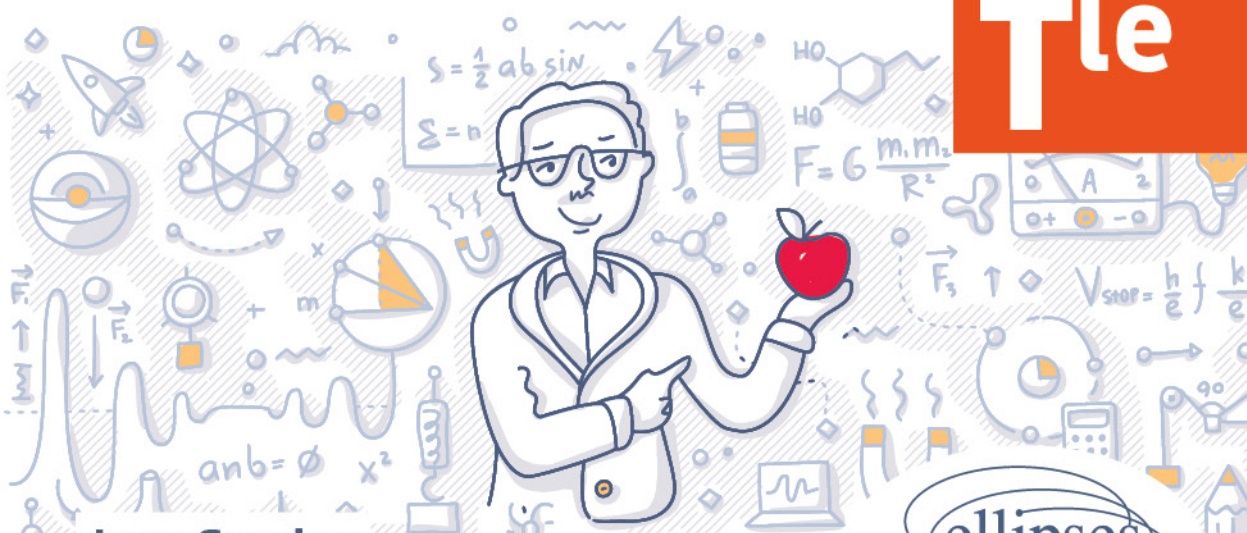


Comment réussir l'épreuve de Spécialité PHYSIQUE-CHIMIE au BAC

LES CLÉS POUR S'AMÉLIORER

Tle



Lara Gouzien

ellipses

T^{le}

Comment réussir l'épreuve de
Spécialité
PHYSIQUE-CHIMIE
au **BAC**

LES CLÉS POUR S'AMÉLIORER

Lara Gouzien

Professeur agrégée de sciences physiques option chimie



Conception graphique couverture : Nathalie FOULLOY
Conception graphique intérieur : Agathe GALLET DUCARROY
Mise en pages : Nord Compo

ISBN 9782340–114784

Dépôt légal : août 2026

©Ellipses Édition Marketing S.A.
8/10 rue la Quintinie 75015 Paris



Le Code de la propriété intellectuelle et artistique n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

www.editions-ellipses.fr

Avant-propos

Le livre que je vous propose, conforme au programme de terminale, se veut adapté aux élèves de Terminale qui suivent les cours de spécialité physique chimie. Il a été conçu dans l'unique but d'être tout particulièrement utile aux élèves de la classe de Terminale qui rencontrent quelques difficultés pour faire les exercices de sciences physiques, aussi bien au niveau des notions de physique ou de chimie abordées qu'au niveau des outils mathématiques utilisés.

En effet, si vous souhaitez, malgré les difficultés rencontrées, réussir vos devoirs sur table et ainsi améliorer votre dossier sur Parcoursup, si vous souhaitez réussir l'épreuve de spécialité du baccalauréat, et que vous êtes motivé.e, ce livre est fait pour vous.

Pour bien exploiter ses connaissances et ainsi réussir à répondre aux questions posées dans les exercices, il faut commencer par connaître son cours : chaque chapitre débutera donc par un rappel des notions vues en Première et nécessaires en terminale, l'essentiel du cours de Terminale et « le coin des maths » afin de voir ou revoir les outils utiles aux cours.

Les exercices proposés à la suite du cours sont de difficulté croissante avec des exercices classiques et des exercices extraits des sujets de baccalauréat. Pour chaque exercice, chaque question est analysée et une correction vraiment détaillée vous est proposée. Les plus de ce livre ? Des astuces et des conseils donnés pour savoir répondre au type de questions abordées, des notions mathématiques, même les plus basiques, revues dans « le coin des maths » présent autant de fois que nécessaire.

Les clés de votre réussite sont dans ce livre : elles n'attendent que vous pour être saisies.

Mouvements dans un champ uniforme

1



RAPPELS DE PREMIÈRE

Le mouvement d'un objet est décrit par :

- La forme de sa **trajectoire** (Par exemple, le mouvement est rectiligne si la trajectoire est une droite, circulaire si la trajectoire est un cercle et curviligne si la trajectoire est une courbe).
- L'évolution de sa **vitesse** (Le mouvement est uniforme si la vitesse est constante, accéléré si la vitesse augmente et ralenti si la vitesse diminue).

Pour étudier un mouvement, on peut être amené à faire un **bilan des forces extérieures** qui s'exercent sur un système.

≡ REMARQUE : toutes les forces s'expriment en Newton (N).

- Forces à distance :

- **Interaction gravitationnelle d'un corps A sur un corps B** (à considérer quand il s'agit d'astres, de satellites, donc d'objets de masses très importantes).

$$F_{A/B} = G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2} \text{ avec}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m_A \text{ et } m_B : \text{masses des corps A et B en kilogramme (kg)} \\ d : \text{distance entre les corps A et B en mètre (m)} \\ G : \text{constante gravitationnelle} \end{array} \right.$$

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ en N} \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \text{m}^2$$

≡ REMARQUE : la valeur de G n'est pas à connaître.

- **Poids** (entre la Terre et tout objet à sa surface). $P = m \times g$ avec $\left\{ \begin{array}{l} m : \text{masse du système considéré en kg} \\ g : \text{accélération de la pesanteur en Newton par kilogramme (N.kg}^{-1}) \end{array} \right.$

≡ REMARQUE : g peut aussi s'exprimer en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

- **Force électrique** : $F_e = q \times E$ avec

$$\left\{ \begin{array}{l} q : \text{charge électrique en coulomb (C)} \\ E : \text{champ électrique en volt par mètre (V.m}^{-1}) \end{array} \right.$$

Le vecteur champ électrique $\vec{E}$ est toujours dirigé des charges + vers les charges -.

- Forces de contact : il faut alors se poser les questions suivantes :
 - ▮ Le système considéré est-il posé sur quelque chose ? Si oui, il y a la **réaction du support** de direction perpendiculaire au support.
 - ▮ Il peut y avoir des **forces de frottements** toujours de sens opposé au déplacement.
 - ▮ Le système est-il accroché à quelque chose ? Si c'est à un fil, il y a la **tension du fil**, si c'est à un ressort, il y a la force de rappel du ressort (son expression n'est pas à connaître).
 - ▮ Le système est-il en contact avec une main/raquette etc. ? Si oui, il existe une force due à la main/la raquette etc.
 - ▮ Le système est-il dans un fluide ? Si oui, il y a la **poussée d'Archimède** (Son expression sera vue dans le chapitre 4).



L'ESSENTIEL DU COURS DE TERMINALE

On se limitera à l'étude du **mouvement plan** d'un point M.

- Dans un repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ lié au référentiel d'étude, la position d'un point M est donnée par le vecteur position : $\overrightarrow{OM} \begin{cases} x(t) \\ y(t) \end{cases}$

⚠ **Attention** : la notation $\frac{d}{dt}$ signifie dérivée par rapport au temps.

- ▮ Le vecteur vitesse $\vec{v}$ d'un point M à l'instant t est égal à la dérivée du vecteur position par rapport au temps : $\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$

/// **REMARQUE** : les coordonnées du vecteur vitesse sont obtenues en dérivant par rapport au temps celles du vecteur position.

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} \\ v_y = \frac{dy}{dt} \end{cases} \text{ avec } v_x \text{ et } v_y \text{ en mètre par seconde (m. s}^{-1}\text{)}$$

Valeur de la vitesse : $v = \sqrt{(v_x^2 + v_y^2)}$

- ▮ Le vecteur accélération $\vec{a}$ est égal à la dérivée par rapport au temps du vecteur vitesse : $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$

/// **REMARQUE** : les coordonnées du vecteur accélération sont obtenues en dérivant par rapport au temps celles du vecteur vitesse.

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = \frac{dv_x}{dt} \\ a_y = \frac{dv_y}{dt} \end{cases} \text{ avec } a_x \text{ et } a_y \text{ en mètre par seconde au carré (m. s}^{-2}\text{)}$$

Valeur de l'accélération : $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$

REMARQUE : quand le vecteur accélération est constant, le mouvement est uniformément accéléré.

- **Deuxième loi de Newton** : la somme vectorielle des forces extérieures appliquées au système est égale à la masse du système $\times$ le vecteur accélération $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$ avec la masse exprimée en kilogramme (kg).

$\pi_{3,74}$ = LE COIN DES MATHS

☐ Dérivées à connaître :

Fonction	Dérivées
$f(t) = \text{constante}$	$f'(t) = 0$
$f(t) = c \times t$ (c : constante)	$f'(t) = c$
$f(t) = t^2$	$f'(t) = 2 \times t$

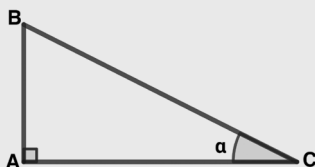
☐ Primitives à connaître :

Fonction	Primitive
$f'(t) = 0$	$f(t) = \text{constante (cste)}$
$f'(t) = k$ (k : constante)	$f(t) = k \times t + \text{cste}$
$f'(t) = k' \times t$ (k' : constante)	$f(t) = \frac{1}{2} \times k' \times t^2 + \text{cste}$

☐ Trigonométrie

$$\cos \alpha = \frac{\text{côté adjacent BC}}{\text{hypothénuse AC}}$$

$$\sin \alpha = \frac{\text{côté opposé AB}}{\text{hypothénuse AC}}$$





EXERCICES

Pour tous les exercices qui suivent, on se placera dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen et dans le repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, les mouvements considérés seront plans.

Donnée : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

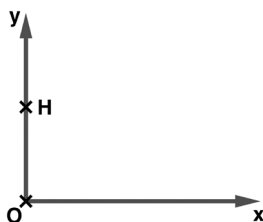
CONSEIL : Dans tous les exercices de mécanique, la démarche sera souvent la même :

- Définir un système et un référentiel d'étude
- Faire un bilan des forces extérieures appliquées au système
- Écrire la deuxième loi de Newton
- Exprimer le vecteur accélération (donner ses coordonnées)
- Exprimer le vecteur vitesse (donner ses coordonnées)
 - Intégrer les coordonnées du vecteur accélération : chercher ce qui, une fois dérivé, donne les valeurs que l'on obtient pour a_x et a_y .
⚠ **Attention** : ne pas oublier les constantes d'intégration.
 - Déterminer les constantes d'intégration : chercher dans l'énoncé ou sur le schéma les conditions initiales (à $t = 0$).
 - Remplacer les constantes par les valeurs trouvées dans les coordonnées du vecteur vitesse.
- Exprimer le vecteur position (donner ses coordonnées)
 - Intégrer les coordonnées du vecteur vitesse : chercher ce qui, une fois dérivé, donne les valeurs que l'on obtient pour v_x et v_y .
⚠ **Attention** : ne pas oublier les constantes d'intégration.
 - Déterminer les constantes d'intégration : chercher dans l'énoncé ou sur le schéma les conditions initiales (à $t = 0$).
 - Remplacer les constantes par les valeurs trouvées dans les coordonnées du vecteur position.

Mouvement dans un champ de pesanteur

Exercice 1 – cas le plus simple

Soit un projectile de masse $m = 15 \text{ g}$ qui tombe d'une hauteur $H = 10 \text{ m}$ sans vitesse initiale.



Les frottements de l'air seront négligés.

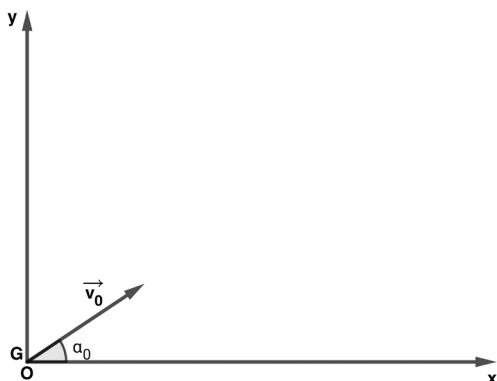
Q1. En combien de temps parviendra-t-il au sol ?

Q2. En combien de temps un objet de masse $m' = 2 \text{ kg}$ qui tombe de la même hauteur H parviendrait-il au sol ? Comparer cette valeur avec celle trouvée dans la question précédente. Commenter.

Exercice 2 – cas le plus classique

L'objectif de cet exercice est d'étudier la trajectoire d'un projectile de masse m ayant une vitesse initiale ($V_0 = 4,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Le système étudié est donc le projectile assimilé à un point matériel G de masse $m = 46 \text{ g}$, initialement posé au sol et coïncidant avec l'origine d'un repère (O, x, y) tel que représenté ci-dessous.



Afin de simplifier l'étude, on considérera que :

- À la date $t_0 = 0$ s, on communique au projectile une vitesse initiale notée $\vec{v}_0$ dont la direction fait un angle $\alpha_0 = 40^\circ$ par rapport à l'horizontale ;
- Lors de son vol, le projectile n'est soumis qu'à son poids et évolue dans un champ de pesanteur terrestre considéré comme uniforme, d'intensité $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Q1. Montrer que l'équation de la trajectoire peut se mettre sous la forme :

$$y = -\frac{1}{2}g \times \frac{x^2}{V_0^2 \cos^2 \alpha_0} + \tan \alpha_0 \times x$$

Q2. Lorsque le projectile atteindra le sol, quelle distance aura-t-il parcourue ?

Q3. Quelle est la hauteur maximale atteinte ?

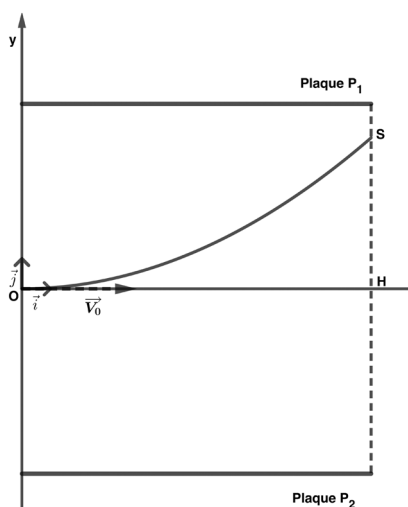
Mouvement dans un champ électrique

Exercice 3 – cas d'une charge négative dans un champ électrique

Nous allons étudier le mouvement d'un électron qui pénètre entre deux plaques parallèles et horizontales P_1 et P_2 , dans une zone où règne un champ électrique supposé uniforme et perpendiculaire aux deux plaques.

À l'instant $t = 0$ s, l'électron arrive en un point O avec une vitesse horizontale.

La trajectoire de l'électron dans un repère (O, x, y) est représentée dans la figure 1 suivante :



L'électron de masse m_e et de charge $q = -e$, dont le mouvement étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen, est soumis à la seule force électrostatique.

Données :

- Vitesse initiale de l'électron : $V_0 = 2,3 \times 10^7 \cdot \text{s}^{-1}$
- Champ électrique : $E = 15 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$
- Masse de l'électron : $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
- Charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Longueur des plaques : $L = 8,5 \text{ cm}$

Q1. Reproduire la figure 1 et représenter, sans souci d'échelle, et en justifiant les tracés :

- le vecteur force en un point de la trajectoire de l'électron ;
- le vecteur champ électrique en un point quelconque situé entre les plaques P_1 et P_2 .

Q2. En utilisant la deuxième loi de Newton, déterminer les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement de l'électron.

Q3. Vérifier que la trajectoire de l'électron a pour équation : $y = \frac{e \times E}{2 \times m_e \times v_0^2} \times x^2$

Q4. À la sortie de la zone entre les plaques P_1 et P_2 , l'électron a subi une déviation verticale SH comme l'indique la figure 1. Déterminer la valeur de SH.

Q5. Calculer la valeur de la vitesse de l'électron lorsqu'il atteint le point S.

CORRIGÉS

Exercice 1

► Analyse de l'énoncé :

- À l'instant initial, le projectile est à une hauteur H par rapport au sol.
- Vitesse initiale V_0 nulle.
- « les frottements de l'air seront négligés » : on n'en tiendra donc pas compte.

Q1. Analyse de la question : on nous demande de déterminer un temps mais avant de pouvoir répondre à la question, il faut déterminer l'expression du vecteur position en fonction du temps.

► **Système considéré** : {le projectile}

≡ **REMARQUE** : par convention, on placera toujours le système entre accolades.

► **Bilan des forces extérieures appliquées au système.**

CONSEIL : Comment faire un bilan des forces ? Se poser les questions suivantes : existe-t-il des forces à distance ? de contact ? Est-ce que le système est à la surface de la Terre ? S'agit-il de satellites ou de planètes ?

Dans notre cas, il n'existe qu'une force à distance appliquée au système : le poids $\vec{P}$.

⚠ **Attention** : dès qu'on étudie un mouvement à la surface de la Terre, c'est la force qui sera toujours présente.

► D'après la **deuxième loi de Newton**, on a la relation suivante : $\Sigma \vec{F} = m \times \vec{a}$

⚠ **Attention** : la masse m est la masse du système considéré.

CONSEIL : Quand on utilise la deuxième loi de Newton, il faudra toujours écrire « d'après la deuxième loi de Newton, on a... »

On a donc : $\vec{P} = m \vec{a} \Leftrightarrow m \times \vec{g} = m \times \vec{a} \Leftrightarrow \vec{g} = \vec{a}$

► **Expression du vecteur accélération dans le repère considéré.**

$\vec{P}$ est un vecteur vertical orienté vers le bas donc le vecteur champ $\vec{g}$ et le vecteur accélération $\vec{a}$ sont aussi des vecteurs verticaux orientés vers le bas.

On a donc : $\vec{a} \begin{cases} a_x(t) = g_x = 0 \\ a_y(t) = g_y = -g \end{cases}$

⚠ **Attention** : le signe va dépendre du sens de l'axe vertical (Oy). S'il est orienté vers le haut, il sera dans le sens inverse de $\vec{a}$, il y aura donc un signe – devant la composante a_y et s'il est orienté vers le bas, il n'y aura pas de signe – devant cette composante.

► **Expression du vecteur vitesse dans le repère considéré.**

On sait que : $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ On a donc : $\vec{a} \begin{cases} a_x = \frac{dv_x}{dt} = 0 \\ a_y = \frac{dv_y}{dt} = -g \end{cases}$

CONSEIL : Pour trouver les coordonnées du vecteur vitesse, on va chercher ce qui, une fois dérivé, donne ces valeurs-là.

On obtient donc : $\vec{v} \begin{cases} v_x = C_1 \\ v_y = -g \times t + C_2 \end{cases}$

C_1 et C_2 sont des constantes d'intégration.

⚠ **Attention :** à ne pas oublier ces constantes d'intégration.

CONSEIL : Pour pouvoir déterminer la valeur de ces constantes, on va utiliser les conditions initiales. Il faut alors remplacer t par 0.

À $t = 0$, on a le vecteur vitesse qui s'écrit comme suit : $\vec{v}(t=0) \begin{cases} v_x = C_1 \\ v_y = C_2 \end{cases}$

Or, d'après l'énoncé, le projectile est tombé sans vitesse initiale, on a donc aussi :

$\vec{v}(t=0) \begin{cases} v_x = 0 \\ v_y = 0 \end{cases}$

Par identification entre les vecteurs vitesse à $t = 0$, on a : $C_1 = 0$ et $C_2 = 0$

On obtient donc les coordonnées du vecteur vitesse : $\vec{v} \begin{cases} v_x(t) = 0 \\ v_y(t) = -g \times t \end{cases}$

► **Expression du vecteur position dans le repère considéré.**

On sait que : $\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$ On a donc : $\vec{v} \begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} = 0 \\ v_y = \frac{dy}{dt} = -gt \end{cases}$

CONSEIL : Pour trouver les coordonnées du vecteur position, on va chercher ce qui, une fois dérivé, donne ces valeurs-là.

On obtient donc : $\vec{OM} \begin{cases} x = C_3 \\ y = -\frac{1}{2}g \times t^2 + C_4 \end{cases}$

C_3 et C_4 sont des constantes d'intégration.

CONSEIL : Pour pouvoir déterminer la valeur de ces constantes, on va utiliser les conditions initiales. Il faut alors remplacer t par 0.

À $t = 0$, on a le vecteur position qui s'écrit comme suit : $\overrightarrow{OM}(t=0) \begin{cases} x = C_3 \\ y = C_4 \end{cases}$

Or, d'après l'énoncé, à l'instant initial, le projectile est à la hauteur H , on a donc

$$\text{aussi : } \overrightarrow{OM}(t=0) \begin{cases} x = 0 \\ y = H \end{cases}$$

Par identification entre les vecteurs position à $t = 0$, on a : $C_3 = 0$ et $C_4 = H$

$$\text{On obtient donc les coordonnées du vecteur position : } \overrightarrow{OM} \begin{cases} x(t) = 0 \\ y(t) = -\frac{1}{2}g \times t^2 + H \end{cases}$$

► **Quand le projectile atteint le sol, $y = 0$.**

$$\text{On a donc : } 0 = -\frac{1}{2}g \times t^2 + H$$

CONSEIL : Il suffit d'isoler t afin de l'exprimer en fonction de g et de H .

$$-H = -\frac{1}{2}g \times t^2 \quad \text{Donc } H = \frac{1}{2}g \times t^2 \quad \text{D'où } t^2 = \frac{2H}{g}$$

$$\text{Donc : } t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$\text{Application numérique : } t = \sqrt{\left(\frac{2 \times 10}{9,81}\right)} = 1,4 \text{ s}$$

Q2. Analyse de la question : la seule différence entre les deux projectiles est leur masse. On veut connaître le temps, on va donc utiliser ce qui a été vu dans la question précédente.

On sait que $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$, le temps ne dépend donc pas de la masse du projectile. Donc $t = 1,4 \text{ s}$.

C'est donc le même temps que celui calculé précédemment.

Le fait que le temps ne dépende pas de la masse est vérifié car on a négligé les forces de frottements.

Exercice 2

► Analyse de l'énoncé :

- « Le système étudié est donc le projectile assimilé à un point matériel G » : l'énoncé nous donne donc le système à considérer. On fait comme si toute la masse de celui-ci était concentrée en un point.
- À l'instant initial, le projectile est au point O .
- Vitesse initiale V_0 non nulle

- « n'est soumis qu'à son poids » : on ne tiendra donc pas compte des frottements de l'air.

Q1. Analyse de la question : que cherche-t-on ?

On cherche l'équation d'une trajectoire. Pensez à l'équation d'une droite : $y = mx + p$, c'est l'équation d'une trajectoire, on a exprimé y en fonction de x . Donc, là, on doit faire la même chose : exprimer y en fonction de x .

- **Système considéré** : {le projectile}
- **Bilan des forces extérieures appliquées au système.**

CONSEIL : Comment faire un bilan des forces ? Se poser les questions suivantes : existe-t-il des forces à distance ? de contact ? Est-ce que le système est à la surface de la Terre ? S'agit-il de satellites ou de planètes ?

Dans notre cas, il n'existe qu'une force à distance appliquée au système : le poids $\vec{P}$.

- D'après la **deuxième loi de Newton**, on a la relation suivante : $\Sigma \vec{F} = m \times \vec{a}$

⚠ **Attention** : la masse m est la masse du système considéré.

CONSEIL : Quand on utilise la deuxième loi de Newton, il faudra toujours écrire « d'après la deuxième loi de Newton, on a... »

On a donc : $\vec{P} = m \vec{a} \Leftrightarrow m \times \vec{g} = m \times \vec{a} \Leftrightarrow \vec{g} = \vec{a}$

- **Expression du vecteur accélération dans le repère considéré.**

$\vec{P}$ est un vecteur vertical orienté vers le bas donc le vecteur champ $\vec{g}$ et le vecteur accélération $\vec{a}$ sont aussi des vecteurs verticaux orientés vers le bas.

On a donc : $\vec{a} \begin{cases} a_x(t) = g_x = 0 \\ a_y(t) = g_y = -g \end{cases}$

⚠ **Attention** : le signe va dépendre du sens de l'axe vertical (Oy). S'il est orienté vers le haut, il sera dans le sens inverse de $\vec{a}$, il y aura donc un signe – devant la composante a_y et s'il est orienté vers le bas, il n'y aura pas de signe – devant cette composante.

- **Expression du vecteur vitesse dans le repère considéré.**

On sait que : $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ On a donc : $\vec{a} \begin{cases} a_x = \frac{dv_x}{dt} = 0 \\ a_y = \frac{dv_y}{dt} = -g \end{cases}$

CONSEIL : Pour trouver les coordonnées du vecteur vitesse, on va chercher ce qui, une fois dérivé, donne ces valeurs-là.

On obtient donc : $\vec{v} \begin{cases} v_x = C_1 \\ v_y = -g \times t + C_2 \end{cases}$

C_1 et C_2 sont des constantes d'intégration.

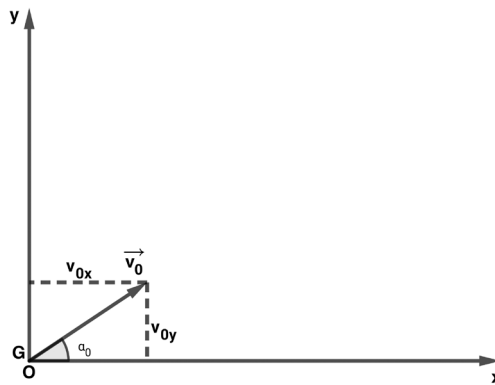
⚠ **Attention** : à ne pas oublier ces constantes d'intégration.

CONSEIL : Pour pouvoir déterminer la valeur de ces constantes, on va utiliser les conditions initiales. Il faut alors remplacer t par 0.

À $t = 0$, on a le vecteur vitesse qui s'écrit comme suit : $\vec{v}(t=0) \begin{cases} v_x = C_1 \\ v_y = C_2 \end{cases}$

Or, d'après l'énoncé, le projectile est lancé avec une vitesse initiale $\vec{V}_0$.

CONSEIL : On va chercher les coordonnées de ce vecteur vitesse initiale.



On a donc : $\vec{v}_0(t=0) \begin{cases} v_{0x} = V_0 \times \cos \alpha_0 = V_0 \cos \alpha_0 \\ v_{0y} = V_0 \times \sin \alpha_0 = V_0 \sin \alpha_0 \end{cases}$

Par identification entre les vecteurs vitesse à $t = 0$, on a : $C_1 = V_0 \times \cos \alpha_0$ et $C_2 = V_0 \times \sin \alpha_0$

On obtient donc les coordonnées du vecteur vitesse :

$$\vec{v} \begin{cases} v_x(t) = V_0 \cos \alpha_0 \\ v_y(t) = -g \times t + V_0 \sin \alpha_0 \end{cases}$$

► Expression du vecteur position dans le repère considéré.

On sait que : $\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$

$$\text{On a donc : } \vec{v} \begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} = V_0 \cos \alpha_0 \\ v_y = \frac{dy}{dt} = -g \times t + V_0 \sin \alpha_0 \end{cases}$$

CONSEIL : Pour trouver les coordonnées du vecteur position, on va chercher ce qui, une fois dérivé, donne ces valeurs-là.

On obtient donc : $\overrightarrow{OM} \begin{cases} x = V_0 \cos \alpha_0 \times t + C_3 \\ y = -\frac{1}{2}g \times t^2 + V_0 \sin \alpha_0 \times t + C_4 \end{cases}$

Avec C_3 et C_4 : constantes d'intégration.

CONSEIL : Pour pouvoir déterminer ces constantes, on va utiliser les conditions initiales. Il faut alors remplacer t par 0.

A $t = 0$, on a le vecteur position qui s'écrit comme suit : $\overrightarrow{OM}(t=0) \begin{cases} x = C_3 \\ y = C_4 \end{cases}$

Or, d'après l'énoncé, à l'instant initial, le projectile est posé au sol au point O, on a donc : $\overrightarrow{OM}(t=0) \begin{cases} x = 0 \\ y = 0 \end{cases}$

Par identification entre les vecteurs position à $t = 0$, on a : $C_3 = 0$ et $C_4 = 0$. On obtient donc les coordonnées du vecteur position :

$$\overrightarrow{OM} \begin{cases} x(t) = V_0 \cos \alpha_0 \times t \\ y(t) = -\frac{1}{2}g \times t^2 + V_0 \sin \alpha_0 \times t \end{cases}$$

► Équation de la trajectoire.

CONSEIL : Pour écrire y en fonction de x , on va :

- Exprimer t en fonction de x .

$$x = V_0 \cos \alpha_0 \times t \Leftrightarrow t = \frac{x}{V_0 \cos \alpha_0}$$

- Injecter l'expression de t dans l'équation horaire y en fonction de t .

$$y = -\frac{1}{2}g \times t^2 + V_0 \sin \alpha_0 \times t$$

On obtient ainsi l'équation de la trajectoire.

$$y = -\frac{1}{2}g \times \frac{x^2}{V_0^2 \cos^2 \alpha_0} + \frac{V_0 \sin \alpha_0 \times x}{V_0 \cos \alpha_0}$$



$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha$$

Après simplification, on obtient l'équation d'une parabole :

$$y = -\frac{1}{2}g \times \frac{x^2}{V_0^2 \cos^2 \alpha_0} + \tan \alpha_0 \times x$$

Ce qui correspond bien à l'équation proposée dans l'énoncé.

Q2. Lorsque le projectile atteint le sol, on a : $y = 0$.

On se retrouve alors avec une équation du second degré.

CONSEIL : Factoriser x (Cela évite de devoir calculer un discriminant).

$$0 = \frac{1}{2}g \times \frac{x^2}{V_o^2 \cos^2 \alpha_o} + \tan \alpha_o \times x = x \left(-\frac{1}{2}g \times \frac{x}{V_o^2 \cos^2 \alpha_o} + \tan \alpha_o \right)$$

Il existe donc deux solutions :

- soit $x = 0$ (point de départ du projectile qui se trouve bien, à l'état initial, au niveau du point O origine du repère) ;
- soit : $-\frac{1}{2}g \times \frac{x}{V_o^2 \cos^2 \alpha_o} + \tan \alpha_o = 0$

$\pi_{3,74}$ = LE COIN DES MATHS

☐ $\frac{1}{2}A = \frac{1}{2} \times A = \frac{A}{2}$

Ces écritures sont équivalentes.

On peut donc écrire l'égalité trouvée précédemment sous la forme suivante :

$$\frac{-g}{2V_o^2 \cos^2 \alpha_o} \times x = -\tan \alpha_o \text{ d'où } \frac{g}{2V_o^2 \cos^2 \alpha_o} \times x = \tan \alpha_o$$

On veut isoler x .

$\pi_{3,74}$ = LE COIN DES MATHS

- ☐ Isoler A signifie que l'on veut avoir $A = \dots$

Quand on a : $\frac{B}{C} \times A = D$, pour « se débarrasser » de $\frac{B}{C}$, on multiplie les deux membres de l'égalité par l'inverse.

Dans notre cas, cela donne : $x = \tan \alpha_o \times \frac{2V_o^2 \cos^2 \alpha_o}{g}$

Application numérique : $x = \tan 40^\circ \times \frac{2 \times 4,8^2 \times \cos^2 40^\circ}{9,81} = 2,3 \text{ m}$

⚠ **Attention** : votre calculatrice doit être en mode degré pour le calcul de la tangente et du cosinus de l'angle.

Q3. Analyse de la question : comme la trajectoire du projectile est une parabole, la hauteur maximale qu'il peut atteindre correspond au sommet de la parabole.

REMARQUE : au sommet de la parabole, le vecteur vitesse est horizontal ce qui signifie que $v_y = 0$. En effet, le vecteur vitesse est toujours tangent à la trajectoire.

CONSEIL : On va chercher à déterminer le temps qui s'est écoulé quand le projectile atteint cette hauteur. Puis on déterminera, grâce à l'équation horaire $y = f(t)$, la hauteur correspondante $y_{\max}$.

- Détermination du temps :

Au sommet de la trajectoire, on a : $v_y = -g \times t + V_o \sin \alpha_o = 0$

$$\text{Donc : } t = \frac{V_o \sin \alpha_o}{g}$$

- Détermination de la hauteur maximale atteinte $y_{\max}$:

On injecte l'expression de t dans l'équation horaire $y = f(t)$:

$$y = -\frac{1}{2}g \times t^2 + V_o \sin \alpha_o \times t$$

$$\text{Ce qui donne : } y_{\max} = -\frac{1}{2}g \times \frac{V_o^2 \sin^2 \alpha_o}{g^2} + V_o \sin \alpha_o \times \frac{V_o \sin \alpha_o}{g}$$

$$\text{Après simplification, on obtient : } y_{\max} = \frac{1}{2} \times \frac{V_o^2 \sin^2 \alpha_o}{g}$$

Application numérique :

⚠ **Attention** : votre calculatrice doit être en mode degré pour le calcul du sinus de l'angle.

$$y_{\max} = \frac{1}{2} \times \frac{4,8^2 \sin^2 40}{9,81} = 0,49 \text{ m}$$

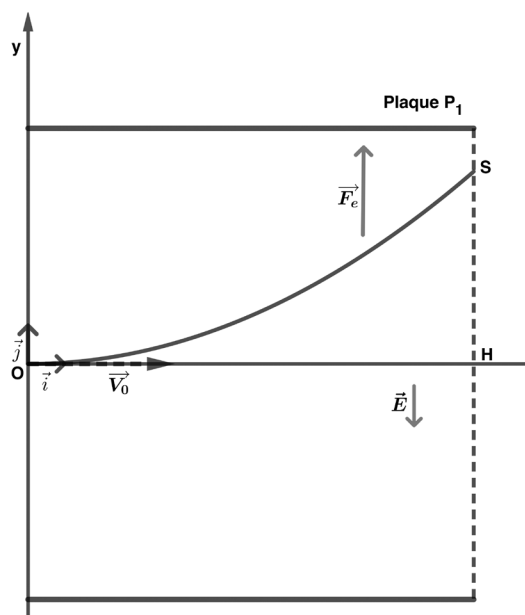
Exercice 3

Analyse de l'énoncé : sans le dire explicitement, l'énoncé nous donne le système, le référentiel et le bilan des forces. « L'électron de masse m_e et de charge $q = -e$, dont le mouvement étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen, est soumis à la seule force électrostatique. »

Q1. Système considéré : {l'électron}

- On étudiera son mouvement dans le référentiel terrestre, considéré comme galiléen.

- Bilan des forces extérieures appliquées au système : force électrique $\vec{F}_e$



La trajectoire de l'électron est courbée vers la plaque P_1 à cause de l'effet de la force électrostatique $\vec{F}_e$. On en déduit que cette force a pour sens : de la plaque P_2 vers la plaque P_1 .

Il est indiqué que le champ électrique $\vec{E}$ est perpendiculaire aux deux plaques et on sait que $\vec{F}_e = -e \times \vec{E}$. Ainsi le champ $\vec{E}$ aura la même direction que celle de la force $\vec{F}_e$, donc une direction verticale et le champ $\vec{E}$ aura un sens opposé à celui de la force $\vec{F}_e$.

Q2.

CONSEIL : Comme dans les exercices précédents, en suivant la même méthode, à partir de la deuxième loi de Newton, nous allons déterminer les coordonnées du vecteur accélération et à partir de là, celles du vecteur vitesse puis celles du vecteur position.

- D'après la **deuxième loi de Newton**, on a : $\Sigma \vec{F} = m_e \times \vec{a}$

$$\text{Donc } \vec{F}_e = m_e \times \vec{a} = -e \times \vec{E}$$

$$\text{D'où : } \vec{a} = \frac{-e \times \vec{E}}{m_e}$$

⚠ **Attention au signe** : $\vec{a}$ et $\vec{E}$ sont de sens opposé donc $\vec{a}$ est dirigé dans le même sens que l'axe (Oy).

$$\text{Les coordonnées du vecteur accélération sont donc : } \vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{e \times E}{m} \end{cases}$$

► **Expression du vecteur vitesse.**

On sait que : $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, donc, en primitivant, on obtient $\vec{v} \begin{cases} v_x = 0 + C_1 \\ v_y = \frac{e \times E}{m_e} \times t + C_2 \end{cases}$

C_1 et C_2 sont des constantes d'intégration. On va pouvoir les déterminer grâce aux conditions initiales.

À $t = 0$, on a donc le vecteur vitesse qui s'écrit comme suit :

$$\vec{v}(t=0) \begin{cases} v_x = C_1 \\ v_y = C_2 \end{cases}$$

Or, d'après l'énoncé, à $t = 0$, on a : $\vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0 \\ v_{0y} = 0 \end{cases}$

Par identification entre les deux vecteurs vitesse à $t = 0$, on en déduit que $C_1 = v_0$ et $C_2 = 0$.

$$\text{Donc } \vec{v} \begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = \frac{e \times E}{m_e} \times t \end{cases}$$

► **Expression du vecteur position.**

- On sait que $\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$ donc $\vec{OM} \begin{cases} x = v_0 \times t + C_3 \\ y = \frac{e \times E}{2 \times m_e} \times t^2 + C_4 \end{cases}$

C_3 et C_4 sont des constantes d'intégration. On va pouvoir les déterminer grâce aux conditions initiales

À $t = 0$, l'électron est à l'origine du repère $\vec{OM} \begin{cases} x = 0 \\ y = 0 \end{cases}$, on en déduit que $C_3 = C_4 = 0$.

$$\text{Ainsi } \vec{OM} \begin{cases} x = v_0 \times t & (1) \\ y = \frac{e \times E}{2m_e} \times t^2 & (2) \end{cases}$$

Q3.

CONSEIL : Pour cette question, on peut se référer aux conseils donnés dans les exercices précédents.

D'après (1), on a $t = \frac{x}{v_0}$ que l'on reporte dans (2).

On obtient alors : $y = \frac{e \times E}{2 \times m_e} \times \frac{x^2}{v_0^2}$ comme indiqué dans le sujet.

Q4. Pour déterminer la hauteur SH, on cherche la valeur de y correspondant au point S. Nous venons de déterminer l'équation de la trajectoire qui donne des valeurs de y en fonction de celles de x .

Or, nous connaissons l'abscisse de S : $x_S = L$.

On remplace donc x par L et nous calculons y_S .

$$y_S = \frac{e \times E}{2 \times m_e} \times \frac{L^2}{v_o^2} = \frac{1,6 \times 10^{-19} \times 15 \times 10^3 \times (8,5 \times 10^{-2})^2}{2 \times 9,11 \times 10^{-31} \times (2,3 \times 10^7)^2} = 1,8 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Q5.

CONSEIL : Nous avons déterminé, dans les questions précédentes, les coordonnées du vecteur vitesse en fonction du temps. On a vu que V_x ne dépendait pas du temps contrairement à V_y . Il faut donc déterminer la valeur de t quand l'électron est au point S.

Quand l'électron est au point S, son abscisse est égale à $x_S = L$

Or $t = \frac{x}{v_o}$ donc $t = \frac{L}{v_o}$

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = v_o \\ v_y = \frac{e \times E}{m_e} \times t \end{cases}$$

CONSEIL : Pour calculer V_y : on « injecte » la valeur de t que l'on vient de déterminer dans l'expression de $V_y(t)$.

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = v_o \\ v_y = \frac{e \times E}{m_e} \times \frac{L}{v_o} \end{cases}$$

On peut désormais calculer la valeur de v .

$\pi_{3,14}$ LE COIN DES MATHS

Calculer la valeur (encore appelée norme) d'un vecteur. Soit un vecteur $\vec{v} \begin{cases} v_x \\ v_y \end{cases}$. Pour trouver sa valeur, on effectue le calcul suivant : $v = \sqrt{(v_x^2 + v_y^2)}$

$$\text{Donc } v = \sqrt{\left(v_o^2 + \frac{(e \times E \times L)^2}{m_e^2 \times v_o^2} \right)}$$

$$\text{Application numérique : } v = \sqrt{\left((2,3 \times 10^7)^2 + \frac{(1,6 \times 10^{-19} \times 15 \times 10^3 \times 8,5 \times 10^{-2})^2}{(9,11 \times 10^{-31})^2 \times (2,3 \times 10^7)^2} \right)}$$

$$v = 2,5 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$



RAPPELS DE PREMIÈRE

On se place dans un référentiel galiléen et dans un champ de pesanteur uniforme.

- **L'énergie cinétique E_c** d'un point matériel de masse m et de vitesse v est définie

$$\text{par : } E_c = \frac{1}{2} \times m \times v^2 \text{ avec } \begin{cases} m \text{ en kilogramme (kg)} \\ v \text{ en mètre par seconde (m.s}^{-1}\text{)} \\ E_c \text{ en joule (J)} \end{cases}$$

- **L'énergie potentielle de pesanteur E_p** d'un point matériel de masse m situé à l'altitude z (avec un axe Oz orienté vers le haut) est définie par : $E_p = m \times g \times z$ avec

$$\begin{cases} m \text{ en kg} \\ g \text{ intensité du champ de pesanteur en Newton par kilogramme (N . kg}^{-1}\text{)} \\ z \text{ en mètre (m)} \\ E_p \text{ en Joule (J)} \end{cases}$$

(Cette relation est valable en choisissant $E_p = 0$ pour $z = 0$).

- **L'énergie mécanique E_m** d'un point matériel de masse m , de vitesse v et situé à l'altitude z est définie par : $E_m = E_c + E_p$ avec E_c , E_p et E_m en Joule (J).

- Le **travail d'une force constante $\vec{F}$ sur un déplacement de A vers B de son point d'application**, est égal à : $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overline{AB} = F \times AB \times \cos(\vec{F}, \overline{AB})$ avec

$$\begin{cases} W_{AB}(\vec{F}) \text{ en Joule (J)} \\ F \text{ en Newton (N)} \\ AB \text{ en mètre (m)} \end{cases}$$

Le travail est une grandeur algébrique : $W > 0$: travail moteur, $W < 0$: travail résistant, $W = 0$: travail nul.

- **Travail du poids $\vec{P}$** d'un objet lors d'un déplacement de A (altitude z_A) vers B (altitude z_B) :

$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overline{AB} = mg \times (z_A - z_B) \text{ avec } \begin{cases} W_{AB}(\vec{P}) \text{ en joule (J)} \\ m \text{ en kilogramme (kg)} \\ g \text{ en Newton par kilogramme (N . kg}^{-1}\text{)} \\ z_A \text{ et } z_B \text{ en mètre (m)} \end{cases}$$

- **Travail de la force de frottements $\vec{f}$** lors d'un déplacement de A vers B :

$$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \overrightarrow{AB} = -f \times AB \text{ avec } \begin{cases} f \text{ en Newton (N)} \\ AB \text{ en mètre (m)} \\ W_{AB}(\vec{f}) \text{ en Joule (J)} \end{cases}$$

- Une **force est dite conservative** quand son travail ne dépend pas du chemin suivi et non conservative dans le cas contraire (Le poids est une force conservative et les frottements sont des forces non conservatives).
- **Théorème de l'énergie cinétique** : la variation d'énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel de masse m entre deux positions A et B est égale à la somme des travaux des forces appliquées au solide entre les positions A et B : $\Delta E_c = E_{cB} - E_{cA} = \Sigma W_{AB}(\vec{F})$ avec ΔE_c et $W_{AB}(\vec{F})$ en Joule (J).
- **Théorème de l'énergie mécanique** : la variation de l'énergie mécanique entre les points A et B est égale à la somme des travaux des forces non conservatives appliquées au système. $\Delta E_m = \Sigma W_{AB}(\vec{F}_{\text{non conservatives}})$ avec ΔE_m et $W_{AB}(\vec{F}_{\text{non conservatives}})$ en Joule (J).



L'ESSENTIEL DU COURS DE TERMINALE

Rien de nouveau cette année.

$\pi_{3,74}$ = LE COIN DES MATHS

Soit $\vec{u}$ et $\vec{v}$ deux vecteurs du plan. On appelle produit scalaire, le nombre réel noté $\vec{u} \cdot \vec{v}$, défini par :

$\vec{u} \cdot \vec{v} = u \times v \times \cos \theta$ avec u et v normes des vecteurs $\vec{u}$ et $\vec{v}$ et θ angle formé entre les vecteurs $\vec{u}$ et $\vec{v}$. Dans un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$, si on a : $\vec{u} \begin{cases} u_x \\ u_y \end{cases}$ et $\vec{v} \begin{cases} v_x \\ v_y \end{cases}$ alors $\vec{u} \cdot \vec{v} = u_x \times v_x + u_y \times v_y$

EXERCICES

Exercice 1 – Bac 2023 Asie J2 – Un saut parfait

Le saut au ski Freestyle est une discipline olympique qui est l'équivalent sur neige du trampoline ou de la gymnastique. Les skieurs s'élancent à plus de $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ sur une rampe et montent à une hauteur suffisante pour réaliser des figures.

La performance est jugée par rapport à la qualité d'exécution et de réception ainsi que par rapport à la hauteur et à la portée du saut.

Pour une même valeur de la vitesse initiale, les caractéristiques du saut – durée, hauteur, portée – dépendent notamment de l'inclinaison α de la rampe par rapport au plan horizontal.

Dans la partie A, on utilise un modèle simplifié pour prévoir, à partir des équations horaires, comment varient la durée du saut ainsi que la distance et la hauteur maximales théoriques en fonction de l'angle α de la rampe avec l'horizontale.

Dans la partie B, on examine la hauteur réellement atteinte à partir des données expérimentales dans le cadre d'une étude énergétique.

On s'intéresse au mouvement du centre de masse G du skieur qui s'élance depuis une rampe, à une hauteur initiale H_0 , avec une vitesse initiale dont le vecteur $\vec{v}_0$ est incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale (voir figure 1 ci-dessous).

Dans tout l'exercice, le référentiel terrestre est supposé galiléen. Les axes sont choisis de telle sorte que le plan (Ox, Oz) contienne la trajectoire.

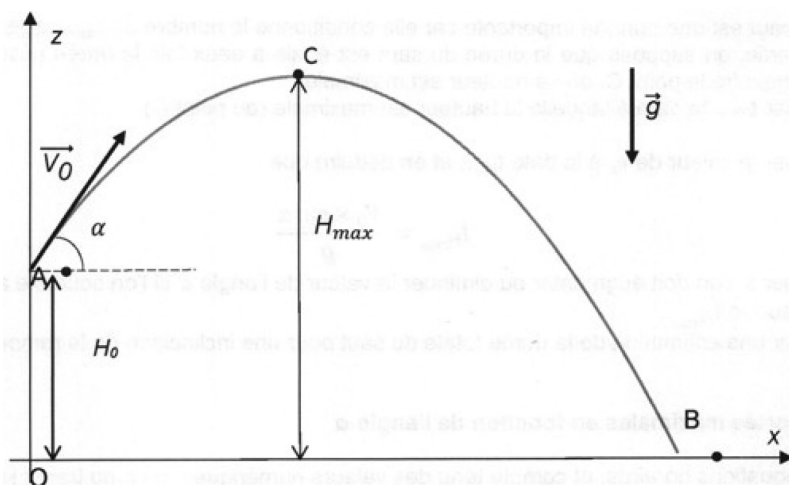


Figure 1 - Schématisation de la trajectoire du centre de masse G

Données :

- Masse du skieur avec son équipement : $m = 80 \text{ kg}$
- Valeur du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- Valeur de la hauteur initiale : $H_0 = 3,60 \text{ m}$
- Valeur de la vitesse initiale : $V_0 = 17 \text{ m.s}^{-1}$

Rappel : la fonction sinus est croissante sur l'intervalle $[0, 90^\circ]$.

► **Partie A. Étude théorique portant sur l'influence de l'angle α entre la rampe et le plan horizontal**

Dans cette partie, on fait les hypothèses simplificatrices suivantes :

- On néglige les frottements de l'air sur le skieur ;
- On néglige les rotations du skieur sur lui-même.

La seule force appliquée sur le skieur est donc son poids.

Q1. Déterminer, à partir de la deuxième loi de Newton, les expressions littérales des coordonnées a_x et a_z du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre de masse G du skieur.

Q2. Établir les expressions des coordonnées $v_x(t)$ et $v_z(t)$ du vecteur vitesse du centre de masse G et montrer que les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ du centre de masse sont :

$$\overrightarrow{OG} \begin{cases} x(t) = V_0 \cdot (\cos \alpha) \cdot t \\ z(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + V_0 \cdot (\sin \alpha) \cdot t + H_0 \end{cases}$$

► **Durée du saut en fonction de l'angle α**

La durée du saut est une donnée importante car elle conditionne le nombre de figures réalisables. Dans cette partie, on suppose que la durée du saut est égale à deux fois la durée nécessaire au skieur pour atteindre le point C, où sa hauteur est maximale.

On désigne par $t_{H_{\max}}$ la date à laquelle la hauteur est maximale (au point C).

Q3. Préciser la valeur de v_z à la date $t_{H_{\max}}$ et en déduire que :

$$t_{H_{\max}} = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

Q4. Préciser si l'on doit augmenter ou diminuer la valeur de l'angle α si l'on souhaite augmenter la valeur de $t_{H_{\max}}$.

Q5. Donner une estimation de la durée totale du saut pour une inclinaison de la rampe de 30° .

► **Hauteur et portée maximales en fonction de l'angle α**

À partir des équations horaires, et compte tenu des valeurs numériques, on a pu tracer les évolutions de la hauteur maximale $H_{\max}$ et de la portée OB en fonction de l'angle α .

Les graphiques correspondants sont donnés en figures 2 et 3 ci-après.

Q6. Indiquer dans quel intervalle de valeurs doit théoriquement se trouver l'angle α pour continuer d'augmenter simultanément la hauteur et la portée tout en permettant d'envisager un saut d'une hauteur d'au moins 7 m.

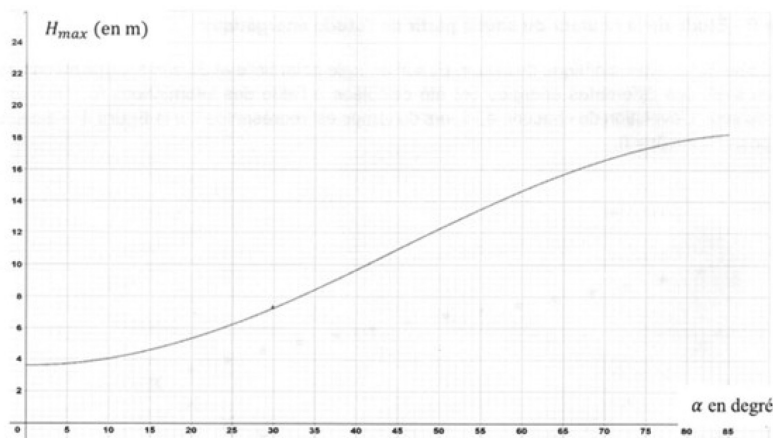


Figure 2 - Hauteur max en fonction de l'angle

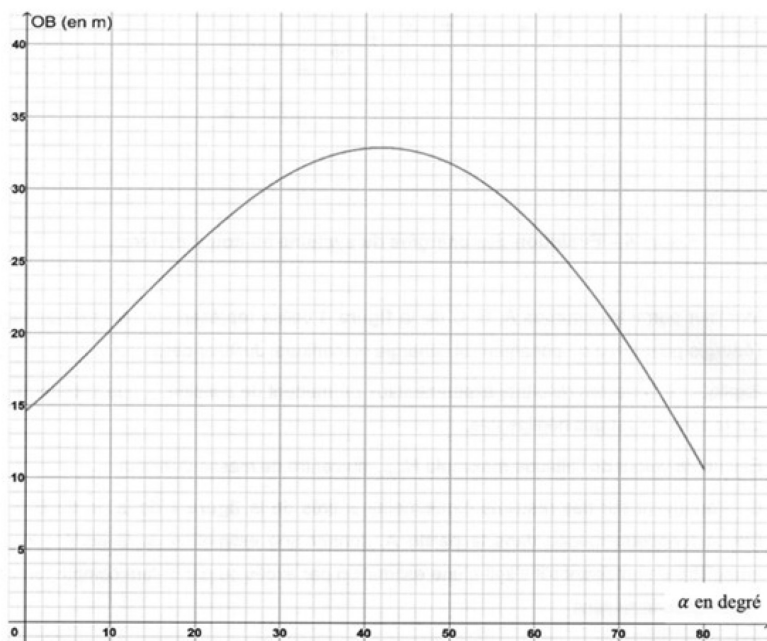


Figure 3 - Portée en fonction de l'angle

► **Partie B. Étude de la hauteur du saut à partir de l'étude énergétique**

On nomme E_c l'énergie cinétique du skieur, E_p son énergie potentielle et E_m son énergie mécanique.

Lors du saut, ces différentes énergies ont été calculées à l'aide des informations fournies sur la vidéo du saut. L'évolution de chacune au cours du temps est représentée sur la figure 4 ci-dessous.

On a posé $E_p(z = 0) = 0$.

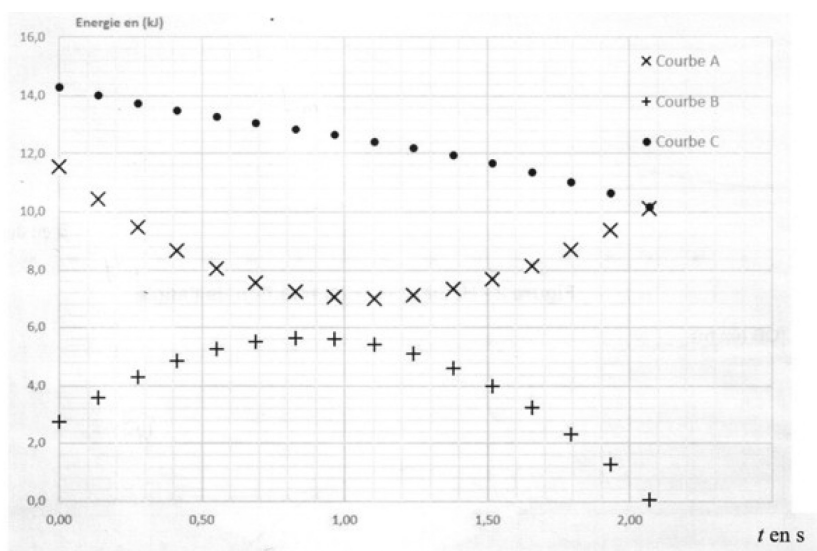


Figure 4 – Évolution des énergies du système au cours du temps

Q7. Identifier parmi les courbes A, B, C de la figure 4 celles représentant l'énergie cinétique, l'énergie potentielle de pesanteur et l'énergie mécanique. Justifier ces choix.

Q8. Expliquer en quoi les résultats expérimentaux permettent de considérer que l'action de l'air sur le skieur n'est pas négligeable.

Q9. Estimer la valeur de l'altitude maximale $H_{\max}$ du centre de masse du skieur.

Q10. En s'appuyant sur des résultats expérimentaux tirés de la figure 4 de la partie B et sur l'étude théorique menée dans la partie A, donner une estimation de la portée du saut enregistré en précisant s'il s'agit d'une estimation par excès ou par défaut compte tenu des hypothèses formulées.

Plusieurs raisonnements sont possibles. Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche.