeur trouvée pour la vitesse initiale est-elle aberrante ?

IV. Calcul de la distance d

- La distance qui sépare la prise d'appel de la barre est notée d et s'exprime dans les conditions indiquées par :

$$d = \frac{2(H - h)}{\tan \alpha}$$

1. Calculer la distance d pour H = 1,78 m ; h = 1,00 m et α = 60°
2. La valeur trouvée pour la distance d est-elle aberrante ?

V. Franchissement de la barre

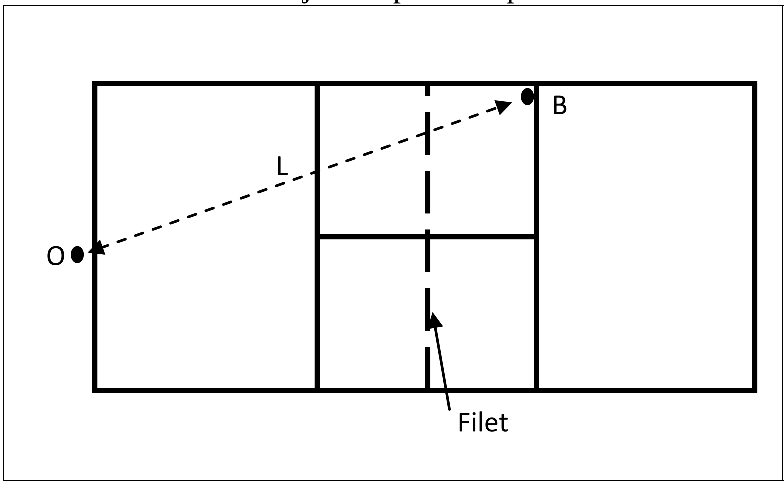
1. Son entraîneur lui conseille d'éloigner sa prise d'appel de la barre quand celle-ci est placée plus haute.

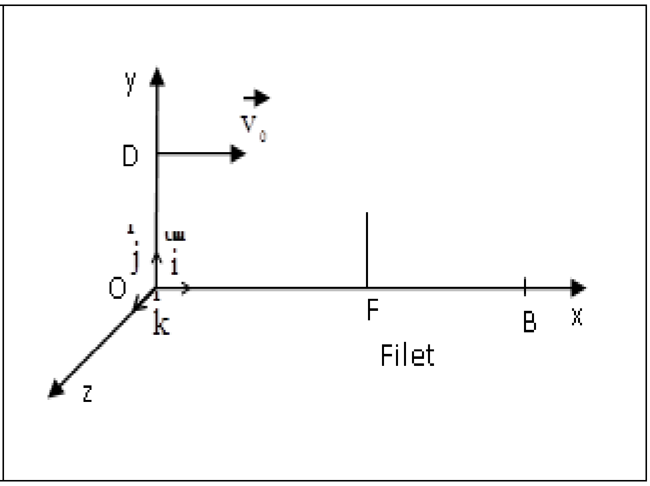
L'expression précédente de d confirme-t-elle ce conseil ?

L'athlète est-elle sûr de franchir la barre ? Que doit-elle modifier dans le cas contraire

Exercice 2

Un terrain de tennis est un rectangle de longueur 23,8 m et de largeur 8,23 m. Il est séparé en deux dans le sens de la largeur par un filet dont la hauteur est 0,920 m.
Lorsqu'un joueur effectue un service, il doit envoyer la balle dans une zone comprise entre le filet et une ligne située à 6,40 m du filet.
On étudie un service du joueur placé au point O.





Ce joueur souhaite que la balle frappe le sol en B tel que OB = L = 18,7 m.
Pour cela, il lance la balle verticalement et la frappe avec sa raquette en un point D situé sur la verticale de O à la hauteur H = 2,20 m.
La balle part alors de D avec une vitesse de valeur v_0 = 126 km.h^{-1}, horizontale comme le montre le schéma ci-dessous.
La balle de masse m = 58,0 g sera considérée comme ponctuelle et on considérera que l'action de l'air est négligeable.
L'étude du mouvement sera faite dans le référentiel terrestre, galiléen, dans lequel on choisit un repère Oxyz comme l'indique le schéma ci-dessus :

1. Équations horaires paramétriques et trajectoire.

1.1. Faire le bilan des forces appliquées à la balle pendant son mouvement entre D et B.
En indiquer les caractéristiques (direction, sens, grandeur) et l'expression.
1.2. Établir l'expression du vecteur accélération de la balle au cours de son mouvement.
1.3. Montrer que les équations horaires paramétriques du mouvement de la balle sont :

$x(t) = v_0\, t$ $\qquad$ $y(t) = \frac{-gt^2}{2} + H$ $\qquad$ $z(t) = 0$

1.4. Montrer que le mouvement de la balle a lieu dans un plan.
1.5. Déduire de la réponse à la question 1.3. l'équation littérale de la trajectoire de la balle dans le plan xOy.

2. Qualité du service.

On prendra g = 9,81 m.s^{-2}.
2.1. Sachant que la distance OF = 12,2 m, la balle, supposée ponctuelle, passe-t-elle au-dessus du filet ?
2.2. Montrer que le service sera considéré comme mauvais, c'est-à-dire que la balle frappera le sol en un point B' tel que OB' soit supérieur à OB.

2.3. En réalité, la balle tombe en B. Quel est le paramètre, non pris en compte dans ce problème, qui peut expliquer cette différence ?