MOUVEMENT DANS UN CHAMP UNIFORME – EXERCICES

Exercice 1 :

Le but de cet exercice est d'étudier l'éjection de blocs de matière émis lors de l'éruption de la montagne Pelée en 1902.

Il s'agit dans cet exercice de chercher l'ordre de grandeur des vitesses d'éjection de blocs de matière émis lors de cette éruption volcanique et de déterminer l'altitude maximale atteinte par un bloc dans une situation donnée.

On considère, dans le référentiel terrestre supposé galiléen, un bloc de matière de masse m. Ce bloc est assimilé à un point matériel.

Le repère d'étude $(O, \vec{i}, \vec{k})$ est choisi de telle sorte que le vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$ soit dans le plan xOz , incliné d'un angle α par rapport à l'axe (Ox).

L'origine des dates est l'instant où le bloc quitte le point O.

Dans tout l'exercice, on néglige la poussée d'Archimède et les forces de frottement dues à l'air. La valeur de l'intensité de la pesanteur g est prise égale à 9,8 m.s^{-2}.

1) Montrer que :

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

2) Etablir l'équation de la trajectoire.

On suppose que $\alpha = 43°$ et $v_0 = 110\ m.s^{-1}$ et m = 500 kg.

3) Quelle est l'altitude maximale atteinte par le bloc de matière ?

4) A quelle distance du volcan le bloc de matière a-t-il été projeté ?

5) Quelle est la vitesse du bloc de matière lorsqu'il touche le sol ?

Exercice 2

Les rayons X sont produits dans des dispositifs appelés *tubes de Coolidge* (W.D.COOLIDGE, physicien américain, 1873 -1975).

Dans ce dispositif, des électrons émis par un filament chauffé par effet Joule, sont accélérés sous l'effet d'un champ électrique uniforme $\vec{E}$. Ce champ est créé par une tension électrique *U* d'environ 100 kV.

Les électrons se dirigent vers une cible de molybdène, métal de symbole Mo, avec laquelle ils interagissent pour produire les rayons X. Se déplaçant à une vitesse très élevée, ces électrons peuvent acquérir une énergie cinétique suffisante pour perturber les couches électroniques internes des atomes de la cible. Ces atomes, dans un état excité, vont alors émettre des rayons X en retournant à leur état fondamental.

La figure 1 ci-dessous reprend de manière simplifiée le principe du tube de Coolidge.

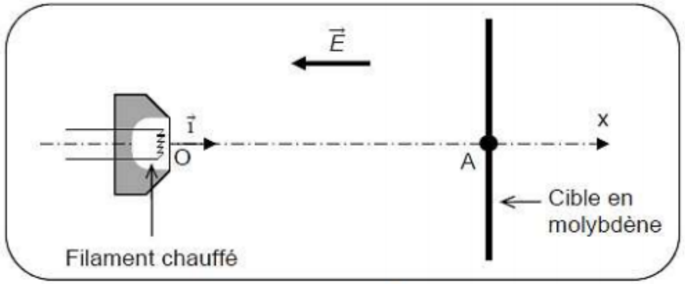


Figure 1

Données :

- entre le filament et la cible, séparées d'une distance *OA* = *L* = 2 cm, règne un champ électrique uniforme $\vec{E}$ dont la valeur est donnée par la relation : $E = \frac{U}{L}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m.s^{-1} ;
- charge électrique élémentaire : $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C ;
- masse de l'électron : $m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg ;
- intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81$ N.kg^{-1} ;

On se propose d'évaluer l'ordre de grandeur de la vitesse atteinte par les électrons lorsqu'ils arrivent sur la cible en molybdène.

On suppose pour cela qu'un électron est émis au point O avec une vitesse nulle à *t* = 0 s. Il arrive au point A avec une vitesse $\vec{v}$.

On considère qu'il est soumis à la force électrique $\vec{F_e}$.

1.1 Donner l'expression vectorielle de la force électrique $\vec{F_e}$ subie par un électron.

Comparer la direction et le sens de la force électrique $\vec{F_e}$ à ceux du champ électrique $\vec{E}$.

1.2 Montrer que dans le cas où la tension électrique *U* appliquée entre le filament et la cible vaut 100 kV, on peut négliger le poids de l'électron devant la force électrique.

1.3 Montrer que l'expression de la vitesse de l'électron lorsqu'il arrive au point A est :

$$v_A = \sqrt{\frac{2e.U}{m_e}}$$

Tout élément de la démarche sera valorisé, même si celle-ci n'aboutit pas.

1.4 Calculer la vitesse de l'électron lorsqu'il arrive au point A dans le cas où la tension électrique *U* appliquée entre le filament et la cible vaut 100 kV.

Exercice 3

On étudie le fonctionnement d'un pistolet lanceur de fusées éclairantes.

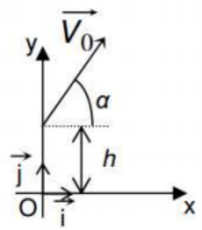
1. Durée de visibilité de la fusée

Sur la notice des fusées éclairantes que l'on peut utiliser dans ce type de pistolet, on trouve les informations suivantes :

> Cartouche qui lance une fusée éclairante s'allumant 1,0 seconde après son départ du pistolet et éclaire d'une façon intense pendant 6 secondes environ.
> Masse de la fusée éclairante : $m_f = 58$ g.

On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.
Le champ de pesanteur terrestre est considéré uniforme, de valeur $g = 9{,}8$ m.s^{-2}.
On négligera toutes les actions dues à l'air ainsi que la perte de masse de la fusée pendant qu'elle brille et on considèrera cette dernière comme un objet ponctuel.
On définit un repère (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$) avec O au niveau du sol et tel que la position initiale de la fusée éclairante à la sortie du pistolet soit à une hauteur $h = 1{,}8$ m. Le vecteur vitesse initiale $\vec{v_0}$ est dans le plan (O,x,y) ; Ox est horizontal et Oy est vertical et orienté vers le haut.

À l'instant t = 0 s, le vecteur vitesse de la fusée éclairante fait un angle α égal à 55 ° avec l'axe Ox et sa valeur est $v_0 = 50$ m.s^{-1}. On pourra se référer au schéma ci-contre.



1.1. Représenter le vecteur champ de pesanteur $\vec{g}$ sur le schéma donné en figure 1 de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** et tracer qualitativement l'allure de la trajectoire suivie par la fusée éclairante dans ce champ de pesanteur.

1.2. En utilisant une loi de Newton que l'on énoncera, déterminer les coordonnées du vecteur accélération de la fusée éclairante : $a_x(t)$ suivant x et $a_y(t)$ suivant y.

1.3. En déduire les expressions des coordonnées $v_x(t)$et $v_y(t)$ du vecteur vitesse de la fusée éclairante et les équations horaires du mouvement

1.4. Déterminer la valeur de la durée du vol de la fusée éclairante.

Exercice 4

Lors de ses recherches dans son laboratoire de Cambridge, Thomson conçoit un dispositif dans lequel un faisceau d'électrons est dévié lors de son passage entre deux plaques où règne un champ électrique. La mesure de la déviation du faisceau d'électrons lui permet alors de déterminer le rapport e/m_e.

L'étude suivante porte sur le mouvement d'un électron du faisceau qui pénètre entre deux plaques parallèles et horizontales P_1 et P_2, dans une zone où règne un champ électrique $\vec{E}$ supposé uniforme et perpendiculaire aux deux plaques.

À l'instant $t = 0$ s, l'électron arrive en un point O avec une vitesse horizontale $\vec{v_0}$.
La trajectoire de l'électron dans un repère (O,x,y) est fournie sur **L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.
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 $\vec{F_e}$.

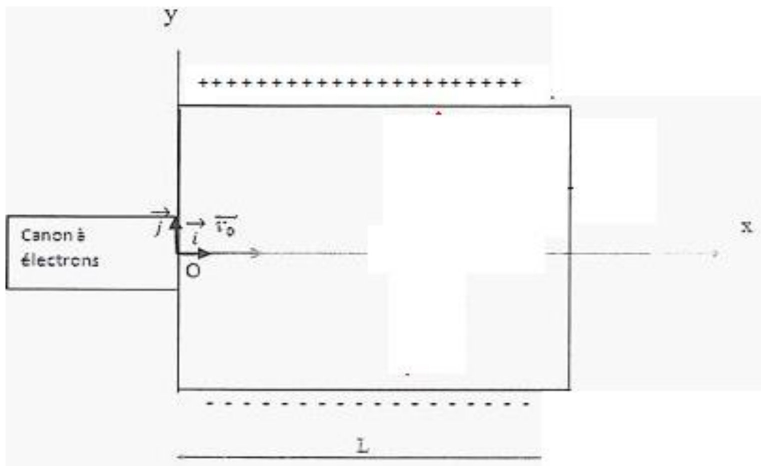
1.1. Sur le document de **L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, représenter sans souci d'échelle et en justifiant les tracés :
- le vecteur force $\vec{F_e}$ en un point de la trajectoire de l'électron ;
- le vecteur champ électrique $\vec{E}$ en un point quelconque situé entre les plaques P_1 et P_2.

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

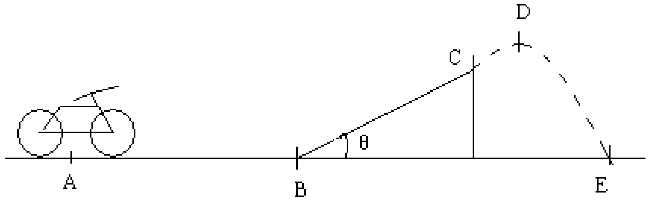
1.3. Vérifier que la trajectoire de l'électron a pour équation : $y = \dfrac{e.E}{2.m_e.v_0^2}.x^2$.

1.4. 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 le schéma de **L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**. On mesure SH = $y_S = 2{,}0\times10^{-2}$ m.
Déterminer, dans cette expérience, la valeur du rapport e/m_e de l'électron.
Conclure.

Données : Longueur des plaques : $L = 9{,}0\times10^{-2}$ m
Vitesse initiale de l'électron : $v_0 = 2{,}4\times10^7$ m.s^{-1}
Valeur du champ électrique : $E = 1{,}6\times10^4$ V.m^{-1}



<u>**Exercice 5**</u>



On se propose de faire l'étude énergétique d'une trajectoire effectuée par un cycliste (de masse m = 70 kg) que l'on assimilera à un objet ponctuel. En A, la vitesse du cycliste est nulle. Le cycliste pédale de manière constante entre les points A et B ce qui génère une force de traction constante que l'on notera $\vec{F}$. A partir du point B, le cycliste arrête de pédaler. Au point B, le cycliste atteint une vitesse $v_B = 42\ km.h^{-1}$. Sur le trajet AB, une force de frottement $\vec{f}$ constante s'exerce sur le cycliste telle que $f = 200\ N$. Le cycliste s'engage donc sur le tremplin BC puis chute jusqu'au point E. Le point D correspond à l'altitude maximale atteinte par le cycliste.

On donne AB = 85 m BC = 10 m et θ = 20 °

<u>**Etude du trajet BC (pour cette partie on considère que le frottements sont négligeables).**</u>

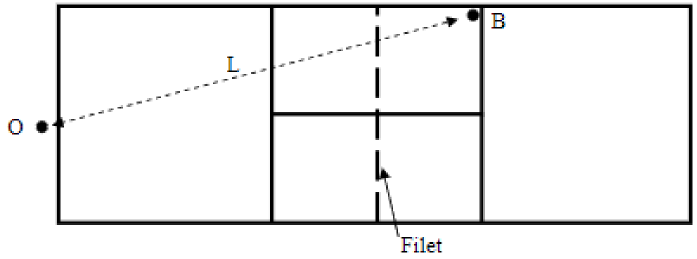
1) Effectuer le bilan des forces s'exerçant sur le cycliste le long du trajet BC. Les représenter sur un schéma.
2) Que peut-on dire de l'évolution de l'énergie mécanique le long du trajet BC ?
3) Calculer la variation d'énergie potentielle de pesanteur entre B et C
4) Déduire des deux questions précédentes la vitesse du cycliste en C.

<u>**Etude du trajet CE (pour cette partie on considère que le frottements sont négligeables).**</u>

1) Effectuer le bilan des forces s'exerçant sur le cycliste le long du trajet CE. Les représenter sur un schéma.
2) Que peut-on dire de l'évolution de l'énergie mécanique le long du trajet CE ?
Au sommet de la trajectoire, en D, la vitesse du cycliste est de $v_D = 28\ km.h^{-1}$
3) Quelle est l'altitude atteinte par le cycliste en D ?
4) Déterminer la vitesse du cycliste en E

<u>**Exercice 6**</u>

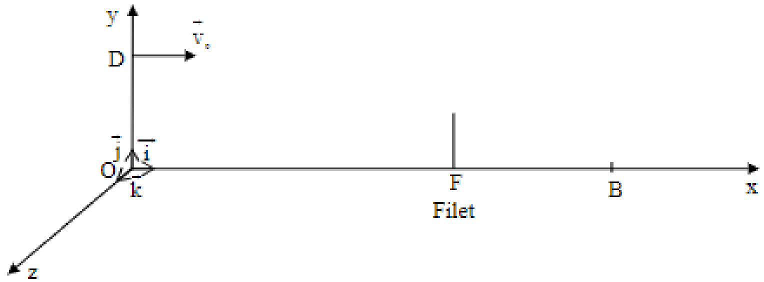
Un terrain de tennis est un rectangle de longueur 23,8 m et de largeur 8,23 m. Il est séparé en deux dans le sens de la largeur par un filet dont la hauteur est 0,920 m.
Lorsqu'un joueur effectue un service, il doit envoyer la balle dans une zone comprise entre le filet et une ligne située à 6,40 m du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



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 :

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

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 ?

3. Énergie de la balle.

3.1. Donner l'expression littérale de la variation d'énergie potentielle de la balle entre l'instant où elle quitte la raquette et l'instant où elle touche le sol. Calculer sa valeur.

3.2. Quelle est l'expression de l'énergie cinétique de la balle lorsqu'elle part de D ?
Indiquer les unités dans le système international.

3.3. Écrire les expressions de l'énergie mécanique de la balle en D (E_{mD}) et de la balle en B' ($E_{mB'}$).

3.4. Quelle est la relation entre E_{mD} et $E_{mB'}$? Justifier.

3.5. Déduire de 3.4. l'expression de la vitesse $v_{B'}$ de la balle lorsqu'elle frappe le sol.
Calculer cette vitesse.

Exercice 7

Depuis décembre 1987, un accélérateur de particules baptisé AGLAE est installé au centre de recherche et de restauration des musées de France.

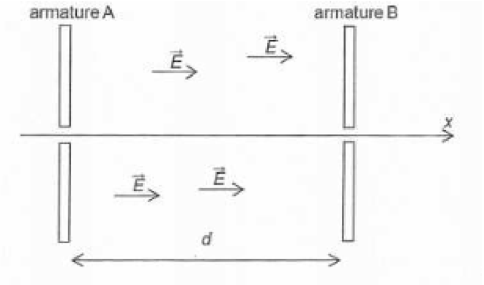
Données :

- 1 pm = 10^{-12} m ;
- 1 eV = $1,60 \times 10^{-19}$ J ;
- masse du proton : $m = 1,67 \times 10^{-27}$ kg ;
- intensité du champ de pesanteur : g = 9,8 m.s^{-2} ;
- charge du proton : $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C ;

Principe simplifié de l'accélérateur de particules

Dans l'accélérateur AGLAE, une tension électrique U = 2 MV est appliquée entre deux armatures A et B séparées par une distance d = 4 m. Cette tension génère un champ électrique $\vec{E}$ uniforme de valeur $E = \frac{U}{d}$.

Lorsque des protons pénètrent (à vitesse pratiquement nulle) dans ce champ, ils sont soumis à la force électrique et sont accélérés.



1) Etude énergétique :

1.1. Donner l'expression de la force électrique $\vec{F}$ s'exerçant sur un proton dans l'accélérateur et calculer sa valeur.

1.2. Peut-on négliger le poids du proton devant la force électrique qu'il subit dans l'accélérateur ? Justifier par un calcul.

1.3. Calculer la vitesse atteinte par le proton à la sortie de l'accélérateur.

1.4 Comment évolue la vitesse si on augmente la tension aux bornes de l'accélérateur ? Si on augmente la distance entre les deux plaques du condensateur ?

2) Etude avec la deuxième loi de Newton :

1) Faire un bilan des forces s'exerçant sur le proton.

2) Etablir que l'équation horaire du mouvement du proton est :

$$x(t) = \frac{1}{2}\frac{q}{m}Et^2$$

3) Au bout de combien de temps le proton va-t-il être éjecté de l'accélérateur ?

4) Quelle est la vitesse du proton à la sortie de l'accélérateur ? Comparer à la valeur calculée dans la partie 1.

Exercice 8

Il est expressément demandé de respecter les notations de l'énoncé : V désigne le volume, v désigne la valeur de la vitesse.

Données et opérations utiles à la résolution de l'exercice :

Valeur prise pour l'accélération de la pesanteur : $g = 10\ m.s^{-2}$ *Masse volumique de l'eau : $\rho_1 = 1000\ kg.m^{-3}$* *Masse volumique de l'air : $\rho_2 = 1,3\ kg.m^{-3}$*	$3,24 \times 2,10 = 6,80$ $3,24 \times 2,16 = 7,00$ $\frac{1}{1,3} = 0,77$

On étudie le mouvement d'une goutte d'eau en chute verticale dans l'air, en l'absence de tout vent. La force de frottement subie par la goutte a pour expression $\vec{f} = -K.\vec{v}_G$, où $\vec{v}_G$ désigne le vecteur vitesse du centre d'inertie de la goutte, et K est une constante.
La goutte de pluie considérée a une masse m, un volume V et une masse volumique ρ_1 constante.
On désigne par ρ_2 la masse volumique de l'air.

1.1.
1.1.1. Quelle est l'expression littérale de la valeur F_A de la poussée d'Archimède qui agit sur la goutte ?

1.1.2. *On note P la valeur du poids de la goutte.*
Établir l'expression du rapport $\frac{P}{F_A}$ en fonction des masses volumiques ρ_1 et ρ_2.

1.1.3. En utilisant les données numériques, montrer que F_A est négligeable devant P.

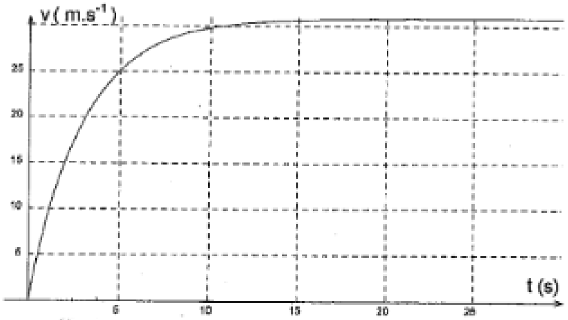
1.2. *Dans la suite de l'exercice, on négligera la poussée d'Archimède.*
1.2.1. *L'axe vertical du repère d'étude étant orienté vers le bas*, montrer que l'équation différentielle du mouvement de chute de la goutte peut se mettre sous la forme :

$$\frac{dv_G}{dt} = A.v_G + B$$

où A et B sont deux constantes que l'on exprimera en fonction de K, m et g.

1.2.2. Quelles sont les unités de A et B, dans le système international d'unités ?
On donne $A = -3,24 \times 10^{-1}$ SI et $B = 10$ SI.

1.4. *La courbe représentant l'évolution de la valeur de la vitesse au cours du temps est donnée ci-dessous :*



1.4.1. Comment évolue l'accélération de la goutte d'eau ? Justifier votre réponse.

1.4.2. Quelle est la valeur de cette accélération lorsque le régime permanent est atteint ? Comparer la valeur des forces qui agissent alors sur la goutte d'eau.

1.4.3. Établir l'expression littérale de la vitesse limite atteinte par la goutte d'eau.