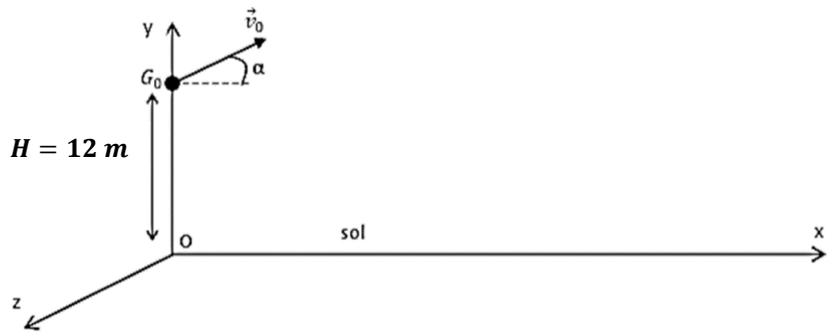


EXERCICES. 2^{ÈME} LOI DE NEWTON DANS UN CHAMP UNIFORME

Exercice 1. Projectile en chute libre

Un projectile de masse $m = 450 \text{ g}$ est éjecté depuis le point G_0 situé à une altitude $H = 12 \text{ m}$ avec une vitesse \vec{v}_0 inclinée d'un angle $\alpha = 45^\circ$ par rapport à l'horizontale et de valeur $v_0 = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ comme précisé sur le schéma ci-contre. On suppose que le projectile n'est soumis qu'au seul champ de pesanteur \vec{g} considéré uniforme. On néglige toute action de l'air. Le référentiel terrestre d'étude est supposé galiléen.



Donnée : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

1. Exprimer les coordonnées du vecteur position initiale \overrightarrow{OG}_0 et du vecteur vitesse initiale \vec{v}_0 du centre d'inertie G du ballon en fonction des données de l'énoncé.
2. À l'aide du PFD, déterminer les coordonnées du vecteur accélération de G
3. En déduire les coordonnées des vecteurs vitesse et position de G à un instant t .

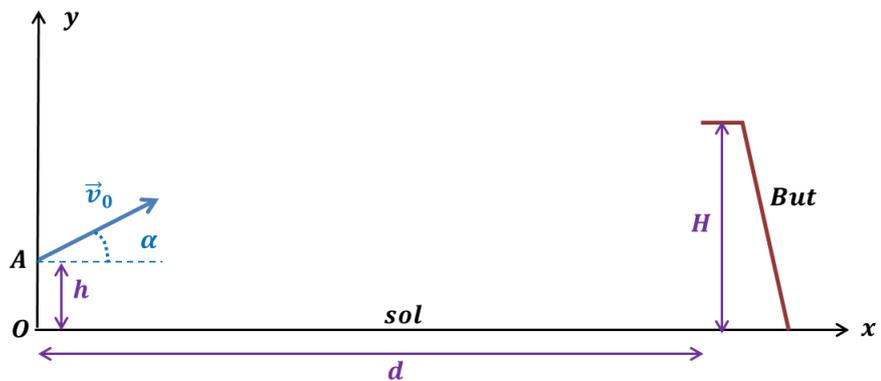
À l'aide des coordonnées établies précédemment :

4. Montrer que la trajectoire du ballon est plane dans le plan (xOy) .
5. Déterminer l'équation de la trajectoire du ballon. Quelle est sa nature ?
6. Calculer l'instant t_s où la balle atteint-elle le sommet de la trajectoire.
7. Calculer l'altitude maximale L atteinte par le ballon.
8. Calculer la distance horizontale D parcourue par le ballon jusqu'à l'impact au sol.

correction sur : <https://youtu.be/3MGU98eA0OQ>

Exercice 2. But marqué ?

Le centre d'inertie G d'un ballon de masse $m = 160 \text{ g}$ et de rayon $r = 10 \text{ cm}$ se trouve initialement au point A situé à une hauteur $h = 40 \text{ cm}$ du sol lorsque le ballon est tiré avec une vitesse initiale \vec{v}_0 inclinée d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontale et de valeur $v_0 = 14,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Le but d'une hauteur $H = 2,14 \text{ m}$ est situé à une distance $d = 15,0 \text{ m}$ du point de tir.



On suppose que le ballon n'est soumis qu'au seul champ de pesanteur considéré uniforme.

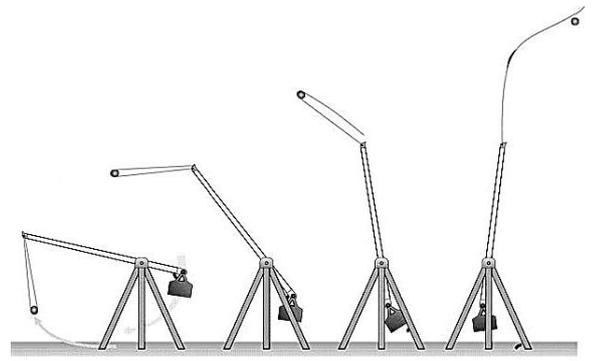
Donnée : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

1. Exprimer les coordonnées des vecteurs position initiale \overrightarrow{OG}_0 et vitesse initiale \vec{v}_0 du centre d'inertie G dans le repère orthonormé (xOy) .
2. À l'aide du PFD, exprimer les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}(t)$ du point G .
3. En déduire les coordonnées des vecteurs vitesse $\vec{v}(t)$ et position $\overrightarrow{OG}(t)$ du point G .
4. Établir l'équation de la trajectoire $y(x)$ qu'aura le point G . Quelle sera sa nature ?
5. Quelle sera la vitesse du point G en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ au sommet de sa trajectoire ?
6. Le but sera-t-il marqué ? Si le but est marqué, en combien de temps après le tir, le ballon rentrera-t-il dans le but ? Et quelle sera alors sa vitesse en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ à ce moment ?

correction sur <https://lc.cx/mRJQ>

Exercice 3. Le trébuchet

Le trébuchet est une machine de guerre utilisée au Moyen Âge au cours des sièges de châteaux forts. Le projectile pouvait faire des brèches dans les murailles des châteaux forts situés à plus de 200 m du trébuchet. Son principe de fonctionnement est le suivant. Un contrepois relié à un levier est maintenu à une certaine hauteur par des cordages. Il est brusquement libéré. Au cours de sa chute, il agit sur un levier au bout duquel se trouve une poche en cuir dans laquelle est placé le projectile. Lors de sa libération, le projectile de la poche se trouve à une hauteur $H = 10,0$ m et est projeté avec une vitesse \vec{v}_0 (voir **figure 1 ci-dessous**). Les mouvements du contrepois et du projectile s'effectuent dans un champ de pesanteur uniforme.



Données :

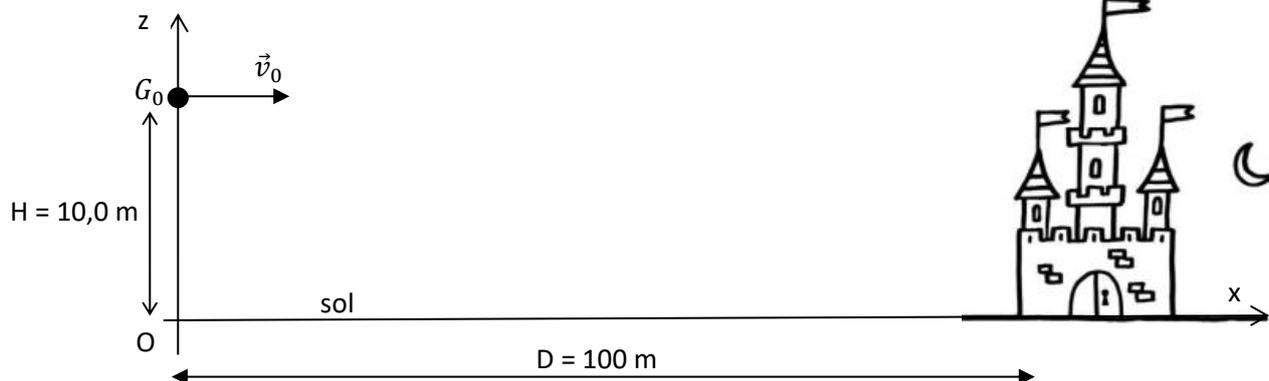
Masse du projectile $m = 130$ kg.

Intensité du champ de pesanteur $g = 9,81$ m.s⁻².

Hauteur du projectile au moment du lancer : $H = 10,0$ m.

On étudie dans cet exercice le mouvement du centre d'inertie G du projectile après libération dans le référentiel terrestre supposé galiléen, et dans le repère (Oxz) défini sur la **Figure 1**. Le système étudié est le projectile. Les frottements de l'air sur le projectile ainsi que la poussée d'Archimède seront négligés dans cette étude. La situation est représentée sur la **Figure 1** ci-dessous :

Figure 1



1. Exprimer les coordonnées du vecteur position initiale \overrightarrow{OG}_0 et du vecteur vitesse initiale \vec{v}_0 en fonction des données de l'énoncé.
2. En appliquant la 2^{ème} loi de Newton (PFD), exprimer les coordonnées du vecteur accélération du centre d'inertie du projectile.
3. En déduire les expressions des coordonnées des vecteurs vitesse \vec{v} et position \overrightarrow{OG} à un instant t.
4. Quelle est la nature du mouvement du projectile en projection sur l'axe horizontal ? Justifier à partir des équations horaires établies précédemment.
5. Établir l'équation de la trajectoire de G. Recopier le schéma de la **figure 1** et représenter qualitativement l'allure de la trajectoire.
6. Calculer la vitesse initiale v_0 avec laquelle le projectile doit être lancé pour atteindre la base du mur du château située à une distance $D = 100$ m. Exprimer la valeur en km.h⁻¹.
7. Calculer la durée de la chute du projectile avant qu'il ne touche le sol.

Exercice 4. Motard sur un tremplin

Un motard s'élance avec sa moto depuis le point A (voir **schéma ci-dessous**) sans vitesse initiale sur une portion rectiligne et horizontale. Le motard aborde un tremplin qui fait un angle β avec l'horizontale et quitte celui-ci au point C avec une vitesse \vec{v}_0 . On néglige toutes les actions de l'air (frottement et poussée d'Archimède) devant celle de la pesanteur. On assimile le motard et sa moto à un corps ponctuel M de masse m_0 . On s'intéresse dans cet exercice au mouvement du système = {motard + moto} à partir du moment où il quitte le tremplin. On choisit comme origine du temps ($t=0$), l'instant où le système quitte le tremplin en C.

Données :

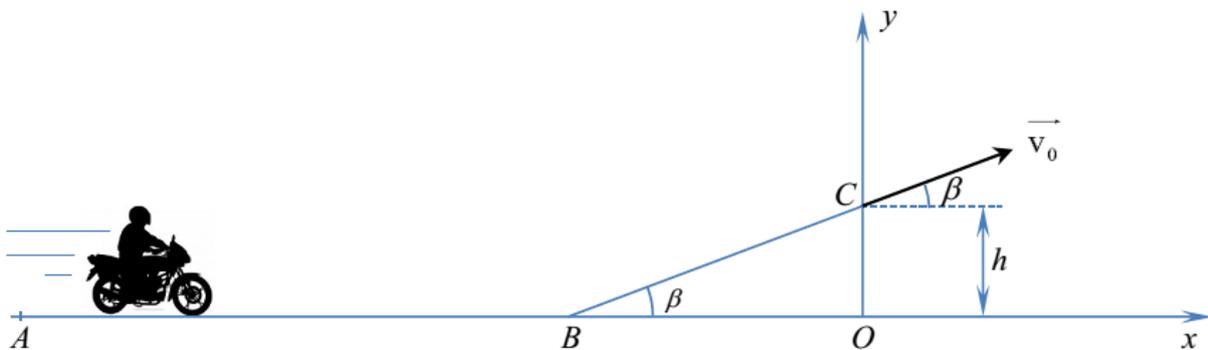
intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

$h = 20 \text{ m}$

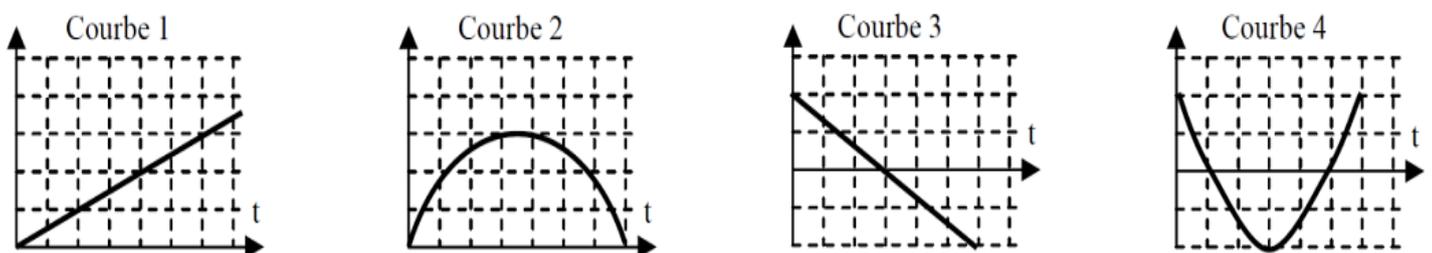
$\beta = 30^\circ$

$v_0 = 40 \text{ m.s}^{-1}$

$m_0 = 280 \text{ kg}$



1. Exprimer les coordonnées des vecteurs position et vitesse à l'instant $t = 0$ dans le repère (Oxy).
2. Réaliser le bilan des forces exercées sur le système à partir du point C.
3. Exprimer les coordonnées du vecteur accélération du système à partir du point C. Justifier.
4. Exprimer les coordonnées du vecteur vitesse du système à partir du point C. Justifier.
5. Exprimer les coordonnées du vecteur position du système à partir du point C. Justifier.
6. Choisir, en le justifiant, parmi les courbes 1 à 4, celles qui représentent le mieux l'allure des fonctions $v_y(t)$ et $x(t)$.



7. Déterminer l'équation de la trajectoire.
8. On s'intéresse au moment particulier où le système est au sommet de sa trajectoire.
 - 8.1 Calculer l'instant t_s correspondant.
 - 8.2 Calculer l'altitude maximale H du système à ce moment.
 - 8.3 Calculer la vitesse v_s du système en km.h^{-1} à ce moment.

Exercice 5. Le canon à électrons du synchrotron SOLEIL

Le synchrotron SOLEIL (schéma ci-contre) est un accélérateur de particules dont le 1^{er} maillon de la chaîne est la rampe de lancement des électrons : un accélérateur linéaire (« LINAC ») situé au centre de l'accélérateur, d'une longueur de 16 m dont le rôle est de fabriquer un faisceau d'électrons. Le LINAC débute par un canon à électrons.

Pour en savoir plus sur SOLEIL : <http://www.synchrotron-soleil.fr/>

Le canon à électrons (schéma ci-contre) est constitué d'un filament de tungstène qui, chauffé, produit des électrons qu'un champ électrique \vec{E} uniforme, crée par un condensateur plan, accélère. La valeur du champ électrique, exprimée en $V \cdot m^{-1}$, est $E = \frac{U}{d}$ avec U la tension électrique entre les deux plaques. On s'intéresse ici au mouvement d'un électron lorsqu'il pénètre dans le condensateur. L'étude est réalisée dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen et muni du repère orthonormé (Ox, Oy) . On suppose que l'électron pénètre dans le condensateur en O avec une vitesse nulle.

Données :

masse de l'électron $m = 9,1 \times 10^{-31} kg$
 intensité de la pesanteur : $g = 9,81 m \cdot s^{-2}$

charge électrique « élémentaire » : $e = 1,6 \times 10^{-19} C$
 $U = 90 kV$

1. Montrer par un calcul que la valeur du poids de l'électron est négligeable devant celle de la force électrique subie par l'électron.
2. Exprimer le vecteur accélération \vec{a} de l'électron en fonction du champ électrique \vec{E} .
3. Exprimer les coordonnées de \vec{E} en fonction des données de l'énoncé et en déduire celles de \vec{a} .
4. Établir les équations horaires de position et de vitesse de l'électron.
5. Montrer que le mouvement de l'électron dans le condensateur est rectiligne.
6. Calculer le temps que met l'électron pour sortir du condensateur.
7. Calculer la vitesse de l'électron à la sortie du condensateur. Comparer avec la vitesse de la lumière dans le vide.

Synchrotron SOLEIL

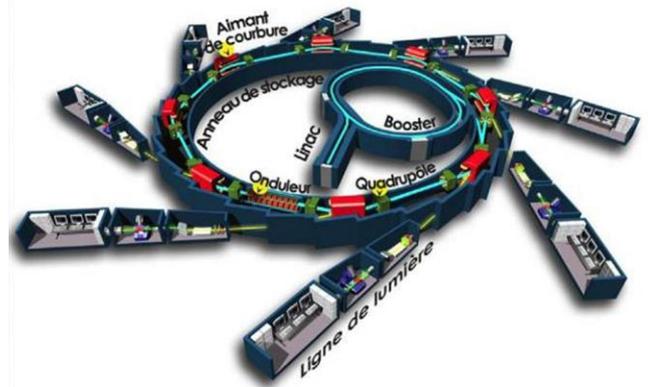
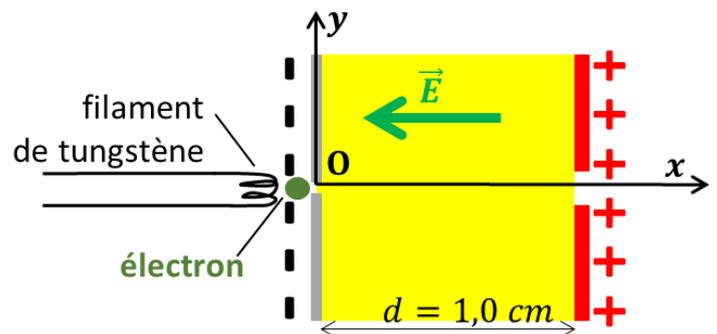
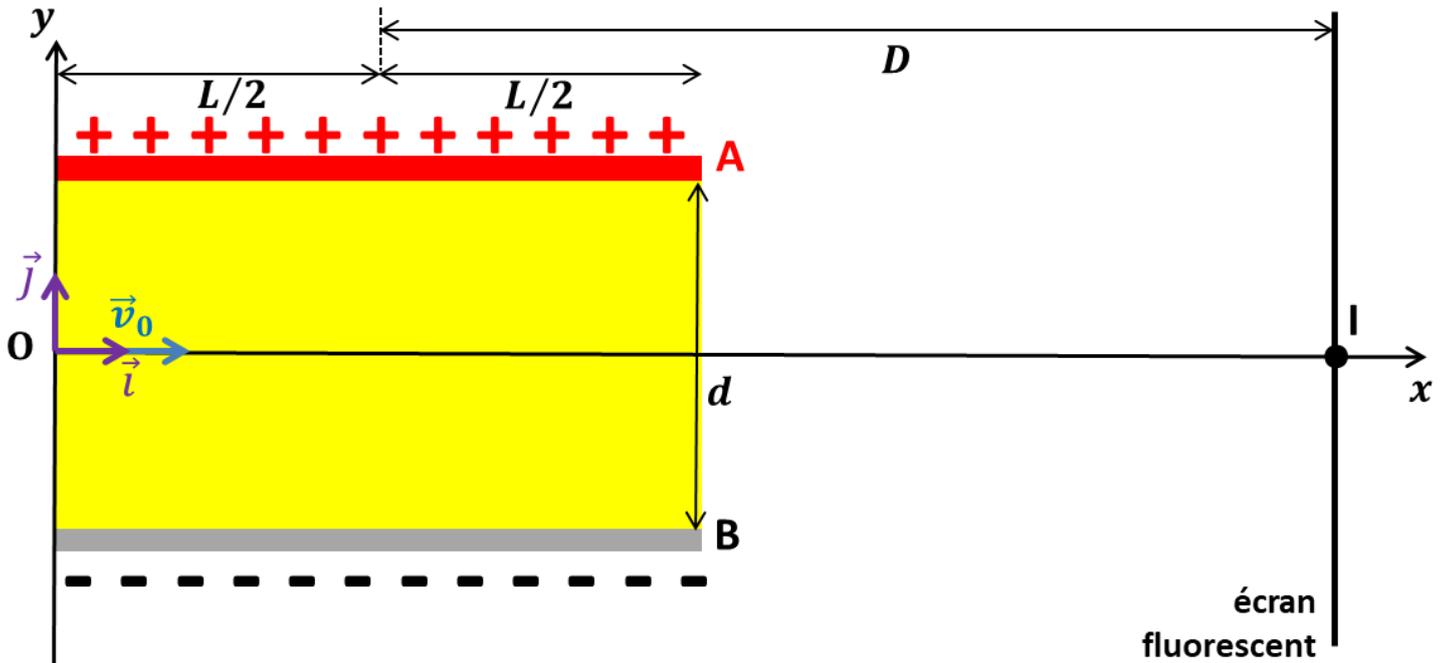


Schéma du canon à électrons du LINAC



Exercice 6. Le tube cathodique

Un électron pénètre en un point O avec une vitesse horizontale \vec{v}_0 à l'intérieur d'un condensateur plan dans lequel règne le vide (voir **schéma ci-dessous**). Entre les deux plaques horizontales A et B de ce condensateur, séparées par la distance d , règne un champ électrique \vec{E} uniforme créé par la tension U appliquée entre les deux plaques. L'électron dévié par le champ électrique va ensuite frapper un écran fluorescent : un point lumineux apparaît alors au point d'impact.



Données :

$v_0 = 3,00 \times 10^4 \text{ km.s}^{-1}$ $U = 100 \text{ V}$ $L = 10 \text{ cm}$ $d = 5,0 \text{ cm}$ $D = 20 \text{ cm}$
 masse de l'électron $m = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ charge électrique « élémentaire » : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
 intensité de la pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

L'électron dans le condensateur

1. Représenter sur le schéma ci-dessus le champ électrique \vec{E} et calculer sa valeur $E = \frac{U}{d}$ en V.m^{-1} .
2. Montrer que l'action du champ de pesanteur sur l'électron est négligeable devant celle du champ électrique \vec{E} .
3. Exprimer, dans le repère $R(O, \vec{i}, \vec{j})$ les coordonnées du champ électrique \vec{E} en fonction de E .
4. Déterminer les coordonnées du vecteur accélération \vec{a} de l'électron en fonction de E , m et e .
5. En déduire les coordonnées de la vitesse \vec{v} et de la position \vec{OG} en fonction de E , m , e , v_0 .
6. Établir l'équation de la trajectoire de l'électron et préciser sa nature.
7. Calculer les coordonnées du point de sortie S du condensateur de l'électron. Placer qualitativement, sur le schéma ci-dessus, le point S et représenter l'allure de la trajectoire de l'électron dans le condensateur.

L'électron à la sortie du condensateur

8. Quel est le mouvement de l'électron à la sortie du condensateur ? Représenter qualitativement, sur le schéma ci-dessus, le point d'impact E de l'électron sur l'écran.
9. Si la tension entre les plaques A et B du condensateur est alternative et sinusoïdale, qu'observerait-on à l'écran ?