Mouvement dans un champ uniforme – Exercices – Devoirs

Exercice 1 corrigé disponible

Le rugby, sport d'évitement.

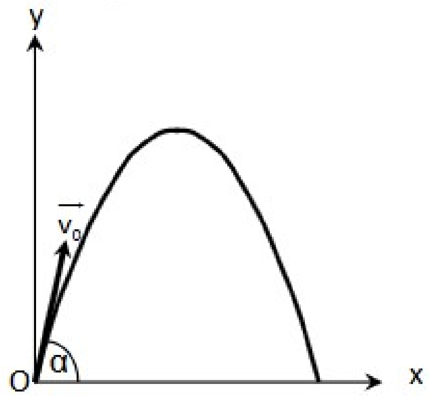
Document : La chandelle Au rugby, une « chandelle » désigne un coup de pied permettant d'envoyer le ballon en hauteur par-dessus la ligne de défense adverse. L'objectif pour l'auteur de cette action est d'être au point de chute pour récupérer le ballon derrière le rideau défensif.

On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Le champ de pesanteur terrestre est considéré uniforme, de valeur g = 9,81 N.kg^{-1}. On négligera toutes les actions dues à l'air. Le joueur A est animé d'un mouvement rectiligne uniforme de vecteur vitesse $\vec{v_1}$. Afin d'éviter un plaquage, il réalise une chandelle au-dessus de son adversaire.

On définit un repère $(O,\vec{i},\vec{j})$:

- origine : position initiale du ballon ;
- vecteur unitaire $\vec{i}$ de même direction et de même sens que $\vec{v_1}$
- vecteur unitaire $\vec{j}$ vertical et vers le haut.

À l'instant t = 0 s, le vecteur vitesse du ballon fait un angle α égal à 60° avec l'axe Ox et sa valeur est v_0 = 10,0 m.s^{-1}. Le graphique ci-dessous représente la trajectoire du ballon dans le repère choisi.



1.1. Étude du mouvement du ballon.

1.1.1. Établir les coordonnées a_x et a_y du vecteur accélération du point M représentant le ballon.

1.1.2. Montrer que les équations horaires du mouvement du point M sont :

$$x(t)=(v_0\cos\alpha)t \quad \text{et} \quad y(t)=-\frac{g t^2}{2}+(v_0\sin\alpha)t$$

1.1.3. En déduire l'équation de la trajectoire du point M :

$$y(x)=-\frac{g}{2(v_0\cos\alpha)^2}x^2+\tan\alpha\, x$$

1.1.4. Le tableau de l'ANNEXE rassemble les représentations graphiques de l'évolution dans le temps des grandeurs x, y, v_x et v_y, coordonnées des vecteurs position et vitesse du point M.

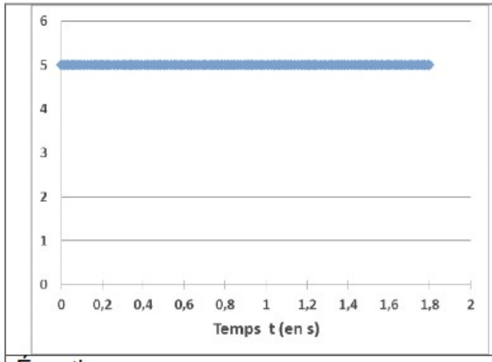
Dans le tableau de l'ANNEXE , écrire sous chaque courbe l'expression de la grandeur qui lui correspond et justifier.

1.2. Une « chandelle » réussie

1.2.1. Déterminer par le calcul le temps dont dispose le joueur pour récupérer le ballon avant que celui-ci ne touche le sol. Vérifier la valeur obtenue en faisant clairement apparaître la réponse sur l'un des graphes du tableau de l'ANNEXE .

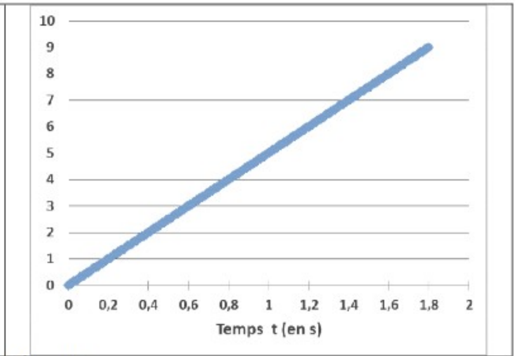
1.2.2. Déterminer de deux manières différentes la valeur de la vitesse v_1 du joueur pour que la chandelle soit réussie.

ANNEXE - LE RUGBY, SPORT DE CONTACT ET D'ÉVITEMENT



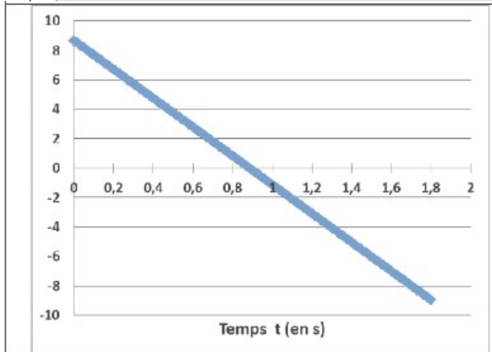
Équation :

Justification :



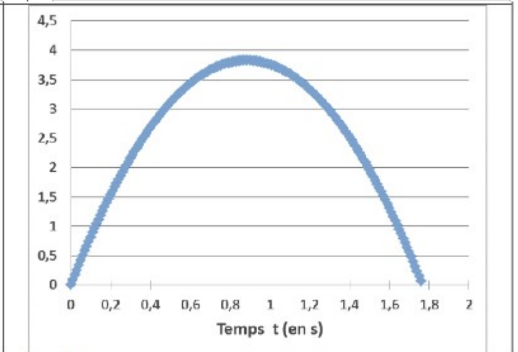
Équation :

Justification :



Équation :

Justification :

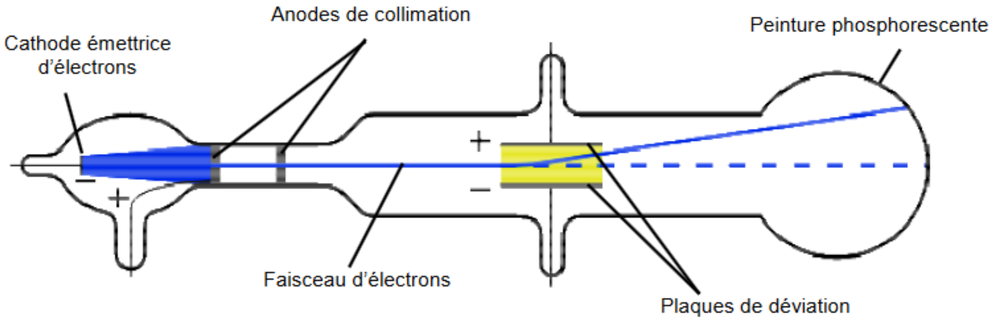


Équation :

Justification :

Exercice 2 **corrigé disponible**

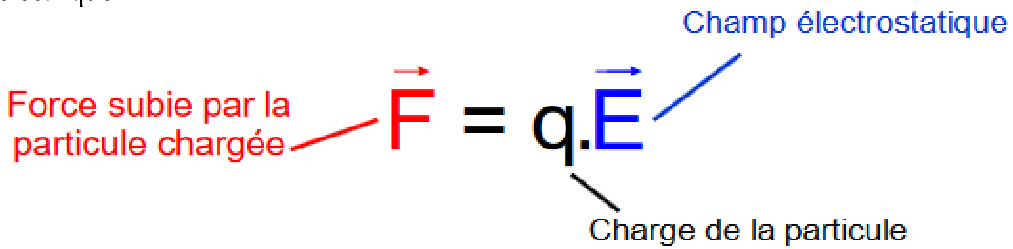
Document 1 : La deuxième expérience de Thomson Le physicien anglais Joseph John Thomson utilisa un tube à vide, dans lequel une cathode émet des électrons. Ceux-ci sont accélérés dans un champ électrostatique créé par des anodes de collimation. À la sortie de ces anodes, les électrons forment un faisceau très étroit. Ce faisceau passe ensuite entre deux plaques métalliques de charges opposées. Les électrons, soumis à un nouveau champ électrostatique, sont alors déviés de leur trajectoire et viennent frapper un écran constitué d'une couche de peinture phosphorescente. Tube utilisé par Thomson pour montrer la déviation de particules chargées par un champ électrostatique :



Document 2 : Création d'un champ électrostatique Deux plaques métalliques horizontales portant des charges opposées possèdent entre elles un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ caractérisé par :

- sa direction : perpendiculaire aux plaques
- son sens : de la plaque chargée positivement vers la plaque chargée négativement.

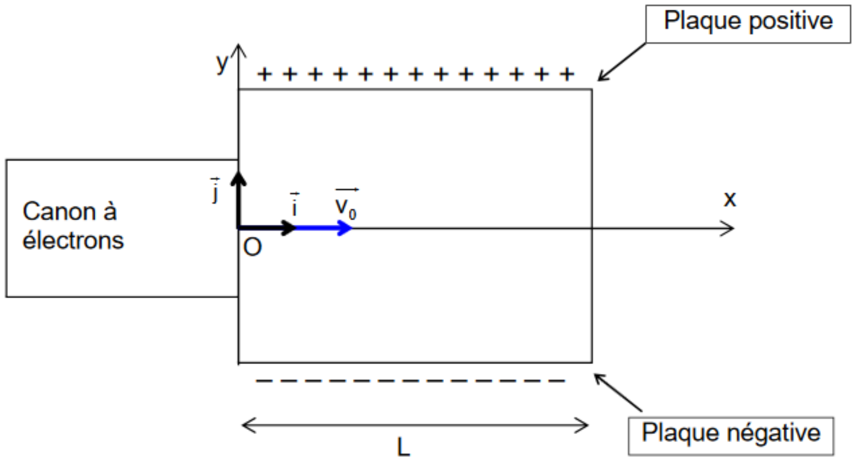
Document 3 : Force électrostatique subie par une particule chargée dans champ électrique $\vec{E}$



Pour un électron : q = - e ; e étant la charge élémentaire.

Document 4 : Interactions entre particules chargées Deux particules de charges de même signe se repoussent ; deux particules de charges opposées s'attirent.

Document 5 : Expérience de laboratoire ; détermination du rapport e/m pour l'électron Le montage ci-dessous reprend le principe de la deuxième expérience de Thomson. Il comporte un tube à vide dans lequel un faisceau d'électrons est dévié entre deux plaques de charges opposées. On mesure la déviation verticale du faisceau d'électrons lors de la traversée des plaques sur une longueur L, afin de déterminer la valeur du rapport e/m.



Données de l'expérience : Les électrons sortent du canon à électrons avec une vitesse $v_0 = 2{,}27 \times 10^7$ m.s^{-1}. Le faisceau d'électrons passe entre les deux plaques chargées et est dévié d'une hauteur h quand il sort des plaques. L'intensité du champ électrostatique entre les deux plaques est : E = 15,0 kV.m^{-1}. La longueur des plaques est : L = 8,50 cm. On fait l'hypothèse que le poids des électrons est négligeable par rapport à la force électrostatique $\vec{F}$.

1. Détermination du caractère négatif de la charge de l'électron par J.J. Thomson.

1.1. À l'aide du document 2, représenter sur L'ANNEXE le vecteur correspondant au champ électrostatique $\vec{E}$. On prendra l'échelle suivante : 1,0 cm pour 5,0 kV.m^{-1}.

1.2. J.J. Thomson a observé une déviation du faisceau d'électrons vers la plaque métallique chargée positivement (voir document 1). Expliquer comment J.J. Thomson en a déduit que les électrons sont chargés négativement.

1.3. À l'aide du document 3, donner la relation entre la force électrostatique $\vec{F}$ subie par un électron, la charge élémentaire e et le champ électrostatique $\vec{E}$. Montrer que le sens de déviation du faisceau d'électrons est cohérent avec le sens de $\vec{F}$.

2. Détermination du rapport $\frac{e}{m}$ pour l'électron.

2.1. En appliquant la deuxième loi de Newton à l'électron, montrer que les relations donnant les coordonnées de son vecteur accélération sont : $a_x = 0$ et $a_y = \frac{eE}{m}$

2.2.1. Démontrer que la courbe décrite par les électrons entre les plaques admet pour équation : $y = \frac{eE}{2mv_0^2}x^2$

À la sortie des plaques, en x = L, la déviation verticale du faisceau d'électrons par rapport à l'axe (Ox) a une valeur h = 1,85 cm.

2.2.2. En déduire l'expression du rapport $\frac{e}{m}$ en fonction de E, L, h et v_0.

2.2.3. Donner la valeur du rapport $\frac{e}{m}$.

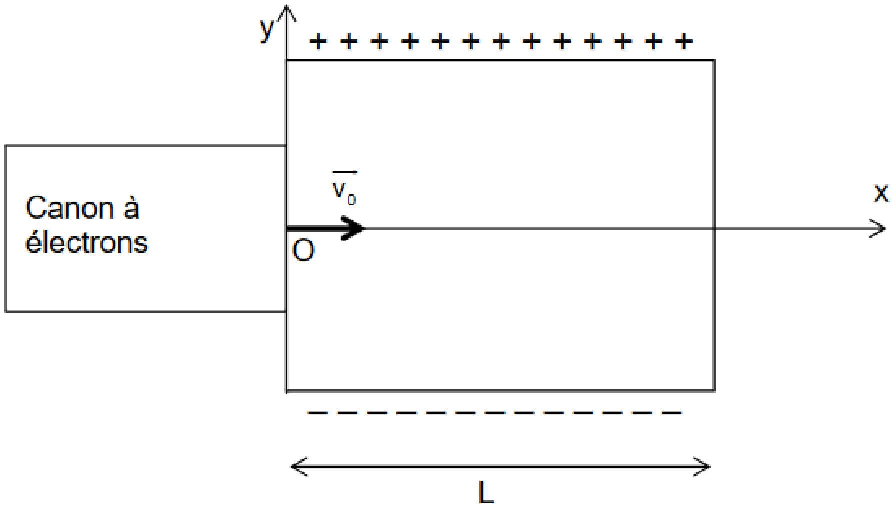
2.2.4. On donne ci-dessous les valeurs des grandeurs utilisées, avec les incertitudes associées :

$v_0 = (2{,}27 \pm 0{,}02) \times 10^7$ m.s^{-1}
E = (15,0 ± 0,1) kV.m^{-1}
L = (8,50 ± 0,05) cm
h = (1,85 ± 0,05) cm

L'incertitude du rapport $\frac{e}{m}$, notée $\Delta(\frac{e}{m})$ s'exprime par la formule suivante :

$$\Delta\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{e}{m}\sqrt{\left(\frac{U(h)}{h}\right)^2 + \left(\frac{U(E)}{E}\right)^2 + 4\left(\frac{U(v_0)}{v_0}\right)^2 + 4\left(\frac{U(L)}{L}\right)^2}$$

Calculer l'incertitude $\Delta(\frac{e}{m})$ puis exprimer le résultat de $\frac{e}{m}$ avec cette incertitude.



Exercice 3 corrigé disponible

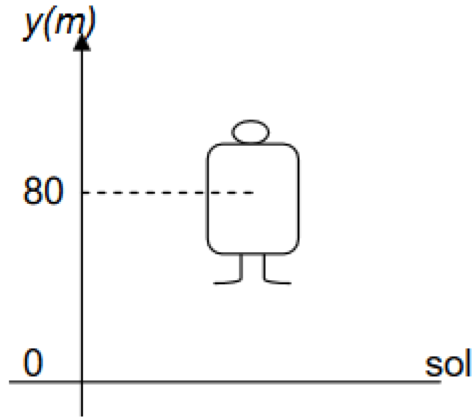
Démunis des superpouvoirs des supers héros traditionnels, le héros de bande dessinée Rocketeer utilise un réacteur placé dans son dos pour voler. En réalité, ce type de propulsion individuelle, appelé Jet-Pack, existe depuis plus de cinquante ans mais la puissance nécessaire interdisait une autonomie supérieure à la minute. Aujourd'hui, de nouveaux dispositifs permettent de voler durant plus d'une demi-heure.

Données :

- intensité de la pesanteur sur Terre : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$
- les forces de frottements de l'air sont supposées négligeables.

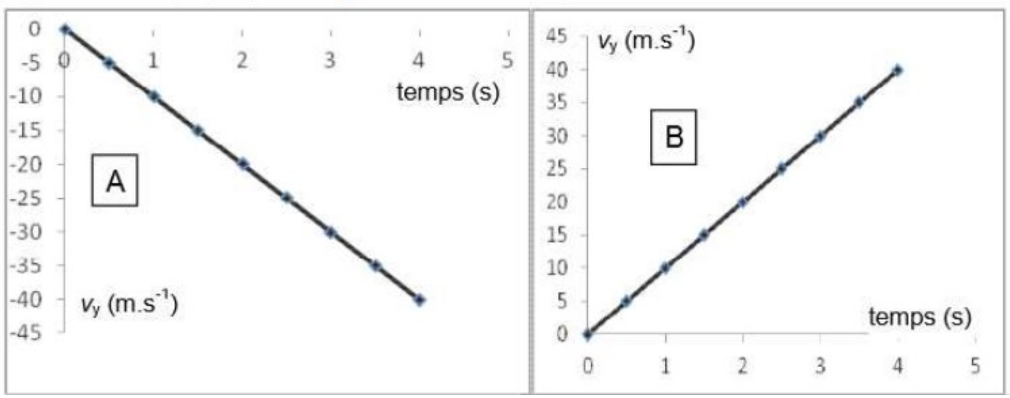
1. Problème technique

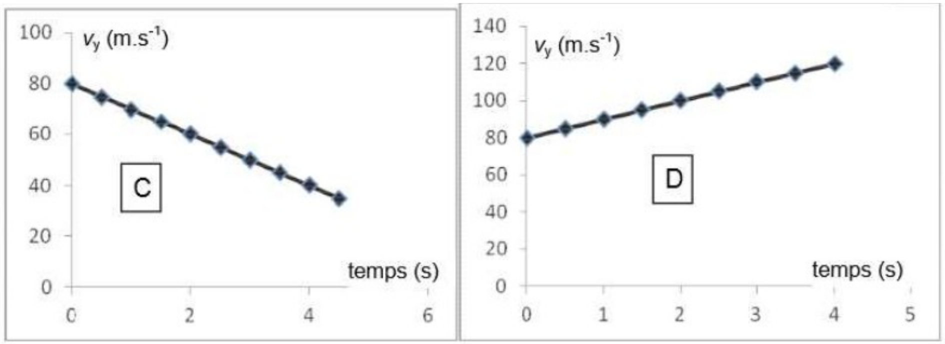
Après à peine quelques dizaines de mètres, le jet-pack ne répond plus et tombe en panne : au bout de 80 m d'ascension verticale, la vitesse de Rocketeer est nulle. Le « Super héros » amorce alors un mouvement de chute verticale. La position de Rocketeer et de son équipement est repérée selon l'axe Oy vertical dirigé vers le haut et la date t = 0 s correspond au début de la chute, soit à l'altitude y_0= 80 m. Le schéma ci-contre est tracé sans souci d'échelle.



1.1. Les représentations graphiques données à la page suivante proposent quatre évolutions au cours du temps de V_y, vitesse de Rocketeer suivant l'axe O_y. Quelle est la représentation cohérente avec la situation donnée ? Une justification qualitative est attendue.

Représentation graphique de V_y en fonction du temps t





1.2. Montrer que lors de cette chute, la position de Rocketeer est donnée par l'équation horaire : $y(t) = -5t^2 + 80$ avec t en seconde et y en mètre.
1.3. À quelques kilomètres du lieu de décollage de Rocketeer se trouve le Manoir Wayne, demeure d'un autre super héros, Batman. Alerté par ses superpouvoirs dès le début de la chute de Rocketeer, ce dernier saute dans sa Batmobile, véhicule se déplaçant au sol.

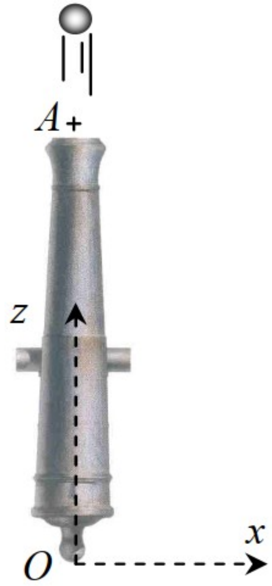
Emplacement du Manoir Wayne :

Quelle doit-être la valeur minimale de la vitesse moyenne à laquelle devra se déplacer Batman au volant de sa Batmobile pour sauver à temps son ami Rocketeer ? Commenter. 1 km

Exercice 4 corrigé disponible

Mouvement vertical dans un champ de pesanteur

Un boulet de canon de masse $m = 10\ kg$ est lancé verticalement en l'air, entraîné par une force $F = 1{,}0 \cdot 10^3\ N$ constante jusqu'à sa sortie du canon. On étudiera le mouvement de ce projectile dans le référentiel terrestre supposé galiléen. On négligera toutes les forces de frottement et celles dues à l'air dans tout l'exercice. On prendra $g = 10$ m.s^{-2}



Première étape : le tir

1.1. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur le boulet lorsqu'il circule dans le fût du canon.
1.2. Rappeler la définition d'un référentiel galiléen.
1.3. Déterminer l'expression de l'accélération en fonction de F, m et g.
1.4. Calculer la valeur de cette accélération.
1.5. Déterminer la durée pendant laquelle le boulet s'est déplacé dans le fût si sa vitesse à la sortie du canon est de 20 m/s.

Deuxième étape : la chute libre

Le boulet sort du fût au point A à l'origine du temps. L'équation horaire de son mouvement est alors :

$$z(t)=-10t^2+20t+0{,}2$$

2.1. Qu'est ce qu'une chute libre ?

2.2. A partir de cette équation horaire, déterminer :

2.2.1. la hauteur du fût.

2.2.2. la vitesse initiale du boulet

2.2.3. l'accélération du boulet lors de son ascension.

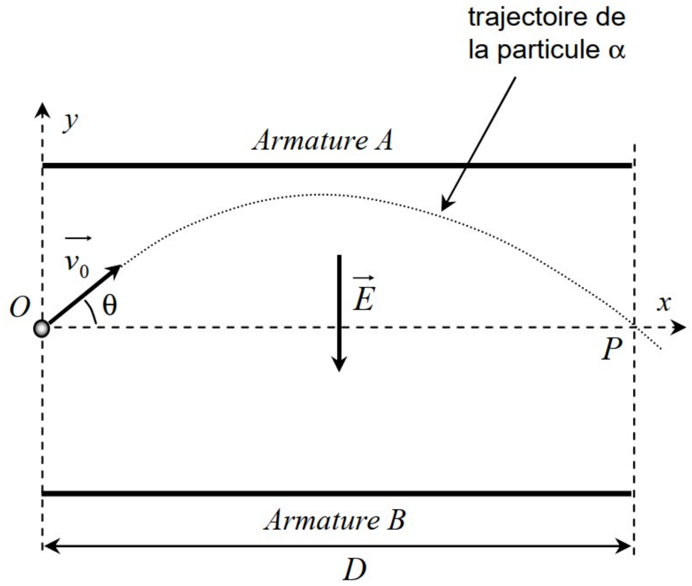
2.3. Déterminer la date à laquelle le boulet arrive au sommet de sa trajectoire.

2.4. En déduire la hauteur maximale qu'atteint le boulet.

Exercice 5 **corrigé disponible**

Mouvement dans un champ électrique

Une particule α (noyau d'hélium) est émise avec une vitesse v_0 à l'intérieur d'un condensateur à armatures planes telles que Q_B = - Q_A et dans lequel règne un champ électrique $\vec{E}$ uniforme.



1. De quoi est précisément constituée une particule α ?
2. Déterminer les composantes du vecteur vitesse initial de la particule dans le repère du schéma ci-contre.
3. Déterminer l'expression du vecteur de la force électrique $\vec{F}_{élec}$ que subit la particule sachant que sa charge est +2e.
4. Montrer que le vecteur accélération que subit cette particule peut s'écrire :

$$\vec{a}\begin{cases} a_x=0 \\ a_y=-\dfrac{2eE}{m} \end{cases}$$

5. En déduire les équations horaires de la position de la particule.
6. L'équation de la trajectoire est alors :

$$y(x)=\frac{-e\cdot E}{m\cdot v_o^2\cdot\cos^2\theta}\cdot x^2+\tan\theta\cdot x$$

Déterminer l'expression littérale de la vitesse initiale v_0 que doit posséder la particule pour ressortir du condensateur plan en passant précisément par le point P.

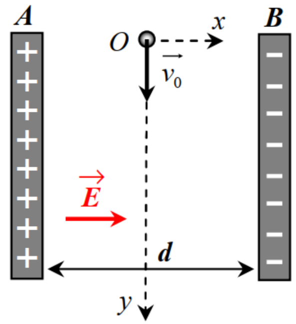
7. Quel est le signe de la charge portée par l'armature A ?

Exercice 6 **corrigé disponible**

Champ électrique

Un électron pénètre à t = 0 en O, milieu de AB, dans un condensateur formé de deux

armatures planes séparées de d = 20,0 cm avec une vitesse initiale verticale v_0 = 50 km/s. Le référentiel du condensateur est galiléen. On négligera le poids des particules dans tout l'exercice.



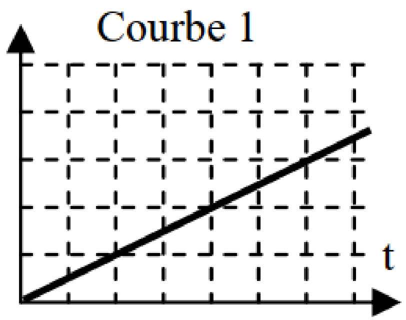
1.1. Déterminer la différence de potentiels (ou tension) entre les armatures A et B.
1.2. Exprimer le vecteur force électrique s'exerçant sur l'électron en fonction du vecteur champ électrique et de la charge élémentaire.
2. Définir le mouvement qu'aurait eu un neutron lancé en O à la même vitesse dans ce condensateur. Justifier rigoureusement.
3. Déterminer les coordonnées du vecteur accélération de l'électron dans le condensateur.
4. Montrer que les équations horaires du mouvement de l'électron dans le condensateur sont :

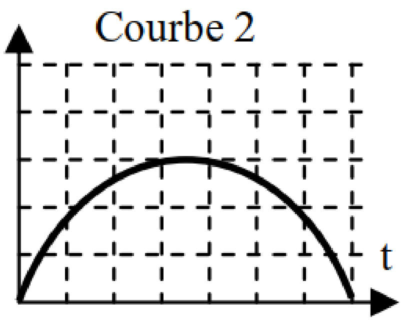
$$x(t)=\frac{-eE}{2m}\cdot t^2 \quad \text{et} \quad y(t)=v_0\cdot t$$

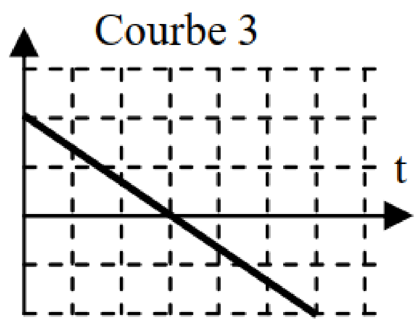
5.1. Sachant que les 2 plaques mesurent D = 5,0 cm de long, montrer que l'électron arrive à sortir du condensateur.
On effectue 9 tirs en chronométrant à chaque fois la durée mise par l'électron pour traverser le condensateur. On obtient les valeurs suivantes :

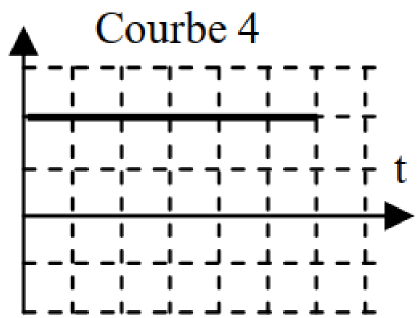
n° du tir	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Durée (µs)	0,985	1,018	1,005	0,997	0,991	0,999	0,989	1,008	1,015

5.2. Calculer le temps moyen mis par l'électron pour traverser le condensateur.
5.3. Déterminer la valeur de sa vitesse à la sortie du condensateur.
6.1. Sans aucune justification, indiquer parmi les courbes ci-dessous celle qui représente au mieux l'allure de la vitesse de l'électron sur l'axe verticale.
6.2. Même question pour la valeur de l'accélération totale à laquelle est soumis l'électron.









7. Déterminer l'incertitude de répétabilité de la durée de l'électron à traverser le condensateur (tableau question 5,2), avec un niveau de confiance de 95% et indiquer le résultat de l'expérience avec cette incertitude.

Données :	• masse électron : • charge élémentaire :	m = 9,1·10^{-31} kg e = 1,6·10^{-19} C

• champ électrique : E = 0,1 V/m

• relation entre tension et champ électrique : $E=\frac{U}{d}$

L'incertitude de répétabilité d'une mesure est donnée par la relation :

$$U_{répétabilité}=\frac{k\cdot\sigma}{\sqrt{n}}$$

Extrait du tableau de la loi statistique de Student :

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	∞
k95%	12.7	4.30	3.18	2.78	2.57	2.45	2.37	2.31	2.26	2.23	2.20	2.18	2.16	2.14	2.13	1.96
k99%	63.7	9.93	5.84	4.60	4.03	3.71	3.50	3.36	3.25	3.17	3.11	3.06	3.01	2.98	2.95	2.58

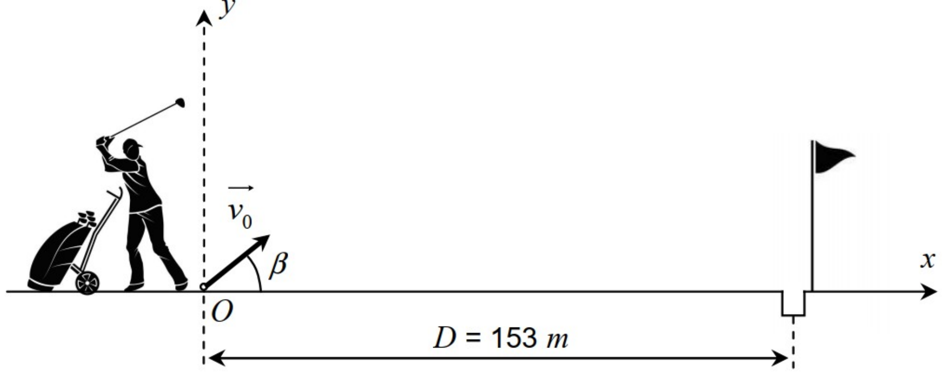
Exercice 7

Le golfeur

On considère un golfeur sur une surface horizontale. Il frappe une balle de golf qui quitte le sol au point O (0, 0) à l'origine du temps avec une vitesse initiale v_0 faisant un angle β de 35° avec l'horizontale.

Le référentiel terrestre du green est supposé galiléen. On négligera toutes les forces liées à l'atmosphère de la Terre.

Caractéristiques d'une balle de golf :



- masse : $m = 45{,}9\ g$
- rayon : $R = 2{,}14\ cm$

Données :

- $g = 9{,}8\ N/kg$
- masse volumique de l'air : $\varrho = 1{,}3\ g/L$
- volume d'une sphère : $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$

Les équations horaires donnant la position de la balle sont :

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cdot \cos\beta \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + v_0 \sin\beta \cdot t \end{cases}$$

1. Déterminer l'équation de la trajectoire de la balle.
2. En déduire la valeur de la vitesse initiale v_0 que le golfeur doit donner à la balle s'il veut atteindre en un coup le trou situé à 153 m de la position initiale de la balle.
3. En admettant que la vitesse initiale de la balle soit de 40 m/s, déterminer la durée de vol de la balle jusqu'à son entrée dans le trou.
4. Déterminer l'expression littérale des coordonnées v_x et v_y du vecteur vitesse de la balle au cours de son vol.
5. Calculer alors l'altitude maximale qu'atteindra la balle pendant son déplacement.
6. Calculer la vitesse de la balle à la flèche.
7. Montrer que la poussée d'Archimède exercée par l'air sur la balle est bien largement négligeable devant le poids de cette dernière.

Une particule de masse m et de charge q positive pénètre dans une zone de champ électrique uniforme avec une vitesse initiale colinéaire et de même sens que le champ électrique. On note Ox l'axe qui est dans la direction du champ électrique, orienté dans le même sens. La particule arrive en A et ressort du champ en S. On supposera que seule la force électrique agit sur la particule.

Exercice 8

Un ion Ca^{2+} de masse $m = 6{,}64.10^{-26}\ kg$ pénètre dans une zone de champ uniforme électrique $\vec{E}$ entre 2 plaques A et B sans vitesse initiale. La tension $U_{AB} = 1{,}00.10^3\ V$. La particule arrive en A et ressort en B

1.1. Réaliser un schéma en représentant le champ électrique et la force électrique.

1.2. Exprimer littéralement le travail de la force électrique entre A et B

1.3. La force électrique est-elle conservative ? En déduire l'expression de la variation d'énergie potentielle de la particule entre A et B et son signe.

1.4. Comment varie l'énergie mécanique de la particule entre A et B ?

1.5. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, déterminer l'expression de la vitesse de la particule en B puis calculer v_B .