# RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL

**UN PEUPLE – UN BUT – UNE FOI**

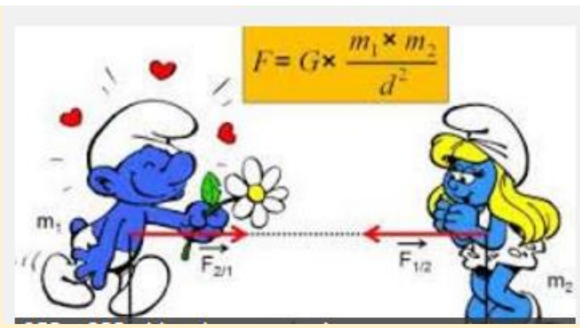
* * * * * * * * * * * * *

## MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

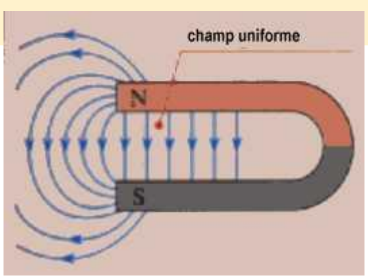
**INSPECTION D'ACADEMIE DE DAKAR**

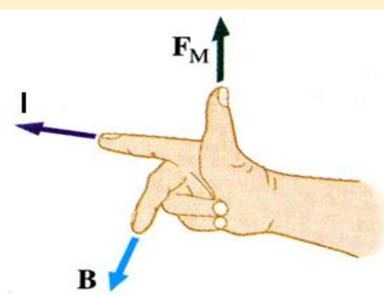
**Lycée des Parcelles Assainies U13**

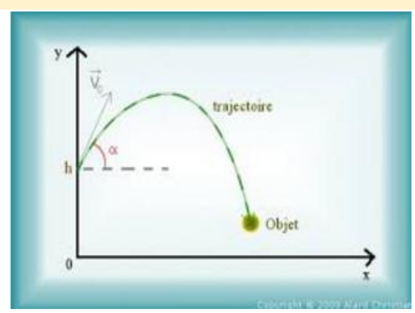
**M.Diagne professeur d'enseignement secondaire de Sciences Physiques**




# FICHES DE TRAVAUX DIRIGES ET D'EVALUATIONS DE PHYSIQUE TERMINALE S





**Année Académique** ***2017 – 2018***

# Quelques conseils

Pour réussir ou simplement améliorer vos résultats en sciences physiques.

La physique et la chimie sont des **matières difficiles** qu'il est indispensable de **travailler régulièrement** pour acquérir les techniques de calcul nécessaires et obtenir un bon niveau.

Voici une méthode qui a fait ces preuves. Les élèves qui l'appliquent arrivent à des résultats spectaculaires allant jusqu'à obtenir une note de l'ordre de 18/20 (ou plus) au baccalauréat

**<u>Matériel nécessaire</u>**

- Votre cours pris en classe (car rien ne remplacera les explications de votre professeur).
- Du papier, un crayon, une gomme (**indispensable**).
- Une calculatrice scientifique.
- Votre livre.
- *Web*.
- Les annales du bac si vous êtes en TS.

**<u>Méthode de travail</u>**

Pour être efficace, il est indispensable de respecter l'ordre ci-dessous (ne pas sauter les étapes).

1. **Apprendre votre cours**. Il est souhaitable de faire une fiche de résumé **écrite de votre main** (de façon à mémoriser) pour chaque chapitre. Vous pouvez utiliser le cours pris en classe et votre livre.

Faire des **exercices simples** pour intégrer les techniques de calcul. Par exemple reprendre les exercices d'applications du cours.

**<u>Attention:</u> une lecture superficielle n'apporte rien**. Il faut **travailler avec du papier et un crayon**. Dans un premier temps, mettez la correction de côté ; regardez-la (éventuellement) uniquement après avoir cherché un certain temps. **C'est en vous heurtant aux difficultés que vous progresserez** (un peu comme l'entrainement d'un sportif).

2. Vous pouvez maintenant vous attaquer à des **exercices plus difficiles** (faites en le plus possible en **appliquant la même méthode** que précédemment). Par exemple les derniers exercices de chaque chapitre (supposé plus difficile), les annales du bac si vous êtes en TS ou toute autre source disponible.

Renouvelez ce travail pour chaque chapitre.

Je vous souhaite beaucoup de plaisir et de réussite dans l'étude de cette matière passionnante.

Retrouver tous mes travaux séries d'exercices et cours sur http://diagnephysiquechimie.e-monsite.com/

**<u>M.Mouhammed Diagne professeur d'enseignement secondaire au Lycée de Kounoune et au Complexe Islamique Daroul Imane</u>**

**<u>Email</u> :** diagnensis@yahoo.fr

# CINEMATIQUE DU POINT

**Exercice1 :**

*Un mobile M est en mouvement dans un repère* $(O,\vec{\imath},\vec{\jmath},\vec{k})$ *, son vecteur position s'écrit :*

$\overrightarrow{OM} = 2t\,\vec{\imath} + (2t^2 - t)\,\vec{\jmath}$ ***(Les coordonnées sont exprimées en mètre et t en seconde)***

*1/ a) Donner les équations horaires du mouvement.*

*b) Déterminer l'équation de la trajectoire et déduire sa nature.*

*2/ a) Déterminer les instants des dates $t_0$ et $t_1$ lorsque le mobile rencontre l'axe des abscisses (X'OX).*

*b) Déterminer les coordonnés des points $M_0$ et $M_1$ à ces instants.*

*3/ Dans le repère* $(O,\vec{\imath},\vec{\jmath},\vec{k})$*; déterminer le vecteur vitesse $\vec{V}$ et le vecteur accélération $\vec{a}$ de ce mobile.*

*4/ a) A quel instant de date $t_2$ la composante $V_y$ s'annule.*

*b) Déduire les coordonnées du point $M_2$ à cet instant.*

*5/ a) Déterminer en ce temps $t_2$ les composantes tangentielles $\vec{a}_T$ et normale $\vec{a}_N$ de l'accélération.*

*b) Déduire le rayon de courbure R de la trajectoire à l'instant $t_2$.*

**Exercice2 :**

*Un mobile assimilé à un point matériel est en mouvement dans un repère* $(O,\vec{\imath},\vec{\jmath},\vec{k})$ *son vecteur position s'écrit* $\overrightarrow{OM} = (3t - 1)\,\vec{\imath} + t^2\vec{\jmath}$

*1 / a) Ecrire les équations horaires du mouvement et déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire*

*b) Représenter graphiquement cette trajectoire.*

*2/ Ecrire les expressions de vecteur vitesse $\vec{V}(t)$ et du vecteur accélération $\vec{a}$ (t).*

*3/ à l'instant $t_1$ la trajectoire passe par le point $M_1$ d'abscisse $X_1$=1m.*

*a) Déterminer l'instant $t_1$.*

*b) Ecrire l'expression numérique du vecteur vitesse $\vec{V}_1$ à l'instant $t_1$.*

*c) Représenter sur la trajectoire le vecteur espace $\overrightarrow{OM}_1$ et le vecteur Vitesse $\vec{V}_1$ du mobile à cet instant.*

*d) Représenter sur la trajectoire le repère de Freinet au point $M_1$.*

*e) Déterminer avec justification la valeur de la composante tangentielle $\vec{a}_T$ et normale $\vec{a}_N$ du vecteur accélération à cet instant et en déduire le rayon de courbure $R_1$ de la trajectoire au point $M_1$.*

*4/ à l'instant $t_2$ le mobile coupe l'axe (X'X) au point $M_2$.*

*a) Déterminer l'instant $t_2$.*

*b) Ecrire l'expression numérique du vecteur vitesse $\vec{V}_2$ et celui du vecteur position $\overrightarrow{OM}_2$ à l'instant $t_2$.*

*c) Représenter le vecteur espace $\overrightarrow{OM}_2$ et le vecteur vitesse $\vec{V}_2$ du mobile à cet instant $t_2$.*

*e) Déterminer avec justification la valeur de la composante tangentielle $\vec{a}_T$ et normale $\vec{a}_N$ du vecteur accélération à cet instant et en déduire le rayon de courbure $R_2$ de la trajectoire au point $M_2$. Représenter le vecteur accélération $\vec{a}$ du mobile à cet instant $t_2$.*

**Exercice3 :**

Soit $\overrightarrow{OM} = x\,\vec{\imath}$ le vecteur position d'un point mobile M animé d'un mouvement rectiligne d'équation horaire : $x(t) = -5t^2+30t+10$, $t>0$.

1- Déterminer les vecteurs vitesses $\vec{V}$ et accélération $\vec{a}$ du point mobile. Quelle est la nature du mouvement ? Préciser les valeurs de l'accélération, de la vitesse et de l'abscisse de M à l'instant initial.
2- Etudier la variation de la vitesse V en fonction du temps t. A quelle date le mouvement de M change-t-il de sens ? Entre quels instants ce mouvement est-il accéléré ? ou retardé ?
3- Représenter graphiquement la fonction x(t). Déterminer sur ce graphique là où le vecteur vitesse change de sens. Quel est alors l'abscisse de M ?
4- Exprimer la vitesse V en fonction de l'abscisse x. Retrouver à partir de cette relation l'abscisse correspondant au changement de sens de mouvement.

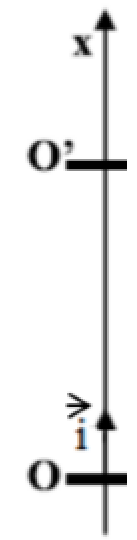
**Exercice 4 :**

*Un mobile **M** décrit une trajectoire rectiligne munie d'un repère espace* $(O,\vec{\imath})$ *, son vecteur accélération est constant pendant toute la durée du mouvement qui est fixé à **t = 5 s**. )*

*A l'instant* $\boldsymbol{t_0 = 0}$ ***s****, le mobile passe par un point* $\boldsymbol{M_0}$ *d'abscisse* $\boldsymbol{x_0 = -0{,}5}$ ***m****, avec une vitesse* $\boldsymbol{v_0 = -1}$ ***m.s****$^{-1}$.*

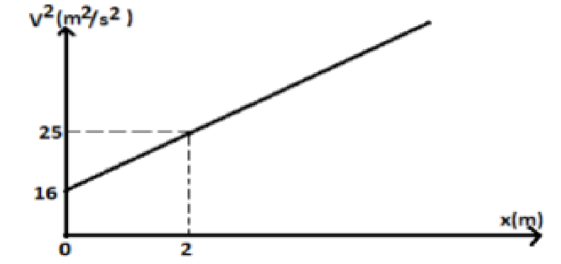
*Au passage par le point **$M_1$**, d'abscisse **$x_1$ = 5 m**, sa vitesse est **$v_1$ = 4,7 $m.s^{-1}$**.*
*1/ Calculer l'accélération a du mobile.*
*2/ Calculer la date **$t_1$** à laquelle le mobile passe par le point **$M_1$**.*
*3/ Donner l'équation horaire du mouvement du mobile.*
*4/ A la date **t = 2 s**, un deuxième mobile **M'** passe par le point d'abscisse **$x_1$ = 5 m**, avec un mouvement rectiligne uniforme de vitesse **v' = 4 $m.s^{-1}$**.*
*a) Calculer la date **$t_r$** de la rencontre des deux mobiles.*
*b) En déduire l'abscisse **$x_r$** de cette rencontre.*

**Exercice 5 :**




*On donne l'intensité de la pesanteur g = 10$m.s^{-2}$*
*1/ A la date t=0s on lance une bille O vers le haut à la vitesse $V_{oA}$=15$ms^{-1}$.*
*a) Ecrire l'équation horaire du mouvement de A dans le repère (O, $\vec{\imath}$ )*
*b) A quel instant la bille A atteint-elle la hauteur maximale, déduire cette hauteur.*
*c) Calculer la distance parcourue par la bille A à l'instant $t_2$ = 3s.*
*2/ A la même date t=0 on lance sans vitesse initiale une bille B à partir d'un point O' tel que 00'=9m.*
*a) Ecrire l'équation horaire du mouvement de B dans le repère (0, $\vec{\imath}$ )*
*b) A quelle date et en quel lieu se produit la rencontre entre A et B*
*3/ Après une seconde du lâchement de B on lâche après une seconde une bille C.*
*a) Ecrire la loi horaire du mouvement de C*
*b) La bille C arrive au point O à la même date que la bille B, avec quelle vitesse initiale C est-elle lâchée ?*

***Exercice 6 :***




*Un mobile démarre avec une vitesse initiale $V_o$ à la date 0 de l'origine des axes en allant dans le sens positif. Son mouvement est rectiligne uniformément varié.*
*Le graphe ci-dessous donne les variations du carré de la vitesse en fonction de l'abscisse x.*

1) *Trouver la valeur de la vitesse initiale*
2) *Trouver l'accélération du mouvement.*
3) *Le mobile passe-t-il par l'origine de l'axe à une autre que la date 0 ? si oui laquelle ?*

***Exercice7***

Un mobile est animé d'un mouvement rectiligne le long d'un axe x'x.( figure 1 ci- dessous)

1) Donner l'équation de la vitesse sur chaque phase.
2) Calculer l'accélération du mouvement durant chaque phase.
3) Ecrire l'équation horaire du mouvement sachant qu'à la date t = 0, il passe par l'origine de l'axe. Calculer la distance parcourue par le mobile durant ces 40s.

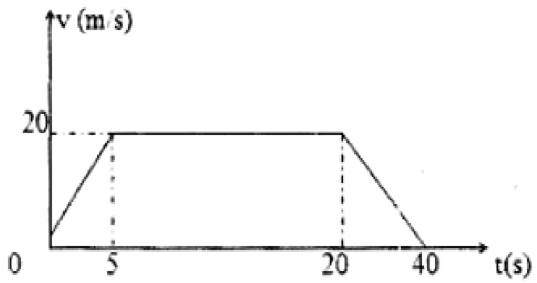



Figure 1

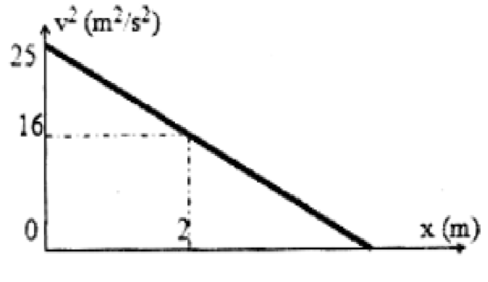



figure 2

***Exercice 8:*** On donne l'équation horaire d'un mobile M par rapport au repère (O,$\vec{\imath}$ ,$\vec{\jmath}$)

$\begin{cases} x = Acos\omega t \\ y = Asin\omega t \end{cases}$; A=10 cm ; $\omega$=10 rad/s

1-Montrer que la valeur de la vitesse du mobile est constante et la calculer.
2-Montrrer que la valeur de son accélération est une constante et la calculer.
3-Quelle est la trajectoire du mobile ? Que représente A ?
4-Quels sont la direction et le sens du vecteur accélération ?

**Exercice 9**

*Un mobile ponctuel M à une trajectoire circulaire de rayon R dans le repère ( M, $\vec{T}$ , $\vec{N}$ ) , son accélération*

***Partie A : L'accélération $\vec{a}$= 50 $\vec{N}$***

*1/ Montrer que le mouvement de M est uniforme.*

*2/ La période du mouvement est T = 1.256 s. Calculer :*

*a- La vitesse angulaire de M.*

*b- Le rayon R de la trajectoire.*

***Partie B :***

*Après 8s de son départ le mouvement de M devient uniformément accéléré en particulier à t = 12s la nouvelle accélération $\vec{a}'$ = 70$\vec{N}$ + α$\vec{T}$ on donne Δθ entre les instants t = 8s et t = 12s est $\pi$rad*

*1/ Calculer l'accélération angulaire $\ddot{\theta}$ du mobile M.*

*2/ a- Déterminer l'expression de la vitesse angulaire $\dot{\theta}$*

*c- Déduire la valeur de $\alpha$*

*3/ Etablir la loi horaire du mouvement de M.*

*4/ Représenter avec toute la précision nécessaire cette loi horaire.*

**Exercice 10**

Un mobile est animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal. Il se déplace sur un segment de longueur 6m, la fréquence du mouvement est de 5Hz à l'instant initial, le mobile est à son abscisse maximum.

1) Déterminer son équation horaire.
2) Déterminer la vitesse et l'accélération au temps t=0
3) Déterminer sa nouvelle équation horaire si à t=Os le mobile passe à l'origine avec une vitesse positive.

**Exercice 11**

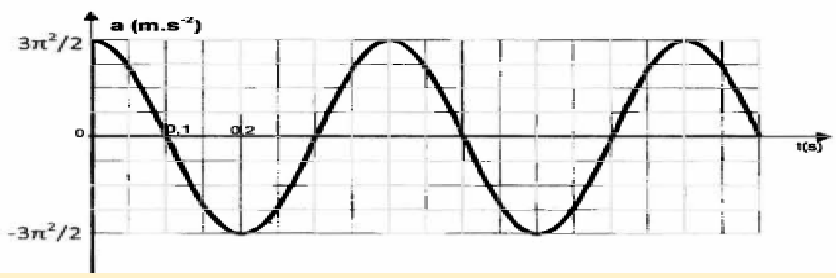
***Les parties A et B sont indépendantes***

**A.** Un mobile M, animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal, met 0,1s pour décrire un segment de longueur 48cm. A la date t=0 il est à l'élongation maximale. Choisir la bonne réponse :

1. La période des oscillations est :
   a) 0,4s ; b) 0,2s ; c) 0,1s ; d) 0,8s.
2. L'équation horaire du mouvement de M peut s'écrire :
   a) $x = 0,24 \sin(10\pi t + \pi/2)$ ; b) $x = 0,24\cos(20\pi t + \pi/2)$ ; c) $x= 0,24 \sin(5\pi t +\pi/2)$ ; d) $x= 0,24 \sin(10\pi t)$

**B.** Un mobile M'est animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal dont l'accélération est représentée en fonction du temps ci-dessous .

1. Déterminer les expressions de a(t) ; x(t) et v(t).
2. Déterminer la date de passage pour la deuxième fois à l'abscisse x=0, le mobile allant dans le sens positif.
3. Retrouver cette date à partir du graphe de l'accélération.




**Exercice12**

Un mobile est animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal. L'axe xx' est le support de la trajectoire, l'origine O est le centre du mouvement. La période du mouvement est T=2,0s. A l'instant choisi pour origine des dates, l'abscisse du mobile est $x_o$= 1,2cm, sa vitesse est nulle.

1) Déterminer l'équation horaire du mouvement.
2) Quelle est la vitesse maximale du mobile ?
3) Quelle est l'accélération maximale du mobile ?
4) Calculer l'abscisse, la vitesse et l'accélération du mobile à la date t= 1,5s

# APPLICATION DES BASES DE LA DYNAMIQUE

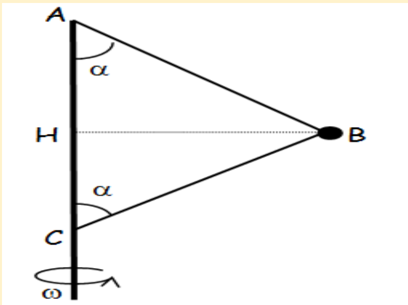
**EXERCICE 1**

Sur un banc à coussin d'air, on étudie le mouvement rectiligne d'un mobile. Le banc est incliné de $\alpha = 10°$ par rapport à l'horizontale. Les forces de frottement sont négligeables.
La masse du mobile est m = 25 g. Avec un dispositif approprié, on mesure la vitesse instantanée v du mobile, en fonction de la distance x parcourue. On obtient les résultats suivants :

| x(m) | 0 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| v( $m.s^{-1}$ ) | 0 | 0,58 | 0,82 | 1,00 | 1,17 | 1,30 | 1,41 | 1,55 |
| $v^2(m^2.s^{-2})$ | 0 | 0,33 | 0,67 | 1,00 | 1,37 | 1,69 | 2,00 | 2,40 |

1) Tracer une représentation graphique de $v^2 = f(x)$.
**Échelles** : abscisse. : 1 cm pour 0,10 m ; ordonné. : 5 cm pour 1,00 $m^2.s^{-2}$.
2) En déduire la nature du mouvement et déterminer graphiquement l'accélération a du mouvement.
En appliquant le théorème du centre d'inertie, faire une étude théorique du mouvement et déterminer par le calcul la valeur de l'accélération

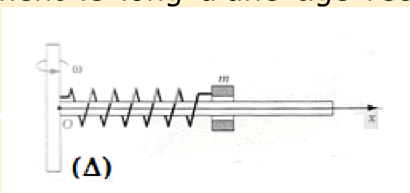
**Exercice 2 : On donne :** r = CH = 40 cm ; l = AB = BC = 1 m




Une petite bille B assimilable à un point matériel de masse m = 100 g, est reliée par deux fils de masses négligeables à deux points A et C d'un axe vertical D en rotation à la vitesse ω constante.
1) Pour une vitesse ω constante les fils AB et CB restent constamment tendus.
1.a - Calculer l'angle α.
1.b- Calculer les intensités des tensions $\vec{T}_A$ et $\vec{T}_C$ des fils en fonction de $\omega$
2) Montrer que le fil BC n'est tendu qu'à partir d'une vitesse angulaire $\omega_0$ que l'on calculera.

**EXERCICE 3**

Un solide S de masse m = 50 g peut glisser sans frottement le long d'une tige rectiligne horizontale, fixée à un axe vertical (Δ). Ce solide est fixé à une extrémité d'un ressort de même axe que la tige comme le montre la figure ci-contre. La longueur du ressort détendu est $l_0$ = 20 cm. Sa constante de raideur vaut k = 50 $N.m^{-1}$. Quand l'ensemble tourne autour de (Δ) avec la vitesse angulaire ω la longueur du ressort devient l.




1) Établir la relation entre ω et l.
2) Pour quelle valeur de ω la longueur du ressort prend la valeur l= 25 cm ?

**Exercice 4** (Bac $S_2$ 2013)

*Dans beaucoup de moteurs, pour diminuer l'usure des pièces mécaniques, on utilise des huiles dont l'une des caractéristiques fondamentales est la viscosité.*
Dans ce qui suit, on se propose de déterminer la viscosité d'une « huile moteur ». Pour cela, on étudie la chute verticale d'une bille en acier d'abord dans l'air puis dans l'huile. Dans les deux cas, la bille est lâchée sans vitesse initiale à partir d'un point O du fluide pris comme origine de l'axe (OX) vertical et orienté vers le bas et l'instant de lâcher est pris comme origine des dates t = 0.
Sur la bille s'exercent les trois forces suivantes :

- Son poids $\vec{P}$ ;
- La résistance $\vec{f}$ du fluide, qui est une force colinéaire et de sens opposé au vecteur vitesse instantanée de la bille, d'intensité $f = 6\pi\eta r V$, expression où η est la viscosité du fluide supposée constante, V la valeur de la vitesse instantanée de la bille et r son rayon ;

- La poussée d'Archimède $\vec{F}$ qui est une force verticale orientée vers le haut, d'intensité $F\ = \rho\, V_B g$ relation où ρ est la masse volumique du fluide, $V_B$ le volume de la bille et g l'intensité de la pesanteur.

1) Etude du mouvement de la bille dans l'air.
a) Représenter les forces appliquées à la bille à une date t > 0.
b) Calculer l'intensité de chacune de ces forces pour $V = 5\ m.s^{-1}$. En déduire qu'on peut négliger les intensités de $\vec{F}\ et\ \vec{f}$ devant celle du poids.
c) Etablir les équations horaires de la vitesse $V(t)$ et de l'abscisse x (t) de la bille puis préciser la nature du mouvement de la bille dans l'air.
d) Au bout d'un parcours de 50 cm depuis le point O, la bille acquiert une vitesse de $3{,}16\ m.s^{-1}$. Montrer que cette information confirme l'approximation faite à la question 1.b)
2) Etude du mouvement de la bille dans l'huile
a) Les intensités de $\vec{F}\ et\ \vec{f}$ ne sont plus négligeables devant celle du poids.
Par application du théorème du centre d'inertie, montrer que l'équation différentielle du mouvement de la bille peut s'écrire sous la forme : $\frac{dV}{dt} + \frac{1}{\tau}V = C\ ou\ C\ et\ \tau$ sont des constantes.
b) Donner l'expression de C en fonction de g, $\rho_{ac}$ (masse volumique de l'acier) et $\rho_h$ (masse volumique de « l'huile moteur ») puis exprimer $\tau$ en fonction de $\rho_{ac}, r\ et\ \eta$ (viscosité de l'huile moteur). Vérifier que $C\ =\ 8{,}4\ m.s^{-2}$.
c) Au bout d'un temps suffisamment long, l'accélération de la bille s'annule. La vitesse obtenue à partir de cet instant est appelée vitesse limite de module $V_{lim}$
i) Décrire la nature du mouvement de la bille après que l'accélération s'annule puis exprimer la vitesse limite $V_{lim}$ en fonction de $\tau\ et\ C$.
b) On trouve expérimentalement que $V_{lim} =\ 4{,}2\ cm.s^{-1}$. Quelle valeur de τ peut-on en déduire ?
d) Déterminer la valeur de la viscosité η de « l'huile-moteur ».
<u>Données :</u>
Masse volumique de l'acier : $\rho_{ac} =\ 7{,}8\ .10^3\ kg.m^{-3}$ ; masse volumique de l'air : $\rho_0 =\ 1{,}3\ kg.m^{-3}$
Masse volumique de l'huile moteur : $\rho_h =\ 1{,}26.10^3\ kg.m^{-3}$ ; viscosité de l'air : $\eta(air) = 1{,}85.10^{-5}\ SI$
Rayon de la bille r = 1,5 mm : Volume de la bille $V_B = \frac{4}{3}\pi r^3$ ; $g = 10\ N.kg^{-1}$

**<u>EXERCICE 5</u>**

On donne g = 10.m.s$^{-2}$ : on néglige les frottements.
Un projectile ponctuel, servant de cible à un tireur, est lancé du point O, à l'instant $t_0$ = 0. La masse du projectile est $m_1$ = 100 g ; sa vitesse initiale $V_{1,0}$ vaut 30 m.s$^{-1}$ et fait un angle α = 30° avec l'horizontale.
Un tireur, situé au point A, à 45 m du point O, envoie avec un fusil, suivant la verticale ascendante, une balle ponctuelle de masse $m_2$ = 20 g, avec une vitesse initiale $V_{2,0}$ = 500 m.s$^{-1}$.
La balle touche la cible au point M. (figure 1)

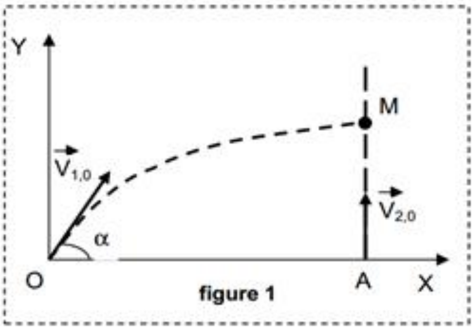
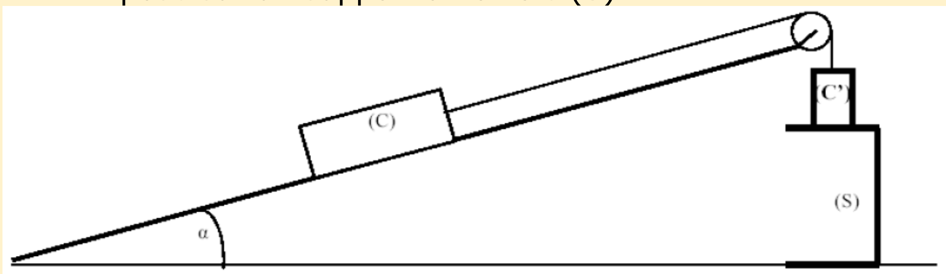


figure 1

<u>3.1</u> Etablir les équations horaires du mouvement du projectile.
<u>3.2</u> Calculer le " temps de vol " du projectile : c'est-à-dire la durée de son mouvement depuis le point O jusqu'au point M de rencontre avec la balle.
<u>3.3</u> En déduire l'altitude du point M de rencontre entre le projectile et la balle.
<u>3.4</u> Calculer la vitesse $V_B$ de la balle à l'instant de son impact avec la cible.
<u>3.5</u> En déduire le " temps de vol " de la balle : durée de son mouvement depuis le point de tir jusqu'à la rencontre avec le projectile.
<u>3.6</u> Comparer les deux " temps de vol " et expliquer pourquoi le tireur peut viser directement la cible.

**<u>Exercice 6</u>**
Le dispositif schématisé permet de hisser des conteneurs de masse m = 2 t. Le conteneur (C) est posé sur un plan incliné formant un angle $\alpha = 20°$ avec un plan horizontal. Il est maintenu immobile par un câble de masse négligeable passant dans la gorge d'une poulie de masse

négligeable et supposée sans frottement. Le câble est relié à un bloc métallique (C') de masse m' = 1t posé sur un support amovible (S).




1) On enlève le support (S). Le conteneur glisse le long du plan incliné. Les frottements sont modélisés par une force constante $\vec{f}$ parallèle au plan incliné, dont la valeur est le dixième de celle du poids du conteneur.
a) Exprimer la valeur de l'accélération du conteneur en fonction de m, m', α et g. La calculer.
b) Déterminer la vitesse du conteneur après un déplacement de 5,0 m le long du plan incliné.
2) Lorsque la vitesse vaut 7,0 km.h$^{-1}$, le bloc (C') cesse son action sur le câble. Les frottements étant encore représentés par la même force $\vec{f}$ , déterminer la distance d'alors parcourue par le conteneur avant annulation de sa vitesse.
3) Calculer la durée de la montée du conteneur.
4) Après cette montée, le conteneur est retenu. S'il ne l'était pas, il descendrait le plan incliné, sans action du bloc (C'). En plus de la force de frottement constante $\vec{f}$ , s'exercerait alors une force de frottement dépendant de la vitesse du conteneur : $\vec{f} = -h\vec{v}$.
a) Exprimer la vitesse limite qui serait atteinte par le conteneur, en fonction de m, h, g, α. Calculer sa valeur pour $h = 1500\ kg.s^{-1}$.
b) Au bout de quelle durée de descente le conteneur aurait-il atteint 90% de sa vitesse limite ?

**Exercice 7**

Un sportif dans son véhicule démarre sans vitesse, en D, un mouvement sur une route rectiligne et horizontale (figure 2). La masse totale (sportif et véhicule) est de 90 kg.

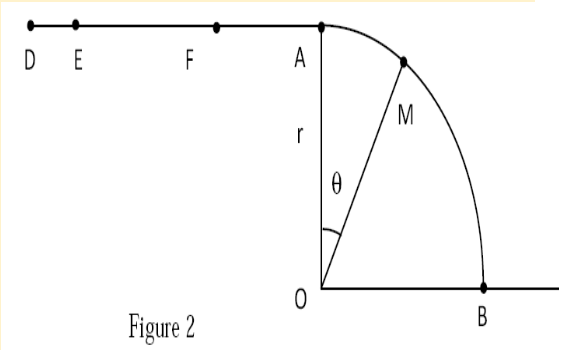


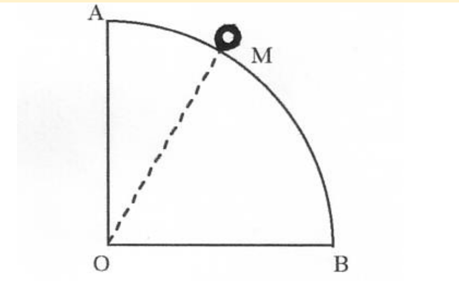

Figure 2

1) La phase de démarrage, considérée comme une translation rectiligne, a lieu sur un parcours DE d'une longueur de 50 m. Au point E, la vitesse atteint la valeur de 5 m.s$^{-1}$
Pendant cette phase, la vitesse est proportionnelle au temps compté à partir de l'instant de démarrage.
a) Quelle est la nature du mouvement sur le parcours DE ? Justifier la réponse. Vérifier que l'accélération du mouvement sur ce parcours a pour valeur 0,25 m.s$^{-2}$.
b) Etablir l'équation horaire du mouvement sur ce parcours.
c) Calculer la durée de la phase de démarrage.
d) En admettant que le mouvement est dû à la résultante d'une force motrice constante parallèle au mouvement et d'une force de frottement constante, de norme égale au quart de la force motrice, de sens contraire au mouvement, calculer l'intensité de la force de frottement.
2) A partir du point E, le véhicule parcourt la distance EF = 1100 m à la vitesse constante de 5 m.s$^{-1}$. A partir du point F, le sportif supprime la force motrice : le véhicule roule alors en roue libre et les frottements ont une valeur constante et égale à 7,5 N sur le parcours FA.
Le véhicule parcourt la distance FA et arrive au point A avec une vitesse nulle
a) Déterminer la distance FA.
b) Calculer la durée totale du parcours du point D au point A.
3) Le véhicule aborde en A, sans vitesse initiale, une piste AB, parfaitement polie, de forme circulaire et de plan vertical. Sa position M est repérée par l'angle $\theta = (\widehat{OA,OM})$.
a) Exprimer en fonction de θ, r et g la vitesse du véhicule en M et exprimer l'intensité de la réaction du plan en ce point en fonction de m, g et θ.
b) Déterminer la valeur $\theta_1$ de l'angle $(\widehat{OA,OM})$ quand le véhicule quitte la piste.

c) Montrer que le véhicule quitte la piste quand son accélération est égale à l'accélération de la pesanteur g.

**Exercice 8**

Un solide S de petites dimensions, de masse m et assimilable à un point matériel, est placé au sommet A d'une piste circulaire AB. AB est dans le plan vertical et représente un quart de circonférence de centre O et de rayon r = 5 m. On déplace légèrement le solide S pour qu'il quitte la position A avec une vitesse quasiment nulle et glisse sans frottement le long de la piste.




sLe solide perd le contact avec la piste en un point C tel $(\overrightarrow{OA},\overrightarrow{OC}) = \alpha$.

On repère le mobile M par l'angle θ tel que $(\overrightarrow{OA},\overrightarrow{OM}) = \theta$.

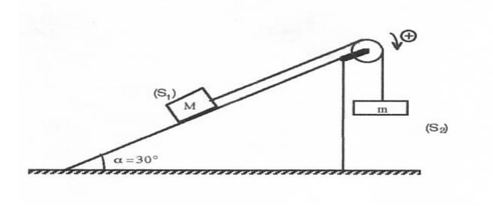
1) Exprimer sa vitesse $V_C$, au point C, en fonction de α, r et g.

2) Calculer la valeur de l'angle α.

3) Déterminer le vecteur vitesse $\vec{V}_C$ du solide en C.

**Exercice 9**

N.B.: On rappelle que le moment d'inertie d'un cylindre homogène de masse $m_0$ et de rayon R par rapport à son axe de rotation (Δ) est $J_\Delta = \frac{1}{2}.m_0 m^2$.




Considérons le système suivant constitué d'un treuil de masse $m_0$, d'un solide (S1) de masse M, d'un solide (S2) de masse m et d'un câble inextensible et de masse négligeable entouré autour du treuil et portant à ses extrémités les solides (S1) et (S2).

On abandonne à l'instant initial le système sans vitesse initiale.

Le solide (S1) se déplace alors sans frottement le long de la ligne de plus grande pente du plan incliné qui fait un angle α = 30° avec l'horizontale.

**On donne** : $M = 3\,kg$ ; $m = 2\,kg$ ; $m_0 = 1{,}25\,kg$ ; $g = 10\,m.s^{-2}$.

1) Montrer que le système se déplace dans le sens indiqué sur le schéma.

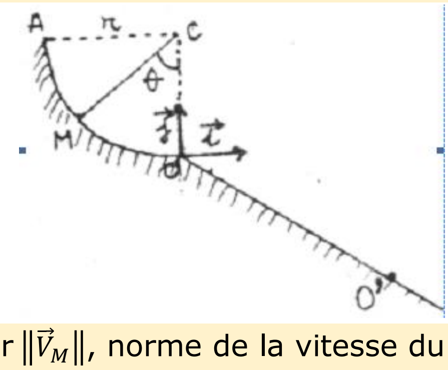
2) Exprimer l'énergie cinétique du système constitué par les solides (S1),(S2), le treuil et le câble en fonction de la vitesse linéaire V des solides (S1) et (S2).

3) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique que l'on énoncera, donner l'expression de la vitesse V en fonction de g, des différentes masses, de l'angle α et de h, hauteur de chute de (S2).

En déduire, en fonction de g et des différentes masses, l'accélération a du système. Calculer sa valeur.

**Exercice 10**

Données : $g = 10\,m.s^{-2}$ ; $m = 10\,g$




On dispose d'un rail AO dont la forme est celle d'un quart de cercle de rayon r = 1,0 mètres, conformément à la figure ci-contre.

Un point matériel de masse m, abandonné sans vitesse initiale, glisse sur le rail sans frottement. En O est fixé un plan incliné vers le bas de 45°.

Le point matériel quittant le rail en O décrit une trajectoire qui rencontre le plan incliné en un point O'.

1) On repère la position du point matériel par l'angle θ. Exprimer $\|\vec{V}_M\|$, norme de la vitesse du point matériel en M en fonction de θ, r et g.

2) Exprimer en fonction de θ, g et m l'intensité de la force $\vec{R}$ que le rail exerce sur le point matériel. En quel point cette intensité est-elle maximale ? La calculer.

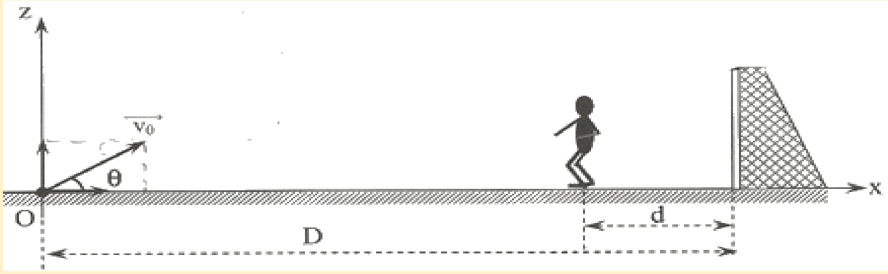
3) Après avoir déterminé les caractéristiques de la vitesse $\vec{V}_0$ au point O, déterminer l'équation de la trajectoire du point matériel entre O et O', point de contact avec le plan incliné dans le repère $(O,\vec{\imath},\vec{\jmath})$.

4) Exprimer la distance OO' en fonction de $V_0$ et g et la calculer.

5) En réalité, la force de frottement agissant tangentiellement entre A et O n'est pas négligeable. Ainsi, l'expérience donne OO'= 4,7 mètres.
Evaluer, alors, l'intensité de la force f responsable de l'écart entre la valeur expérimentale et la valeur théorique de OO'. (Extrait BAC D 91)

**Exercice 11**

Les forces de frottement dues à l'air sont négligées et le ballon est assimilé à un point matériel de masse m. Au cours d'une phase de jeu de football, Bilé, un attaquant, voyant la position avancée du gardien de but adverse, tente de marquer le but en lobant ce dernier. Le gardien de but se trouve à une distance d = 5 m de la ligne de but.




Bilé communique au ballon placé au point O, à une distance D = 35 m de la ligne de but, une vitesse $\vec{v}_0$ dont la direction fait un angle θ avec le plan horizontal. On prendra comme origine des dates l'instant où Bilé frappe le ballon et comme origine des espaces le point O.
1) Établir les équations horaires x(t) et z(t) en fonction de $v_0$, g et θ du mouvement du centre d'inertie G du ballon dans le repère $(O,\vec{i},\vec{k})$.
2) Faire l'application numérique.
3) En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire et donner sa nature.
4) Déterminer :
a) la date t à laquelle le ballon arrive sur la ligne de but.
b) la hauteur h par rapport au sol à cette date $t_1$.
5) A la date t = 0 où Bilé frappe le ballon, un défenseur de l'équipe du gardien qui se trouvait sur la même ligne que lui à la distance d de la ligne de but, s'élance sans vitesse initiale vers les buts avec une accélération a = 3 m.s$^{-2}$. Il voudrait empêcher le but. Pour cela, il faut qu'il arrive avant le ballon sur la ligne de but.
Son mouvement est rectiligne suivant l'axe (O x).
a) Montrer que l'équation horaire du mouvement du centre d'inertie du défenseur selon l'axe (Ox) est : $x(t) = 1{,}5t^2 + 30$.
b) Déterminer la date $t_2$ à laquelle le défenseur arrive sur la ligne de but.
c) Le but est-il marqué ? Justifiez votre réponse.
<u>Données</u> : g = 10 m.s$^{-2}$ ; θ= 30° ; $v_0$ = 21 m.s$^{-1}$ ; D = 35 m ; d = 5 m.

**Exercice 12**(Bac $S_1$, $S_3$ 2015)

1) Un canon lance un projectile de masse m, supposé ponctuel, avec une vitesse initiale $\vec{V}_0$ faisan un angle α avec l'horizontale à partir d'un point $M_0$ situé à la hauteur H au-dessus du niveau de la mer.
Le mouvement du projectile est étudié dans le repère $(OX, OY)$ de plan vertical, d'origine O et de vecteurs unitaires et (figure 2 ). L'axe horizontal OX est pris sur le niveau de la mer.
Dans toute la suite on néglige l'action de l'air.

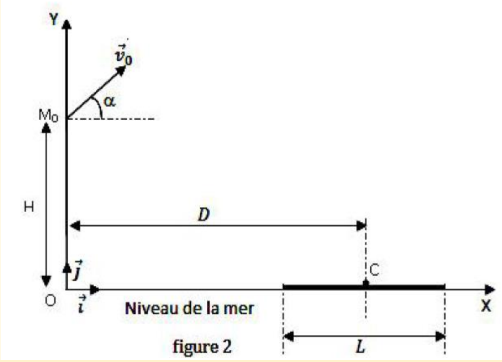


figure 2

a) Faire le bilan des forces appliquées au projectile puis déterminer les composantes de l'accélération du mouvement.
b) En déduire les composantes du vecteur vitesse $\vec{V}$ du projectile et celles du vecteur position $\overrightarrow{OM}$ à chaque instant en fonction $V_0, g\ et\ H$
c) Le projectile tombe en un point C centre d'un bateau tel que OC = D.
i) Trouver l'expression du temps de vol $t_1$ mis par le projectile pour atteindre le point C en fonction de $D, V_0\ et\ \alpha$

ii) Donner, en fonction de α, g, H et D, l'expression de $V_0$ pour qu'il tombe effectivement au point C.
Faire l'application numérique.
iii) Etablir l'expression de la hauteur maximale $h_m$ atteinte par le projectile par rapport au niveau de la mer en fonction de $D, H\ et\ \alpha$
2) Le projectile est maintenant lancé à partir du point O origine du repère avec un vecteur-vitesse $\vec{V}_0'$. Le bateau a une longueur L et de même direction que $OX$.
Le projectile tombe à une distance $d_1 = \frac{L}{2}$ en deçà de la cible C quand le vecteur vitesse $\vec{V}_0'$ fait un angle $\alpha_2$ avec l'horizontale. Il tombe à une distance $d_2 = \frac{L}{2}$ au-delà de la cible C quand $\vec{V}_0'$fait un angle $\alpha_2$ avec l'horizontale. Le bateau est supposé immobile pendant toute la durée des tirs.
a) Exprimer la distance $d_1\ puis\ d_2$ en fonction de $D, g\ et\ V_0'$ et l'angle de tir ( $\alpha_1\ ou\ \alpha_2$).
b) En déduire la relation $D = \frac{V_0'^2(\sin 2\alpha_1 + \sin 2\alpha_2)}{2g}$
c) Déterminer en fonction de $\alpha_1\ et\ \alpha_2$. l'angle θ pour que le projectile atteigne la cible puis calculer sa valeur. (0,75 pt)
On donne : $g = 10 m.s^{-2}$ ; $H = 80\ m$ ; $D = 1\ km\ et\ \alpha = 30°$ ; $\alpha_1 = 30°\ et\ \alpha_2 = 45°$

**Exercice 13**

Pour déterminer la charge massique d'une particule, on utilise un dispositif de déflexion électrique constitue de deux plaques conductrices A et B planes, horizontales, parallèles, de longueur $\mathcal{L}$, distantes de d (figure 2).
Une particule de masse m et de charge $q > 0$ pénètre au point O équidistant des deux plaques avec une vitesse $\vec{V}_0$ horizontale. Le dispositif est placé dans le vide et on ne tiendra pas compte du poids de la particule dans tout l'exercice.
1) Exprimer, en fonction de $V_0$, m et q, la tension $U_0$ sous laquelle la particule a été accélérée a partir d'une vitesse nulle pour atteindre cette vitesse $V_0$.

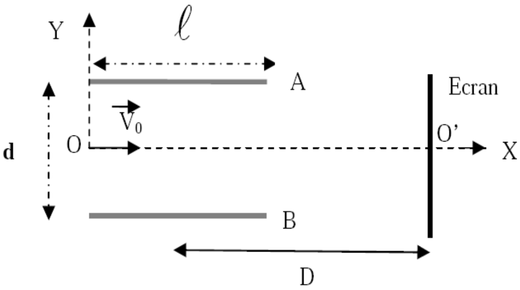
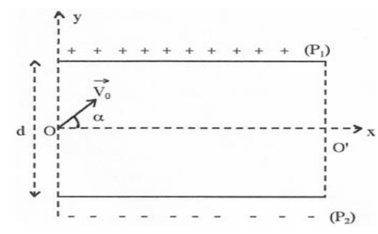


Figure 2

2) Un champ électrique uniforme $\vec{E}$ est crée par une tension constante $U_{AB} < 0$ appliquée entre les plaques A et B. On pose $|U_{AB}| = U$.
a) Recopier la figure et représenter le vecteur champ électrique entre les plaques.
b) Le mouvement est rapporté au repère (OX, OY). Etablir l'équation de la trajectoire de la particule dans le champ électrique. Quelle est la nature de cette trajectoire ?
c) Exprimer l'ordonnée du point de sortie S de la particule du champ électrique en fonction de m, $V_0$, U, l , d et q.
d) Quelle condition doit remplir la tension U pour que la particule puisse sortir du champ sans heurter les plaques ?
3) A sa sortie du champ électrique, la particule arrive en un point P d'un écran place perpendiculairement a l'axe OX, a la distance D du milieu des plaques. Soit O', le point d'intersection de l'axe OX avec l'écran.
a) Quelle est la nature du mouvement de la particule a la sortie des plaques ? Justifier
b) Exprimer la déviation Y= O'P de la particule en fonction de m, q, U, d, l, D et $V_0$.

**Exercice 14**

<u>Données</u> : Charge élémentaire : $e = 1{,}6.10^{-19}\ C$ ; Masse de la particule α : $m = 6{,}64.10^{-27}\ kg$.
Un faisceau de particules $\alpha\ (ions\ He^{2+})$ pénètre entre les plaques horizontales $P_1$ et $P_2$ d'un condensateur à la vitesse de valeur $V_0 = 448\ km.s^{-1}$ dont la direction fait un angle $\alpha = 45°$ avec l'horizontale. La largeur de la plaque est L = 10 cm ;



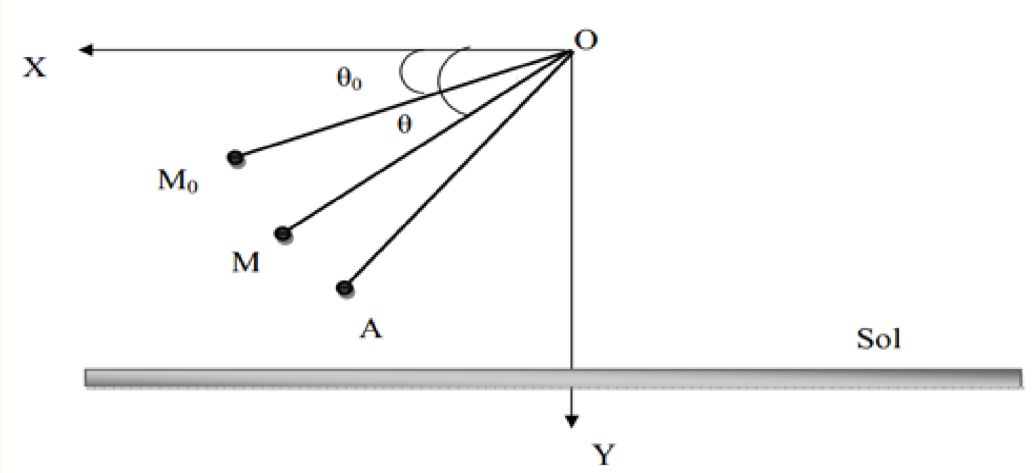

La distance entre les armatures est d = 8 cm ; La tension entre les armatures est U.
1) Etablir l'équation du mouvement d'une particule α entre les armatures du condensateur.
2) Etablir l'équation de la trajectoire d'une particule α entre les armatures du condensateur. Donner son expression numérique.

3) Quelle est la condition d'émergence d'un faisceau de particules α ? (Valeur de U pour que le faisceau ne rencontre pas l'une des armatures du condensateur).
4) Déterminer la valeur de U pour que le faisceau sorte des armatures au point O'. Déterminer alors les caractéristiques du vecteur vitesse $V_0'$ des particules α à leur sortie au point O'.

**Exercice15**

Depuis Galilée, les pendules pesants ont été l'objet d'études approfondies, car ils ont constitué du XIX$^e$ au XX$^e$ siècle, l'organe essentiel des horloges de précision.
Un pendule pesant est constitué d'un solide pouvant osciller autour d'un axe fixe, de part et d'autre de sa position de repos, sous l'action de son poids. La balançoire, le porte-clés, le balancier d'une horloge en constituant des exemples.
Un modèle simplifié du pendule pesant est le pendule simple. Celui-ci est constitué d'un solide ponctuel suspendu en point par un fil inextensible de longueur de très supérieure à la dimension du solide.
On étudie le mouvement d'un pendule simple constitué d'une bille ponctuelle de masse m=50g suspendue en un point fixe O par un fil inextensible de longueur l=50cm.
Initialement le pendule est en équilibre stable, le fil est alors vertical et le solide est en de O.
Dans toute la suite les frottements sont négligés.

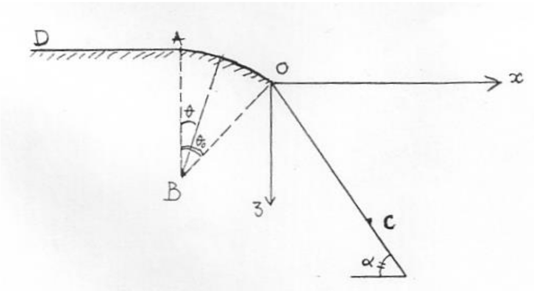
1. Dans un premier temps le solide est écarté légèrement de sa position d'équilibre stable puis abandonné sans vitesse initiale. Le système effectue alors de part et d'autre de cette position d'équilibre des oscillations périodiques, de faibles amplitudes, de période T=$2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. Evaluer la période de ces oscillations. Quelle devrait être la valeur de la longueur du fil pour que le pendule « batte la seconde » (une demi-oscillation dure 1 seconde) ? On prendra g=9,8m.$s^{-2}$
2. On écarte maintenant le fil de sa position d'équilibre jusqu'à la position définie par l'angle $\theta_0$=$(\overrightarrow{Ox},\overrightarrow{OM_0})$=15° ( voir figure ci-dessous) et on lance la bille dans le plan XOY avec le vecteur $\vec{v}_0$ dirigé vers le bas et tangent au cercle de rayon r et de centre O. On repère la position de la bille à instant t par l'angle $\theta$=$(\overrightarrow{Ox},\overrightarrow{OM})$




2.1 Par application du théorème de l'énergie cinétique établir l'expression de la vitesse de la bille en M en fonction de $v_0$ , g, l , $\theta$ et $\theta_0$
2.2 En utilisant le théorème du centre d'inertie au point M, établir l'expression de la tension en fonction de $v_0$ , g, l, m, $\theta$ et $\theta_0$ .
2.3 Exprimer la vitesse minimale $v_{0m}$ de la vitesse $v_0$ pour que la bille effectue un tour complet le fil <u>restant tendu</u> et la calculer.
2.4 Le pendule est à nouveau lancé à partir de $M_0$ avec un vecteur vitesse $\overrightarrow{v'}_0$ dirigé vers le bas, tangent au cercle de centre O et de valeur $v'_0$=4,16 $m.s^{-1}$. Mais le se casse quand la bille passe pour la première fois au point A repéré par l'angle $\alpha = (\overrightarrow{Ox},\overrightarrow{OA})$=45°.
Déterminer les caractéristiques du vecteur vitesse $\vec{v}_A$ de la bille au point A

**Exercice 16 :** *Tous les frottements sont négligeables* : *on prendra* g = 10 m.s$^{-2}$

Un skieur glisse sur une piste horizontale DA, à vitesse constante. En A, il aborde une piste circulaire de rayon r = AB. (B est sur la verticale passant par A). Voir figure.




On admet que le skieur est assimilable à un point matériel M dont la trajectoire suit la forme de la piste.

1) Etablir l'expression littérale de la vitesse $V_M$ en fonction de l'angle $\theta = \widehat{ABM}$ et de la vitesse $V_A$.

2) Le skieur quitte la piste en un point O tel que $\theta_0 = \widehat{ABO}$. Calculer la valeur de l'angle $\theta_0$.

3) Au même point O commence une troisième partie rectiligne faisant un angle α = 45° avec la verticale.

a) Donner l'équation de la trajectoire de M dans le repère (O, x, z).

b) Le skieur arrive sur la piste de réception au point C ; Calculer la distance OC.

Données : $V_A = 10\ m.s^{-1}$ ; AB = r = 20 m . (Extrait BAC $S_1$ $S_3$ 98)

**Exercice 17**

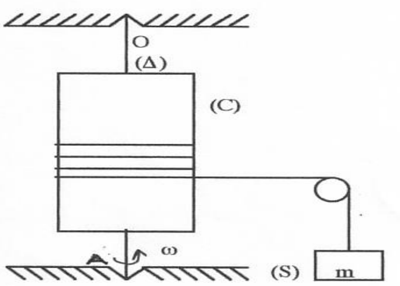
Données : $g = 10\ m.s^{-2}$ ; m = 50 g ; M = 2900 g ; R = 20 cm

Moment d'inertie d'un cylindre par rapport à l'axe (Δ) : $J_\Delta = \frac{1}{2}MR^2$

Un cylindre homogène (C) de masse M et de rayon R peut tourner librement autour de son axe vertical (D). Un fil inextensible de masse négligeable, peut tourner sans glisser autour du cylindre (C) de masse négligeable. Le fil passe ensuite par la gorge d'une poulie (P) de masse négligeable comme le montre la figure ci-contre. Un solide (S) de masse m est accroché à l'autre extrémité du fil.

*On néglige tous les frottements.*

On abandonne le système sans vitesse initiale et on détermine avec un chronomètre le temps mis par le cylindre pour effectuer n tours complets à partir du repos. On obtient les résultats suivants :




| n(tours) | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| t(s) | 2,7 | 3,9 | 4,8 | 5,6 |
| $t^2$ ($s^2$) | 7,3 | 15,2 | 23,0 | 30,7 |

1) Tracer le graphe $n = f(t^2)$.

Echelles : 1 cm pour 2,5 $s^2$ et 2 cm pour 1 tour.

2) Quelle est la nature du mouvement du cylindre ? Justifier la réponse.

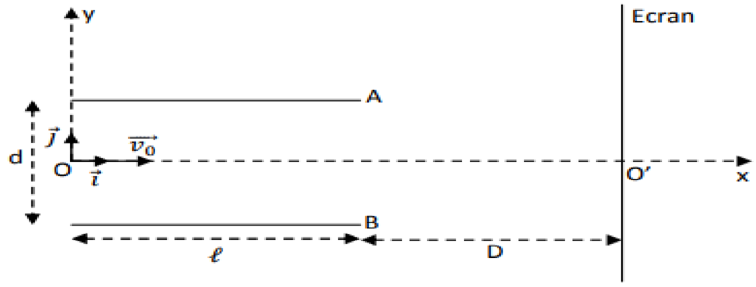
3) Déterminer la valeur expérimentale de l'accélération angulaire $\ddot{\theta}_{exp}$ du cylindre (C).

4) Montrer que l'expression de l'accélération angulaire théorique du cylindre (C) peut se mettre sous la forme : $\ddot{\theta}_{exp} = \frac{mgR}{J_\Delta + mR^2}$. Calculer sa valeur.

5) Comparer la valeur expérimentale de l'accélération angulaire $\ddot{\theta}_{exp}$ du cylindre et sa valeur théorique $\ddot{\theta}_{th}$. Commenter brièvement ces résultats.

**Exercice18**

On maintient entre les plaques, A et B, une différence de potentiel U. La longueur de ces plaques est $\ell$ et leur distance est d. Un électron est injecté avec une vitesse initiale $\overrightarrow{v_0} = v_0\vec{\imath}$, au point O milieu des plaques.
**Données** : $\ell = 2cm$ ; $d = 1cm$ ; $D = 50cm$ ; $U_{AB} = U = 100V$ ; $v_0 = 10^7$ m/s; $m_e = 9{,}1.10^{-31}kg$ ; $e = 1{,}6.10^{-19}C$.
On néglige le poids de l'électron.




**4.1.** Déterminer les caractéristiques du vecteur champ électrique (supposé uniforme) qui règne entre les deux plaques.
**4.2.** Etablir les équations horaires du mouvement d'un électron entre les armatures du condensateur, en fonction des paramètres du problème.
**4.3.** Etablir l'équation de la trajectoire d'un électron entre les armatures du condensateur.
**4.4.** L'électron sort de la région où règne le champ électrique en un point S. Calculer les coordonnées de S et celles du vecteur vitesse $\overrightarrow{v_S}$ en ce point. En déduire $v_S$.
**4.5.** On place un écran à la distance D de l'extrémité des plaques. Trouver en fonction de $m_e$, U, $v_0$, $\ell$, D, d et e l'expression de la distance Y = O'M, M étant le point d'impact d'un électron sur l'écran. Calculer Y.

# GRVITATION UNIVERSELLE

## Exercice 1

Un satellite de masse m = 2000 kg d écrit une orbite circulaire de même centre que la terre dans le référentiel géocentrique.
1) Préciser la nature et les caractéristiques de la force responsable du mouvement.
2) La vitesse angulaire est égale à $8{,}055.10^{-4}\ rad.s^{-1}$, calculer :
a) l'altitude z à laquelle évolue le satellite.
b) sa vitesse linéaire.
c) Les énergies cinétique, potentielle et mécanique du satellite à l'altitude z où la pesanteur est $g = g_0\frac{R^2}{(R+h)^2}$, avec $g_0 = 9{,}8 m.s^{-2}$ et $R = 6370 km$.

## Exercice 2

On suppose qu'un projectile est lancé verticalement avec la vitesse V du point A au sol.
1) Exprimer la vitesse V du projectile lorsqu'il passe en un point A distant de r du centre de la terre.
2) Pour quelle valeur de r cette vitesse s'annulerait-elle ? En déduire la valeur minimale de V (vitesse de libération) pour que le projectile s'éloigne indéfiniment de la terre. L'accélération de la pesanteur est $g_R = 10\ m.s^{-2}$ à la surface de la terre, à la distance $R = 6400km$ du centre de la terre ; en A elle est $g_r = g_R\frac{R^2}{(r)^2}$ à la distance r du centre de la terre.

## Exercice 3

1. a) Exprimer l'intensité g du champ gravitationnel au niveau du sol en fonction de K (constante gravitationnelle), du rayon R de la terre et de la masse M de la terre, en supposant celle-ci concentrée en son centre.
b) calculer M sachant que $K = 6{,}67.10^{-11}\ S.I$, $R = 6400\ km$ et $g_0 = 9{,}8\ m.s^{-2}$.
2. a) Exprimer en fonction de $g_0$, R et z l'intensité du champ gravitationnel g à une altitude z.
b) Montrer que si z est petit devant R, g est une fonction affine de z.
c) Dans ce dernier cas, calculer l'erreur relative que l'on commet en prenant $g = g_0$ à l'altitude $z = 3200m$.

## Exercice 4

On désigne par R le rayon de la terre supposée sphérique et homogène, M sa masse ; K étant la constante gravitationnelle et h l'altitude.
1) A partir de la loi de gravitation universelle, établir l'expression de l'intensité du champ de gravitation terrestre g en fonction de K, M, R et h. Quelle est l'expression de l'intensité du vecteur champ de gravitation terrestre g au sol ? En déduire que $g = g_0\frac{R^2}{(R+h)^2}$.

2) La navette spatiale Columbia a été placée sur une orbite circulaire, à l'altitude $h = 250km$.
a) Etablir dans un repère géocentrique les expressions de la vitesse de ce satellite et de sa période de révolution en fonction de $g_o$, R et h.
b) Application Numérique : $r = 6370km$ ; $g_0 = 9{,}81m.s^{-2}$.
3) Le plan de l'orbite de Columbia passait le 20 Novembre 1988 par Cherbourg et Nice ; ces deux villes sont distantes de 940km et on néglige la rotation de la terre. Calculer l'intervalle de temps séparant les passages de Columbia au-dessus de ces deux villes.

**Exercice 5**

1) Etablir l'expression qui donne l'intensité g du vecteur champ de gravitation terrestre à une altitude h en fonction de h, du rayon R de la Terre et de go, valeur de g au niveau du sol ($h = 0$).
2) Dans le repère géocentrique, un satellite de la terre décrit une orbite circulaire à une altitude $h_1$ : établir l'expression de sa période de révolution $T_1$ en fonction de $R, g_0$ $et$ $h_1$. $A.N : R = 6400\ km$ ; $g_0 = 9{,}8N.kg^{-1}$ ; $h_1 = 3600km$. $Calculer\ T_1$.
3) On considère que le satellite, sous l'influence d'actions diverses, perd de l'altitude à chaque tour. La réduction d'altitude à la fin de chaque tour est supposée égale au millième de l'altitude de l'altitude en début de tour : $\Delta h = 10^{-3}h$. Le satellite étant initialement à l'altitude $h_1$, montrer que dans ces conditions ses altitudes ultérieures à la fin de chaque tour varient en progression géométrique. En déduire le nombre n de tours effectués par le satellite quand il atteint l'altitude $h_2 = 100\ Km$

**Exercice 6**

Rayon terrestre $R = 6370\ Km$ ; $g_0 = 9{,}8\ m.s^{-2}$.
Dans le référentiel géocentrique un satellite évolue sur une orbite circulaire de rayon $r_1 = 20\,000\ km$ dans le plan terrestre. Il se déplace d'Ouest en Est. La période du mouvement de rotation de la Terre dans ce référentiel est $T = 86164s$.
1) Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.
2) Etablir l'expression puis calculer la vitesse du satellite dans le référentiel géocentrique.
3) En déduire la période du mouvement du satellite puis la calculer.
4) Quel devrait être le rayon $r_1'$ de l'orbite du satellite pour qu'il soit géostationnaire ? ($r_1'$sera calculé)
5) Quel est, pour un observateur terrestre, la période de révolution du satellite évoluant sur l'orbite de rayon $r_1 = 20\,000\ Km$.
6) Un autre satellite évolue dans le plan équatorial terrestre sur une orbite de rayon $r_2 = 18\,000\ Km$ dans le même sens que le premier.
A l'aide d'un schéma indiquer les positions des deux satellites quand leur distance est minimale. Ce rapprochement entre les deux satellites se répète périodiquement. Calculer la période de ces rapprochements.

**Exercice 7**

La terre est assimilée à une sphère homogène de centre O, de masse M et de rayon R. Le champ de gravitation créé par la terre en tout point A de l'espace situé à une distance r du point O est $\vec{g} = -\frac{KM}{r^2}\vec{u}$ K : constante universelle de gravitation et $\vec{u} = \frac{\overrightarrow{OA}}{\|\overrightarrow{OA}\|}$ .
1) Un satellite (S) de masse m décrit d'un mouvement uniforme, une orbite circulaire de rayon r autour de la terre. Le mouvement est rapporté au repère géocentrique et on suppose que S est soumis à la seule action du champ de gravitation terrestre.
a) Exprimer la vitesse v de (S) en fonction de l'intensité $g_o$ du champ de gravitation au sol, de R et de r
b) En déduire l'expression de la période T du mouvement. Calculer T.
On donne $R = 6400\ Km$ ; $g_0 = 9{,}8\ m.s^{-2}$ ; $r = 8000\ Km$
2) a) A partir du travail élémentaire $\delta W = \vec{f}.d\vec{r}$ de la force de gravitation exercée par la terre sur le satellite, montrer que le travail de cette force, lors du déplacement du sol jusqu'à l'orbite de rayon r est donné par : $W = mg_0R^2\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)$
b) En déduire l'expression de l'énergie potentielle du système terre-satellite en fonction de $g_o$, m, r et R ; on choisira le niveau du sol comme état de référence pour l'énergie potentielle.

c) Exprimer l'énergie cinétique de (S) en fonction de m, $g_o$, r et R. En déduire l'expression de l'énergie mécanique E

3) Il se produit une très faible variation dr du rayon r, telle que la trajectoire puisse être considérée comme circulaire.

a) Exprimer la variation dv de la vitesse qui en résulte et montrer que $dV = -\frac{\pi}{T}dr$.

b) La variation dr est en réalité due au travail $dW(\vec{f})$ des forces de frottement exercées par les couches raréfiées de l'atmosphère pendant le déplacement. Du signe de $dw$, déduire l'effet de ces forces sur l'altitude et la vitesse de (S).

**Exercice 8**

On se propose de déterminer la masse de Jupiter en étudiant le mouvement de ses principaux satellites : Io ; Europe ; Ganymède et Callisto.

1) Le mouvement d'un satellite de masse m est étudié dans un repère considéré comme galiléen ayant son origine au centre de Jupiter et ses trois axes dirigés vers des étoiles lointaines fixes. On supposera que Jupiter et ses satellites ont une répartition de masse à symétrie sphérique. Le satellite se déplace sur une trajectoire circulaire, à la distance r du centre de Jupiter.

a) Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.

b) Donner l'expression de la période du satellite.

c) Montrer que le rapport $\frac{T^2}{r^3}$ est constant (3ème loi de Kepler).

2) La période de révolution et les rayons des orbites des quatre principaux satellites de Jupiter ont été déterminés et ont les valeurs suivantes :

| Satellites | Io | Europe | Ganymède | Callisto |
|---|---|---|---|---|
| T (h) | 42,5 | 85,2 | 171,7 | 400,5 |
| r (Km) x $10^3$ | 422 | 671 | 1070 | 1833 |

a) Représenter sur papier millimètre le graphe $T^2 = f(r^3)$ ; **Echelle** : 1cm pour $10^{11} s^2$ et 1cm pour $4.10^{26}\ m^3$.

b) Conclusion.

- En déduire une relation reliant ces résultats à ceux de 1) b.
- Déterminer la masse de Jupiter. On donne $K = 6{,}67.10^{-11}\ S.I.$

**Exercice 11**

*Les satellites géostationnaires sont utilisés, entre autres, en télécommunication, en météorologie et dans le domaine militaire. Ils ont pour rôle de recevoir et de réémettre, vers une zone couvrant une partie de la surface terrestre, des signaux électromagnétiques.*

Dans cet exercice, on se propose d'étudier le mouvement circulaire d'un satellite géostationnaire dans le référentiel géocentrique supposé galiléen et de déterminer la fraction de la surface terrestre couverte par le faisceau électromagnétique envoyé par un tel satellite.

1) Enoncer la loi de gravitation universelle puis donner, schéma à l'appui, sa formulation vectorielle.

2) En déduire l'expression vectorielle du champ de gravitation terrestre $\vec{\mathcal{G}}$ à l'altitude h.

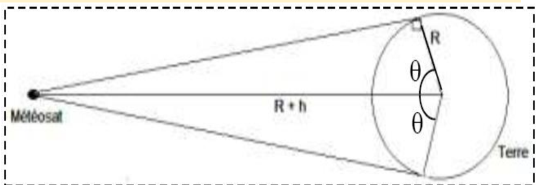
Etablir alors l'expression de $\mathcal{G}$ en fonction de sa valeur $\mathcal{G}_0$ au sol, de l'altitude h et du rayon R de la Terre.

3) Montrer que le mouvement du satellite géostationnaire est uniforme.

4) Etablir, en fonction de $\mathcal{G}_0, R\ et\ h$, l'expression de la vitesse v du satellite sur son orbite et celle de sa période T.

5. a) Qu'appelle–t–on satellite géostationnaire ?

b) Montrer, par un calcul, que l'altitude du satellite géostationnaire vaut h = 3,58.104 km.




6) Météosat-8 est un de ces satellites géostationnaires.

a) Calculer la fraction de la surface terrestre couverte par le faisceau électromagnétique envoyé par Météosat-8.

b) Dire si les observations faites par Météosat-8 concernent toujours la même zone de la Terre ou non.

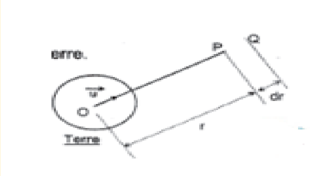
<u>On donne :</u>

- La surface S de la calotte sphérique de rayon R, vue sous l'angle $2\theta$ depuis le centre de la Terre est donnée par : $S = 2\pi R^2 (1 - \cos\theta)$.

- ➢ Rayon terrestre $R = 6400\ km$; période de rotation de la Terre sur elle-même $T_t = 8{,}6.104\ s$
- ➢ Valeur du champ de gravitation terrestre au sol : $\mathcal{G}_0 = 9{,}8\ S.I$

**Exercice 12**

La terre, de masse $M = 5{,}98.10^{24}\ Kg$ et de rayon R=6370 km a une répartition de masse à symétrie sphérique.



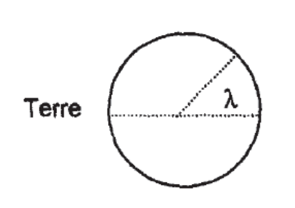

La constante gravitationnelle est $K = 6{,}67.10^{-11}\ N.m^2kg^{-2}$ et la durée du jour sidéral est $T_0 = 86164\ s$.

1) Soit un point P situé à l'altitude z, donner, dans le repère $(O.\vec{u})$ l'expression de vecteur champ de gravitation $\vec{G}(z)$ créé en P par la terre.

2. a) Un solide ponctuel de masse m est initialement au point P. il se déplace jusqu'au point Q situé à la distance $r + dr$ du point O, $dr$ est très petit par rapport à r. Exprimer en fonction de $K, M, m, r\ et\ dr$ le travail élémentaire $dW$ effectué par la force de gravitation que la terre exerce sur le solide de masse $m$.

b) En déduire l'expression du travail W de cette force gravitationnelle lorsque $r\ varie\ de\ r_1$ à $r_2$. quelle conclusion peut-on tirer sur cette force ?

c) En utilisant la relation entre la variation d'énergie potentielle et le travail W de la force de gravitation, montrer qu'à l'altitude z, l'énergie potentielle de gravitation du système $(Terre - solide)$ peut se mettre sous la forme : $E_p = -\frac{K.M.m}{R+z}\ si\ E_p(\infty) = 0$




3) Le solide de masse m est au repos sur la terre en un point de l'altitude $\lambda$. Exprimer l'énergie mécanique $E_0$ du solide en fonction de $K, M, m, R, \lambda\ et\ T_0$. Calculer $E_0$, on donne $m = 800\ kg$ ; $g = 10\ SI$.

4) Le solide est maintenant satellisé à l'altitude z. sa trajectoire dans le repère géocentrique est circulaire de rayon $r = R + z$.

a) Déterminer l'expression de la vitesse $V$ du satellite dans le repère géocentrique en fonction de $K, M\ et\ r$.

b) Déterminer l'expression de son énergie mécanique $E$.

c) Application numérique : $z = 600\ m$. Calculer $V\ et\ E$.

5) Montrer que l'énergie $\Delta E$ qu'il a fallu fournir au satellite précédent, initialement au repos sur la Terre peut se mettre sous la forme : $\Delta E = KmM\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{2r}\right) - \frac{2\pi^2}{T_0^2}mR^2cos^2\lambda$.

En déduire, du point de vue énergétique l'emplacement le plus favorable des bases de lancement.

**Exercice13 (bac S2 2017)**

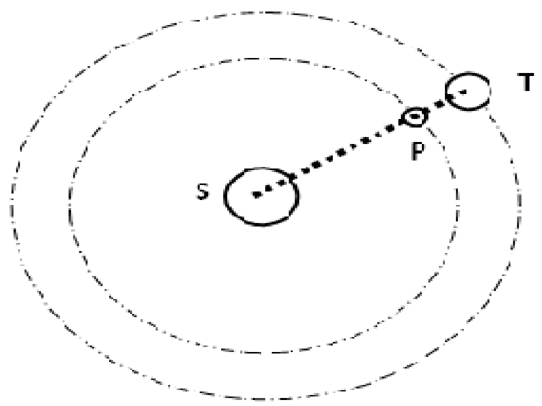
La sonde spatiale SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) est un satellite qui a été mis en orbite par la fusée ATLAS II. Elle a pour mission d'étudier la structure interne du soleil, la chaleur de son atmosphère et les origines du vent solaire. Dans ce qui suit, on étudie le mouvement de la sonde.

3.1 Au décollage, le mouvement de la fusée ATLAS II est étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen. La fusée et son équipement (y compris la sonde) ont une masse $M = 850\ tonnes$ supposée constante durant le décollage. La force de poussée $\vec{F}$ générée par les propulseurs de la fusée a une intensité égale à $16.10^6\ N$ durant la phase de décollage.

3.1.1 Déterminer la valeur algébrique de l'accélération du centre d'inertie de la fusée durant le décollage sachant que le repère d'espace choisi est l'axe vertical (OZ) orienté vers le haut et que le centre d'inertie de la fusée est initialement confondu avec l'origine O.

3.1.2 Etablir la loi horaire de son altitude $z(t)$ durant cette phase. Calculer l'altitude à la date $t = 15\ s$.

3.2 Le soleil, de centre S et de masse $M_s$ et la Terre de centre T et de masse $M_T$, sont considérés comme des astres présentant une répartition de masse à symétrie sphérique. On admet que la Terre décrit autour du Soleil, d'un mouvement uniforme, une orbite circulaire de centre S et de rayon d. Sa période de révolution est de $365{,}25\,jours$.

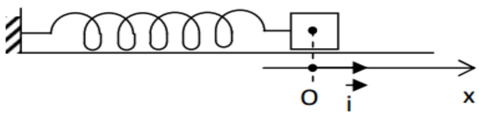



d = TS et ℓ = TP

3.2.1 On suppose que la Terre ne subit que l'action du Soleil. Exprimer la vitesse angulaire de la Terre sur son orbite en fonction de G, $M_S$ et d.
3.2.2 En déduire la valeur de la masse $M_S$ du Soleil.
3.2.3 Le satellite SOHO, assimilé à un point matériel P de masse m, est placé à un endroit très particulier du système solaire, le point de Lagrange $L_1$, situé à la distance $l$ du centre de la Terre. Il décrit autour du Soleil, d'un mouvement uniforme, une orbite circulaire de rayon $b = d - l$. Les centres de S, P et T sont constamment alignés.
3.2.3.1 A quelle vitesse angulaire SOHO tourne-t-il autour du Soleil ? Justifier la réponse.
3.2.3.2 Faire l'inventaire des forces qui agissent sur le satellite P. Les représenter sur un schéma.
3.2.3.3 En appliquant le théorème du centre d'inertie au satellite et en tenant compte du résultat obtenu à la question 3.2.1, établir la relation entre d, $l$ et le rapport des masses $\frac{M_T}{M_S}$,
3.2.3.4 Tenant compte du fait que le point de Lagrange $L_1$ est situé beaucoup plus près du centre de la Terre que celui du Soleil, on peut faire l'approximation $\frac{l}{d} \ll 1$. Etablir alors la relation : $(\frac{l}{d})^3 = \frac{M_T}{3M_S}$. Calculer la distance $l$ situant le point de Lagrange à la Terre.
3.3 Quel est l'avantage d'un satellite comme SOHO par rapport à des observations terrestres ?
3.4 D'après un article extrait d'un hebdomadaire du vulgarisation scientifique ≪ SOHO est le premier observateur spatial à être placé à un endroit très particulier du système solaire le point de Lagrange $L_1$ du nom d'un mathématicien français qui en a découvert l'existence⋯ A cet endroit précis où l'attraction du Soleil équilibre très exactement l'attraction de la **Terre**, le satellite spatial peut observer le Soleil $24h\,sur\,24h$ ≫. L'information fournie par cet article selon laquelle SOHO est situé à un endroit précis où l'attraction du Soleil équilibre très exactement l'attraction de la Terre est-elle compatible avec le mouvement circulaire uniforme de SOHO autour du Soleil ? Justifier la réponse.
Données :masse de la Terre $M_T = 5{,}98.10^{24}kg$ ; distance Terre-Soleil $d = 1{,}50.10^8km$ ; Constante de gravitation $G = 6{,}67.10^{-11}\,N.m^2.kg^{-2}$ ; intensité du champ de gravitation terrestre au sol, $g_0 = 9{,}80\,m.s^{-2}$.

# OSCILLATION MECANIQUE

## EXERCICE 1




Un oscillateur mécanique libre est constitué d'un ressort élastique de constante de raideur k, d'axe horizontal, relié à un solide S supposé ponctuel, de masse m. Le solide S peut se déplacer, sans frottement, sur un plan horizontal, le long de l'axe du ressort.

**4-1** Schématiser l'oscillateur à un instant où le solide S est écarté de sa position d'équilibre ; représenter à cet instant les forces qui s'exercent sur le solide S

**4-2-** Etablir l'équation différentielle qui régit le mouvement du solide ponctuel S

**4-3** La solution de cette équation différentielle est de la forme $x = X_m \cos(\omega_o t + \varphi)$.
Rappeler la signification des paramètres de cette équation, donner également leurs unités dans le système international.

**4-4** : L'énergie potentielle de cet oscillateur est nulle quand le solide S est à sa position d'équilibre.

**4-4-1** Exprimer l'énergie potentielle de cet oscillateur en fonction de k, m, x et $\frac{dx}{dt}$. ( x est l'abscisse du solide).
Pour la courbe C3, l'enregistrement a été fait avec le solide S supportant une surcharge de masse m';
les autres courbes ont été enregistrées avec le solide S sans surcharge.

## EXERCICE 2

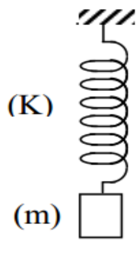



Figure a

En travaux pratiques un groupe d'élèves utilisent deux méthodes différentes pour déterminer la constante de raideur K d'un ressort à spires non jointives.

- **3.1**. La méthode statique :

L'extrémité supérieure du ressort est fixée. A son extrémité libre, sont suspendues successivement des masses de différentes valeurs (figure a). Pour chaque masse m l'allongement $\Delta\ell$ du ressort est mesuré à l'aide d'une règle (non représentée sur la figure). Le tableau de valeurs suivant est obtenu :

| m (kg) | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta\ell$ (cm) | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10 | 12,4 | 15,1 | 17,5 | 19,8 |

**3.1.1** Tracer le graphe de l'allongement $\Delta\ell$ en fonction de la masse m. En déduire la relation numérique entre $\Delta\ell$ et m.

**3.1.2** Sur un schéma, représenter les forces s'exerçant sur la masse m. Traduire alors la condition d'équilibre et en déduire l'expression de K en fonction de m, $\Delta\ell$ et l'intensité de la pesanteur g.

**3.1.3** En déduire la valeur de la constante de raideur K. On prendra $g = 9{,}81\ m.s^{-2}$.

• **3.2**. La méthode dynamique :

Dans cette partie le ressort précédent est utilisé pour réaliser un oscillateur horizontal. Le solide de masse M, de valeur inconnue, solidairement lié au ressort, se déplace sur un support horizontal (figure b). Tous les frottements sont négligés. On utilise un axe X'X horizontal orienté par le vecteur unitaire $\vec{i}$ et on repère la position du centre d'inertie G du solide par son abscisse X sur cet axe.

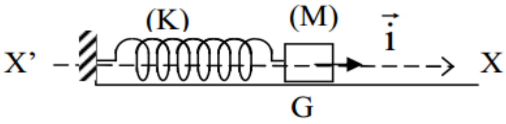



Figure b

A l'équilibre le ressort n'est ni comprimé, ni allongé et l'abscisse X est nulle (le point G est confondu avec l'origine de l'axe X'X).

A un instant choisi comme origine des temps, la masse est écartée de sa position d'équilibre, et lâchée sans vitesse initiale.

**3.2.1** Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur la masse M à un instant t donné et les représenter sur un schéma.

**3.2.2** Par application du théorème du centre d'inertie appelé aussi deuxième loi de Newton, établir l'équation différentielle du mouvement.

En déduire l'expression de la période $T_0$ des oscillations en fonction de la constante de raideur K et de M.

**3.2.3** La mesure de 10 oscillations donne 10,6 s. Calculer $T_0$.

**3.2.4** L'objet précédent de masse M est surchargé d'une masse $m_1$ = 20 g fixée sur lui. Le système est à nouveau mis en oscillation comme précédemment. Cette fois la durée de 10 oscillations donne 10,7 s. Exprimer la nouvelle période T en fonction de K, $m_1$ et M.

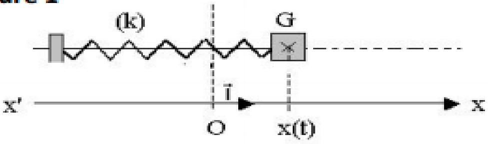
**3.2.5** En déduire l'expression de K en fonction de $T_0$, T et $m_1$.

**3.2.6** Calculer K. Comparer avec le résultat obtenu par la méthode statique. Expliquer.

## EXERCICE 3 :

Pour améliorer le confort des automobilistes on utilise des ressorts comme éléments de suspension. Un de ces ressorts, de masse négligeable, est fixé sur une tige horizontale et peut se déplacer sans frottement. Il est solidaire à un solide S de masse m = 100 kg (figure 1).

**Figure 1**




A la date $t_0 = 0$, on déplace de sa position d'équilibre, le centre d'inertie G du solide S, jusqu'à la position + $x_{max}$ puis on le lâche sans vitesse initiale. Par un dispositif approprié, on enregistre les courbes représentant les variations de l'énergie potentielle, $E_p$, et de l'énergie cinétique, $E_c$, du système (ressort-solide S) d'une part et de l'accélération du solide S d'autre part (figures 2 et 3). Sur la figure 2, chacune des courbes $C_1$ et $C_2$ est une sinusoïde de période T **(Il n'est pas demandé de rendre ces courbes avec la copie).**

**3.1** Rappeler l'expression de l'énergie potentielle élastique du système "ressort-solide S" en fonction de la constante de raideur k du ressort et de la position x du centre d'inertie G du solide S.

**3.2** Rappeler l'expression de l'énergie mécanique $E_m$ du système "ressort-solide S"(on ne tient pas compte de l'énergie potentielle de pesanteur). Cette énergie mécanique $E_m$ est elle constante ? (réponse à justifier).

**3.3** A partir de l'expression de l'énergie mécanique $E_m$ , établir l'équation différentielle régissant le mouvement du centre d'inertie G du solide S.

**3.4** Retrouver l'équation différentielle régissant le mouvement du centre d'inertie G du solide S à partir d'une étude dynamique de ce mouvement.

**3.5** L'équation horaire du mouvement du centre d'inertie G du solide S est : $x = 5.10^{-2}\cos(\omega t)$ (x en m).

**3.5.1** Sur la figure 2, identifier la courbe représentant les variations de l'énergie potentielle $E_p$ et celle représentant les variations de l'énergie cinétique $E_c$.

**3.5.2** En utilisant l'équation horaire et l'une des courbes de la figure 2, déterminer la valeur de la constante de raideur k du ressort utilisé.

**3.5.3** Retrouver la valeur de la constante de raideur k du ressort utilisé par exploitation de la courbe de la figure 3.

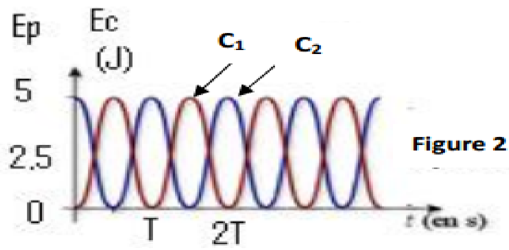



**Figure 2**

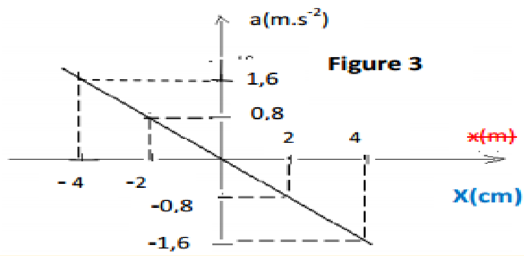



**Figure 3**

## EXERCICE 4

Un palet (P) à cousin d'air assimilé à un point matériel de masse m = 500 g, est percé d'un trou à travers lequel passe une tige horizontale TT'. Le palet est accroché à deux ressorts identiques $R_1$ et $R_2$ de masse négligeable, enfilés autour de la tige TT' et tendus entre deux points M et N. Les deux ressorts ont même constante de raideur $k_1 = k_2 = k = 10\ N.m^{-1}$ et même longueur à vide $\ell_{O1} = \ell_{O2} = 18$ cm.

**3.1** Les extrémités M et N des deux ressorts sont fixés. Les ressorts ont alors pour longueur $\ell_1 = \ell_2 = 25$ cm lorsque le palet est en équilibre (fige 1). On écarte alors le palet P de sa position d'équilibre dans la direction MN de $x_0 = + 2$ cm, puis on l'abandonne à l'instant t = 0 avec une vitesse de valeur algébrique $v_0 = - 0,20\ m\ s^{-1}$.

On rapporte le mouvement du palet au repère OX, l'origine O du repère, correspond à la position du palet lorsque le système est en équilibre. Les frottements sont supposés négligeables.

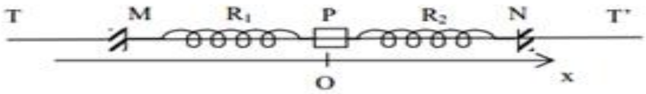



**Figure 1**

**3.1.1** Donner, à une date t quelconque, l'expression de l'allongement de chacun des ressorts en fonction de l'abscisse x de P à cette date.

**3.1.2** Montrer que l'équation différentielle du mouvement de P s'écrit : $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{2k}{m}x = 0$.

**3.1.3** Etablir l'équation horaire du mouvement de P. Calculer la période $T_0$ du mouvement.

**3.2** L'extrémité N du ressort $R_2$ reste fixée. Le point M est relié à un excitateur constitué d'un petit moteur comme l'indique la figure 2. On met en route l'excitateur et on réalise plusieurs enregistrements en modifiant la vitesse de rotation du moteur (figure 2). On obtient les courbes ci-après (courbe 1, courbe 2, courbe 3 de la page 4). Le dispositif d'enregistrement n'est pas représenté sur la figure.

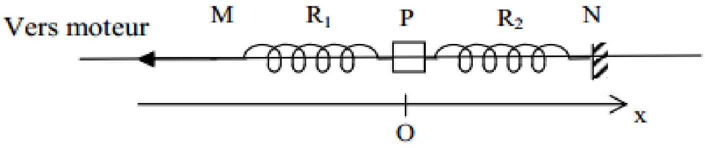


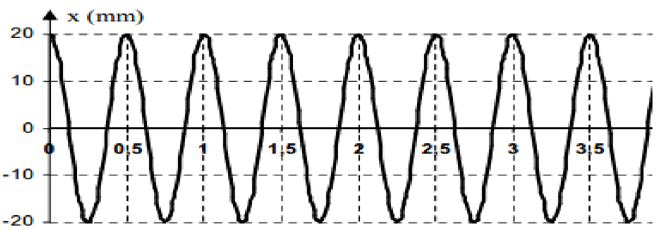

**Figure 2**

**3.2.1** Quel nom doit-on donner aux oscillations ainsi obtenues ?

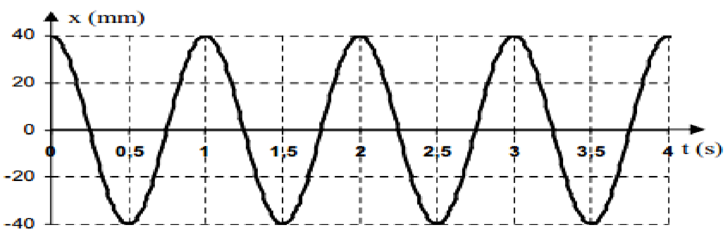
**3.2.2** Déterminer graphiquement l'amplitude et la fréquence des oscillations pour chaque courbe.

**3.2.3** Justifier le fait que l'amplitude des oscillations du palet soit plus grande pour la courbe 2.

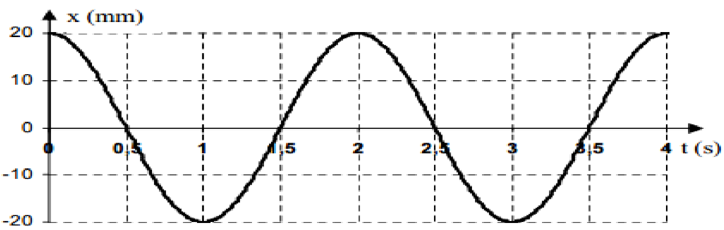
**3.2.4** Le point M étant toujours relié au moteur dont la vitesse de rotation est réglée dans les conditions d'obtention de la courbe 2. On associe alors P à une palette immergée dans de l'huile. Comment évolue alors l'amplitude des oscillations ? Ebaucher la courbe x = f(t) en considérant un amortissement faible. Quel peut être l'intérêt d'un tel dispositif ?




Courbe 1




Courbe 2

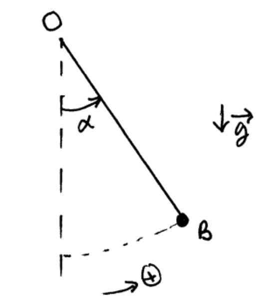



Courbe 3

**Exercice5 :** Le pendule simple

On considère un pendule simple constitué d'un objet ponctuel B, de masse m, suspendu en un point O par un fil tendu sans raideur et sans masse, de longueur l dans le champ de pesanteur terrestre supposé uniforme ; on considérera le référentiel terrestre comme galiléen.

On note α l'angle que fait le fil de suspension avec la verticale ; on étudie les mouvements dans le plan vertical de la figure ci-contre.




1) A quelle condition sur la durée de l'expérience le référentiel terrestre peut-il être considéré comme galiléen ?

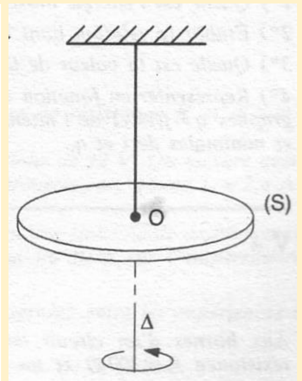
2) Etablir l'équation différentielle du mouvement du point B, vérifiée par l'élongation angulaire α du pendule ?

3) A quelle condition le pendule sera-t-il considéré comme un oscillateur harmonique ?

Quelle est alors l'expression littérale de sa pulsation $\omega_0$ ?

**Exercice6 :** Le Pendule de torsion

On considère le dispositif représenté ci-dessous. Le fil vertical a pour constante de torsion $C = 4{,}50.10^{-4}$ N.m.rad$^{-1}$.




Il est lié au centre O du disque (S) horizontal, homogène, de moment d'inertie par rapport à l'axe Δ, $J_\Delta = 3{,}8.10^{-3}$ kg.m$^2$.

A la date t = 0, le disque (S), en rotation autour de l'axe à passe à sa position d'équilibre, caractérisée par θ= 0, avec la vitesse angulaire $\dot{\theta} = 3{,}50.10^{-1}$ rad.s$^{-1}$, dans le sens positif indiqué sur le schéma.

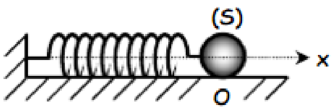
En négligeant tout frottement, établir l'équation différentielle du mouvement du disque (S).

En déduire l'équation horaire de ce mouvement

Rechercher la vitesse angulaire $\dot{\theta}$ du disque après une rotation de +3° à partir de la date t = 0.

***Exercice7 :***

L'extrémité d'un ressort (R), est liée à un solide ponctuel de masse m, l'autre extrémité étant fixe. Ce solide peut glisser sans frottement sur un plan horizontal. Le ressort est à spires non jointives de masse négligeable et de constante de raideur k. On allonge le solide(S) de sa position d'équilibre $x_0$ à un instant qu'on prend comme origine des dates puis on l'abandonne sans vitesse.



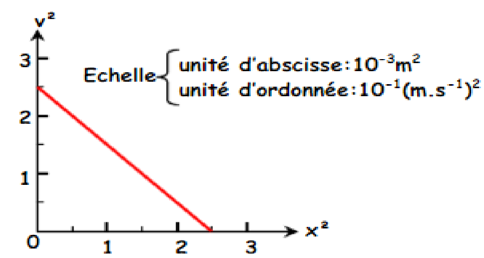

1.a) A une date t quelconque le centre d'inertie G de (S) a une élongation x et sa vitesse instantanée v.

Donner l'expression de l'énergie mécanique E du système {solide(S), ressort, Terre} en fonction x, v, k et m

b) Sachant que cette énergie est constante, exprimer sa valeur en fonction de k et $x_0$ et déduire que le mouvement de (S) est rectiligne sinusoïdal

2) A l'aide d'un dispositif approprié, on mesure la vitesse instantanée v du solide (S) pour différentes élongations y du centre d'inertie G de (S).

Les résultats des mesures ont permis de tracer la courbe $v^2 = f(x^2)$




**a)** Justifier théoriquement l'allure de la courbe en établissant l'expression de $v^2$

**b)** En déduire les valeurs de la pulsation $\omega_0$et l'amplitude $x_0$ du mouvement de (S)

**c)** Etablir l'équation horaire du mouvement

**d)** Sachant que l'énergie mécanique E du système est égale à 0,125j. calculer les valeurs de la constante de raideur k du ressort et la masse m du solide (S)

# GENERALITES SUR LE CHAMP MAGNETIQUE

**Exercice1 :**

On veut produire au centre d'un solénoïde de longueur L=60 cm un champ magnétique de 5 $10^{-3}$T, l'intensité du courant étant de 2A

1)Quel est le nombre N de spires nécessaires ?

2) L'enroulement est réalisé sur un cylindre creux en matière plastique à l'aide d'un fil gaine de 2mm de diamètre, les spires étant jointives. Quel est le nombre de couches qu'il faudra disposer sur le cylindre ?

**Exercice2 :**

Au centre d'un solénoïde comportant n=$10^3$ spires. $m^{-1}$ dont l'axe est perpendiculaire au plan du méridien magnétique, on place une petite aiguille aimantée mobile autour d'un axe vertical.

a) Aucun courant ne passe dans le solénoïde. Faire une figure vue de dessus représentant le méridien magnétique, le solénoïde et l'aiguille aimantée.

b) On fait passer dans le solénoïde un courant d'intensité I. On constate que l'aiguille aimantée dévie d'un angle α=41,2°. Faire une figure vue de dessus et calculer l'intensité du courant. On donne $B_H$ =$2.10^{-5}$T.

**Exercice 3 :**

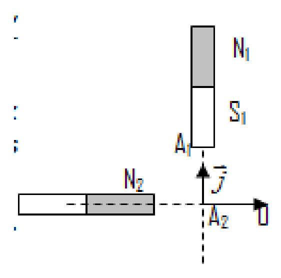
Une bobine de longueur $l = 60\,cm$, comportant $N = 1200\,spires$ de diamètre $d = 4\,cm$, est parcourue par un courant d'intensité $I = 500\,mA$.

1) Après l'avoir justifié, donner l'expression et la valeur du champ magnétique au centre de la bobine. On donne : $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}S.I.$

2) Faire un schéma de la bobine sur lequel on représentera le sens du courant, le vecteur champ magnétique en un point P à l'intérieur de la bobine, ainsi que les faces nord et sud de la bobine.

3) Tracer approximativement les lignes de champ à l'intérieur et à l'extérieur de la bobine.

**Exercice 4**




1) En un point O de l'espace se superpose deux champs magnétiques $B_1\ et\ B_2$, créés par deux aimants droits identiques dont les directions sont perpendiculaires.

a) Dans le cas de la figure 2, on a $OA_1 = OA_2 = d$ et les champs créés par deux aimants $N_1S_1\ et\ N_2S_2$ ont la même intensité $B_1(O) = B_2(O) = 5.10^{-3}T$. Donner les caractéristiques du vecteur champ $\vec{B}(O)$ au point O.

b) On inverse les pôles de l'aimant $N_2S_2$ et on maintient $OA_1 = OA_2 = d$. Donner les caractéristiques du vecteur champ $\vec{B}(O)$ au point O.

2) Dans le champ terrestre, deux solénoïdes $S_1\ et\ S_2$ identiques sont disposés de façon que leurs axes soient horizontaux et perpendiculaires. Le point d'intersection O de ces axes est situé à égale distance des faces les plus proches des deux solénoïdes et l'axe de $S_1$étant orienté suivant la direction s-n magnétique (figure 3). En ce point O, est placée une aiguille aimantée mobile sur pivot vertical. Ces solénoïdes peuvent être parcourus par des courants d'intensités respectives $I_1\ et\ I_2$.

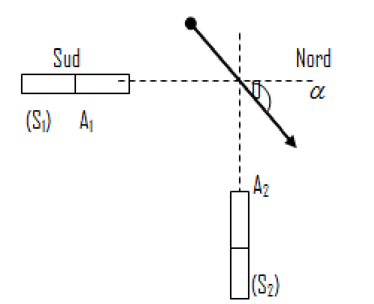



Figure 3

a) Si on prend $I_1 = 0\,A$ et on donne à $I_2$ une valeur et un sens de tel sorte que l'axe SN de l'aiguille aimantée fasse à l'équilibre un angle $\alpha = 60°$ avec l'axe du solénoïde ($S_1$), préciser les caractéristiques du champ $\vec{B}_2$ créé par le solénoïde ($S_2$) en O.

b) On maintient dans ($S_2$) le courant précédent (même intensité et même sens).

On lance dans ($S_1$) un courant de même intensité et même sens tel que $A_1$ soit une face sud. Préciser la nouvelle orientation de l'aiguille *On donne:* $B_H = 2.10^{-5}\,T$

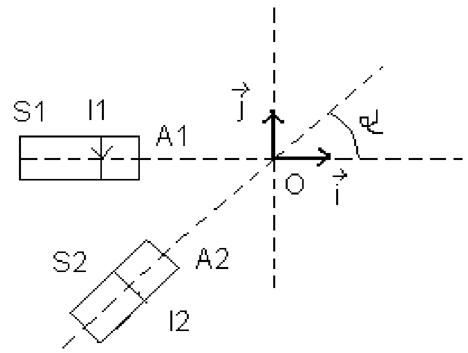
**Exercice 5**

Un solénoïde long, horizontal, comporte 2000 spires par mètre et renferme, dans sa région centrale, une aiguille aimantée placée sur pivot vertical. Initialement, l'axe horizontal du solénoïde est dans le plan du méridien magnétique du lieu où l'on réalise l'expérience.

Calculer l'intensité $I_0$ du courant qui doit passer dans le solénoïde pour que le champ magnétique créé dans sa région centrale ait la même valeur que la composante horizontale du champ magnétique terrestre : $B_H = 2.10^{-5}\,T$

**Exercice 6**

Deux solénoïdes $S_1$ et $S_2$ sont disposés comme le montre la figure. Leurs axes se coupent en O à la même distance d = $OA_1$ = $OA_2$ des faces les plus proches et font un angle ☐ = 45°.

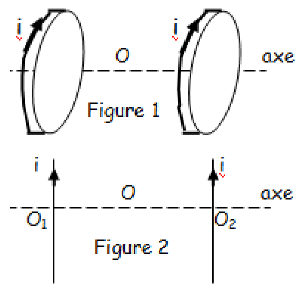



1- Le solénoïde $S_1$ crée en O un champ magnétique $\overrightarrow{B_1}$ de valeur $4{,}0.10^{-3}$ T, lorsqu'il est parcouru par un courant d'intensité $I_1$. Préciser le sens et la direction de $\overrightarrow{B_1}$ . La face $A_1$ est-elle sud ou nord ?

2- Le solénoïde $S_1$ fonctionnant dans les mêmes conditions, on fait passer dans le solénoïde $S_2$ un courant d'intensité $I_2$. Quel doit être le sens du courant $I_2$ pour que le champ magnétique total $\vec{B} = \overrightarrow{B_1} + \overrightarrow{B_2}$ crée par les deux solénoïdes en O ait même direction que $\vec{j}$ ? Quel est alors le sens du champ $\overrightarrow{B_2}$ ? La face $A_2$ est-elle sud ou nord ?

3- Calculer la valeur du champ magnétique total B ainsi que celle de l'intensité $I_2$ sachant que $I_1$ = 1,2A.

**Exercice 7**




On étudie le champ magnétique créé par les bobines de HELMOLTZ. Ce sont deux bobines plates circulaires, identiques, de même axe, de centre $O_1$ et $O_2$, de rayon R, distantes l'une de l'autre de $d = R$, comportant chacune N spires. On désigne par O le milieu de $O_1O_2$ (voir figures).

$On\ donne : R = 6{,}5\ cm\ ;\ N = 100\ spires.$

1) Les deux bobines sont traversées par des courants de même sens et de même intensité i.

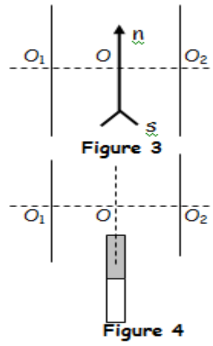
a) Recopier la figure 2 et représenter le vecteur le champ magnétique résultant B, créé par les bobines au point O. Justifier cette représentation.

b) On fait varier l'intensité du courant i et on mesure, à chaque fois, la valeur du champ magnétique B au point O. On obtient le tableau de mesures suivant :

| i (A) | 0 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 2,8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B (mT) | 0 | 0,28 | 0,69 | 1,10 | 1,40 | 2,10 | 2,70 | 3,50 | 3,90 |

Tracer la courbe B = f (i) avec les échelles suivantes : {1 cm pour 0,25 A et 1 cm pour 0,4 mT}
Déduire, de l'allure de la courbe, la relation entre B et i.

2) Dans le vide, la valeur du champ magnétique résultant crée par les bobines, en O, est donné par : $B = 0{,}72\mu_0 \frac{N}{R} i$. Dans cette relation, $\mu_0$ représente la perméabilité magnétique du vide. En utilisant la relation établie en 1.b), déterminer la valeur de $\mu_0$.




3) Au point O, on place une aiguille aimantée, mobile autour d'un pivot vertical. En l'absence de courant dans les bobines, l'aiguille s'oriente comme l'indique la figure 3. L'axe de l'aiguille est alors parallèle au plan des bobines. La valeur de la composante horizontale du champ magnétique terrestre vaut $B_H = 2.10^{-5}\,T$. On fait passer dans les bobines un courant d'intensité $I = 50\ mA$, l'aiguille aimantée dévie alors d'un angle α.

a) Faire un schéma indiquant clairement le sens du courant dans les bobines, les vecteurs champs magnétiques au point O et l'angle de rotation α de l'aiguille aimantée.

b) Déterminer la valeur de l'angle de rotation α de l'aiguille aimantée.

4) Sans modifier le courant traversant les bobines (I = 50 mA) on place un aimant droit suivant une direction perpendiculaire à $O_1O_2$ et confondue avec la direction initiale de l'aiguille (voir

figure 4). L'aiguille accuse alors une déviation $\alpha$ ' = 45 ° par rapport à sa position en l'absence de courant. Préciser les caractéristiques du vecteur champ magnétique crée par l'aimant droit au point O.

**Exercice 8**

Deux fils conducteurs $D_1$ et $D_2$ parallèles sont parcourus par des courants d'intensités respectives $I_1$ et $I_2$ de sens contraires (fig.1). Les fils sont distants de a = 10 cm. Trouver les caractéristiques du champ résultant créé par les deux courants :

(a)en un point O situé à 5 cm de $D_1$ et à 5cm $D_2$ pour $I_1 = 10$ A et $I_2 = 5$ A

(b) en un point A situé à 10 cm de $D_1$ et à 10 cm $D_2$ pour $I_1 = I_2 = 10$ A

**Exercice 9**: **Composition du champ magnétique terrestre et du champ magnétique créé par un solénoïde**

Un solénoïde comporte 2000 spires par mètre et renferme dans sa région centrale une aiguille aimantée, placée sur pivot. Son axe horizontal est placé perpendiculairement au plan du méridien magnétique terrestre. On donne la valeur de la composante horizontale du champ magnétique terrestre $B_H = 2 \times 10^{-5}$ T.

**1-** Indiquer sur un schéma la direction et le sens de $\vec{B}_H$. Représenter la position initiale de l'aiguille lorsqu'aucun courant ne traverse le solénoïde.

**2-** On lance un courant d'intensité I = 5 mA. L'aiguille dévie d'un angle α.

Calculer la valeur du champ magnétique $\vec{B}_S$ créé par la bobine.

Représenter les vecteur $\vec{B}_H$, $\vec{B}_S$ et le vecteur somme $\vec{B}_T = \vec{B}_H + \vec{B}_S$.

Calculer la valeur de l'angle α .

**3-** On désire maintenant annuler le champ horizontal total à l'intérieur du solénoïde.

Faire un schéma indiquant la position à donner au solénoïde et le sens du courant qui le parcourt.

Déterminer l'intensité $I_0$ de ce courant.

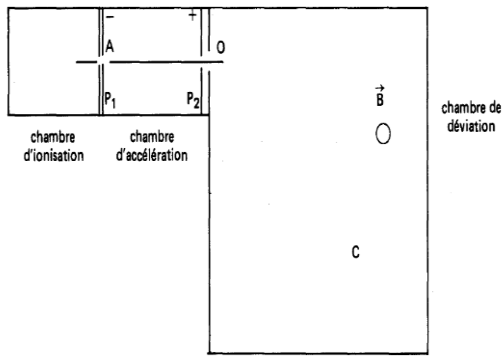
La position de l'aiguille est alors indifférente. Préciser pourquoi.

**4-** On double la valeur du courant I = 2 $I_0$. Préciser la position d'équilibre de l'aiguille.

**5-** La composante verticale $\vec{B}_V$ du champ magnétique terrestre qui n'intervenait pas ci-dessus vaut $4,2 \times 10^{-5}$ T. En déduire l'inclinaison β du champ terrestre par rapport à l'horizontale.

# MOUVEMENT D'UNE PARTICULE CHARGEE DANS UN CHAMP MAGNETIQUE UNIFORME

**Exercice 1:** Spectromètre de masse (extrait BTS chimiste)




On étudie la composition isotopique d'un échantillon radioactif avec un spectromètre de masse.
Un spectromètre de masse de type Dempster est un appareil avec lequel on peut mesurer avec une très grande précision, la masse des particules atomiques.
Il est composé :

- d'une chambre d'ionisation,
- d'une chambre d'accélération des ions,
- d'une chambre de déviation.

1) Les ions de charge $q = -e$ et de masse m, sont introduits, avec une vitesse initiale supposée nulle, entre les armatures $P_1$ et $P_2$ d'un condensateur plan où l'atmosphère est suffisamment raréfiée pour négliger les collisions.
On établit entre $P_1$ et $P_2$ une différence de potentiel $U = 10^3$ V.
Quelle est l'énergie cinétique des ions à la sortie O du condensateur ? En déduire leur vitesse.
2) Les ions pénètrent alors dans une chambre de déviation où règne un champ magnétique perpendiculaire au plan de la figure.
a) Déterminer le sens de $\vec{B}$ pour que les ions décrivent une trajectoire contenue $\vec{B}$ dans la partie C de l'appareil.
Comment peut-on produire un champ magnétique intense et uniforme : B = 0,15 T ?
b) Montrer que les ions décrivent des cercles de rayon R constant.
c) En déduire que la masse des particules est donnée par la relation : $m = \frac{eB^2R^2}{2\,U}$. Déterminer $m_1$ et $m_2$, ainsi que leur masse molaire atomique correspondante $M_1$ et $M_2$ si $R_1 = 0{,}3422$ m et $R_2 = 0{,}3475$ m.
**Données numériques :** charge élémentaire : $e = 1{,}60.10^{-19}$ C. Nombre d'Avogadro : $N_A = 6{,}02.10^{23}$ mol-1.

**Exercice 2** Déflexion magnétique
**Données :** D = 40 cm ; l = 1 cm ; d = 10 cm ; $m = 9{,}1.10^{-31}$ kg ; $E = 5.10^4$ V.m$^{-1}$.
Dans tout l'exercice, on négligera le poids de l'électron devant les autres forces qui agissent sur lui.

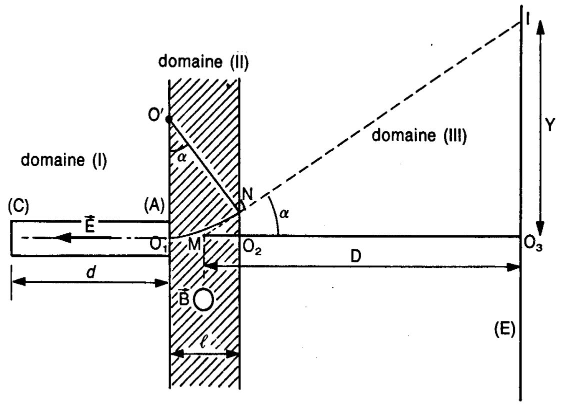
1) Des électrons de masse m et de charge q sont émis sans vitesse initiale par la cathode (C) Ils subissent sur la longueur d, l'action du champ électrique uniforme $\vec{E}$.
   a) Quelle est la nature du mouvement de l'électron entre la cathode (C) et l'anode (A) ?
   b) Que vaut la vitesse $\|\vec{V}_0\|$ d'un électron au point $O_1$ ?

2) Arrivés en $O_1$, les électrons subissent sur la distance l l'action d'un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure (le domaine où règne ce champ $\vec{B}$ est hachuré).
Quel doit être le sens du vecteur $\vec{B}$ pour que les électrons décrivent l'arc de cercle $O_1N$. Justifier la réponse.
Établir l'expression du rayon $R = O'O_1 = O'N$ de cet arc de cercle.
A.N. Calculer R pour $B = 2.10^{-3}$ T.
3.a) Quelle est la nature du mouvement de l'électron dans le domaine III où n'existe aucun champ ?

3.b) Le domaine III est limité par un écran (E) sur lequel arrivent les électrons. Exprimer en fonction de m, e, B, D, l et $V_0$ la déflexion magnétique $O_3I = Y$ subie par un électron à la traversée du système II + III. La droite IN coupe l'axe $O_1O_2$ au point M. L'écran E est à la distance D de ce point M.

On fera les hypothèses simplificatrices suivantes :

- dans le domaine II de l'espace, on peut confondre la longueur de l'arc avec la longueur $O_1O_2 = l$ où règne le champ $\vec{B}$
- On supposera que la déviation angulaire est faible.




3.c) Sachant que Y= 3,35 cm, retrouver la valeur $\|\vec{V}_0\|$de la vitesse de l'électron au point $O_1$.

**Exercice 3** : Spectrographe de masse

$|U_0| = 4{,}00.10^3$ V ; B = $1{,}00.10^{-1}$ T ; e = $1{,}60.10^{-19}$ C.

1) Des ions de masse m et de charge q < 0 sont produits dans la chambre d'ionisation (I) avec une vitesse pratiquement nulle. Ils entrent en E dans l'enceinte A, sous vide, où ils sont accélérés et ressortent en S.

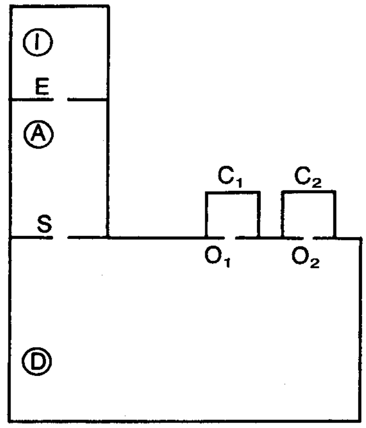
Les orifices E et S sont pratiquement ponctuels, et on note $U_0 = V_E - V_S$ la différence de potentiel accélératrice. La vitesse des ions reste suffisamment faible pour que les lois de la mécanique classique soient applicables.

Etablir l'expression littérale de la norme du vecteur vitesse d'un ion à sa sortie en S, en fonction de m, q et $U_0$.

2) A leur sortie en S, les ions pénètrent dans une deuxième enceinte sous vide D, dans laquelle règne un champ magnétique uniforme vertical.

a) Quel doit être le sens du vecteur champ magnétique pour que les ions puissent atteindre les points $O_1$ ou $O_2$ ?
Justifier la réponse.

b) En S, le vecteur vitesse des ions est perpendiculaire à la droite passant par les points $O_2$, $O_1$ et S.
Montrer que la trajectoire d'un ion dans l'enceinte D est plane.
Montrer que la vitesse de l'ion est constante, que la trajectoire est un cercle de rayon R.




Déterminer l'expression du rayon R.

3) Le jet d'ions sortant de la chambre d'ionisation est un mélange d'ions $^{81}Br^-$, de masse $m_1 = 1{,}3104.10^{-25}$ kg, et d'ions$^{79}Br^-$, de masse $m_2 = 1{,}3436.10^{-25}$ kg.

a) Dans quel collecteur sont reçus les ions de masse $m_1$ ? Justifier la réponse.

b) Calculer la distance entre les entrées $O_1$ et $O_2$ des deux collecteurs $C_1$ et $C_2$ chargés de récupérer les deux types d'ions.

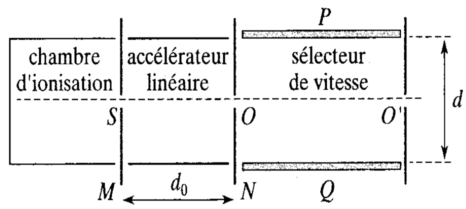
c) En une minute, les quantités d'électricité reçues respectivement par les collecteurs $C_1$ et $C_2$ sont $q_1 = -6{,}60.10^{-8}$ C et $q_2 = -1{,}95.10^{-8}$ C. Déterminer la composition du mélange d'ions. Justifier votre réponse.

**Exercice 4 :** filtre de vitesse

Données : ${}_2^3He^{2+}$ : $m_1 = 5{,}0.10^{-27}kg$ ; ${}_2^4He^{2+}$: $m_2 = 6{,}7.10^{-27}$ $kg$ ; ${}_2^6He^{2+}$ : $m_3$

1) Une chambre d'ionisation produit des noyaux d'hélium ${}_2^3He^{2+}$,${}_2^4He^{2+}$ ,${}_2^6He^{2+}$ de masses respective $m_1$, $m_2$, $m_3$. Leur poids est négligeable devant les forces électromagnétiques qu'ils subissent.

Ils pénètrent en S sans vitesse initiale dans un accélérateur linéaire où ils sont soumis à l'action d'un champ électrique uniforme $\vec{E}_0$ créé par une différence de potentiel $U_0 = V_M - V_N$

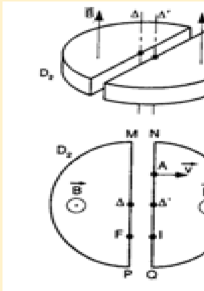



On désignera par $\vec{V}_1$,$\vec{V}_2$,$\vec{V}_3$ les vecteurs vitesse en O des ions ${}_2^3He^{2+}$,${}_2^4He^{2+}$ ,${}_2^6He^{2+}$.

On notera e la charge électrique élémentaire.

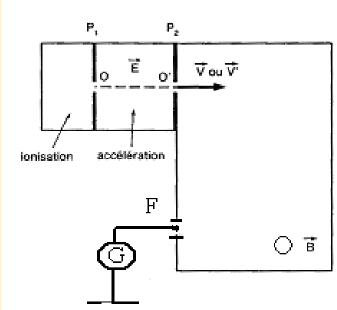
a) Déterminer le signe de $U_0$ et représenter le champ électrique $\vec{E}_0$ dans l'accélérateur.
b) Exprimer l'accélération d'un ion ${}_{2}^{4}He^{2+}$ en fonction de $U_0$, $d_0$, e et $m_2$ ; préciser la nature de son mouvement.
2) Montrer qu'en O, à la sortie de l'accélérateur, $m_1V_1^2 = m_2V_2^2 = m_3V_3^2$
3) Les ions pénètrent ensuite dans un sélecteur de vitesse limité par les plaques P et Q. Ils sont alors soumis à l'action simultanée de deux champs : un champ électrique uniforme $\vec{E}$, créé par une différence de potentiel positive $U = V_Q - V_P$ , et un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire à $\vec{V}_1, \vec{V}_2, \vec{V}_3$.
a) Représenter le champ magnétique $\vec{B}$ pour que la force électrique et la force magnétique aient même direction, mais des sens contraires.
b) On règle la valeur de U de façon que le mouvement des ions ${}_{2}^{4}He^{2+}$ soit rectiligne uniforme de trajectoire OO'. Exprimer U en fonction de B, $v_2$ et d.
4) Comment seront déviés les ions ${}_{2}^{3}He^{2+}, {}_{2}^{4}He^{2+}, {}_{2}^{6}He^{2+}$ ?
On se contentera de donner l'allure des trajectoires sans préciser leur nature et sans faire de calcul.

**<u>Exercice 5</u>** : Le cyclotron



Soit un cyclotron à fréquence fixe N. C'est un accélérateur de particules constitué de deux demi-cylindres conducteurs creux $D_1$ et $D_2$ appelés «dées », séparés par un intervalle étroit.
A l'intérieur des deux dées $D_1$ et $D_2$, règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ (voir figure).
Une tension U est maintenue entre les deux dées. Cette tension change de signe périodiquement. Des protons sont lancés à partir d'un point O dans la région $D_1$ avec un vecteur vitesse $\vec{V}_0$.
1) Exprimer le rayon R, de la trajectoire des protons dans le dée $D_1$, ainsi que la durée du trajet effectué.
2) Déterminer le vecteur vitesse $\vec{V}_0$ des protons lorsqu'ils sortent de la région $D_1$ en traversant la paroi PQ. Quel doit être alors le signe de la tension U pour accélérer les protons ?
Avec quelle vitesse $v_2$ pénètrent-ils dans le dée $D_2$ ?
3) Exprimer le rayon $R_2$ de la trajectoire des protons dans le « dée » $D_2$, ainsi que la durée du trajet effectué.
4) Quel est le signe de la tension U lorsque les protons quittent le dée $D_2$ en traversant la paroi PQ ?
Calculer la période T et la fréquence N de la tension U, en négligeant la durée de transfert dans l'intervalle entre les deux dées.
5) Soit $R_0$ le rayon des dées. Donner les expressions de la vitesse et de l'énergie cinétique maximales acquises par les protons.

**<u>Exercice 6</u>** : Détermination de la composition isotopique du lithium naturel.

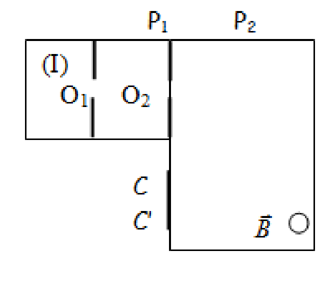



<u>Données</u>: ${}^{6}Li^{+}$ : $m_1 \approx 6u$ ; ${}^{7}Li^{+}$ : $m_2 \approx 7u$ ; 1u = $6,67.10^{-27}$ kg.
Dans tout l'exercice, on considère que les ions se déplacent dans le vide et que leur poids est négligeable devant les autres forces.
A l'aide du spectrographe de masse schématisé ci-contre, on se propose de séparer les ions ${}^{6}Li^{+}$ et ${}^{7}Li^{+}$ de masses respectives $m_1$ et $m_2$.
1) Les ions pénètrent en O dans le champ électrique uniforme $\vec{E}$ existant entre les deux plaques verticales $P_1$ et $P_2$ pour y être accélérés jusqu'en O'.
Les plaques $P_1$ et $P_2$, distantes de d = 10 cm, sont soumises à la tension $U = V_{P1} - V_{P2}$ = 2000V.
a) Quelle est la nature du mouvement des ions $Li^{+}$ entre les plaques $P_1$ et $P_2$ ?
b) Les ions ${}^{6}Li^{+}$ et ${}^{7}Li^{+}$ sortent en O' du champ électrique avec des vitesses respectives $V_1$ et $V_2$, leur vitesse en O est négligeable devant $V_1$ et $V_2$. Etablir la relation : $\frac{V_1}{V_2}\sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$

2) A leur sortie en O′, les ions $Li^+$ pénètrent dans une région où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ normal au plan du schéma.
a) Préciser en le justifiant le sens du vecteur $\vec{B}$.
b) Montrer que le mouvement d'un ion $Li^+$ s'effectue dans le plan du schéma.
c) Montrer que la valeur de la vitesse est constante.
d) Montrer que la trajectoire est circulaire. Exprimer son rayon R.
3) A leur sortie du champ magnétique $\vec{B}$, les ions passent au travers d'une large fente et sont captés par un fil métallique F relié à la Terre par l'intermédiaire d'un galvanomètre sensible G.
a) A quelles distance $x_1$ et $x_2$ faut-il placer le fil F pour recevoir respectivement les ions $^{6}Li^+$ et $^{7}Li^+$ ? Exprimer, en fonction de B, $m_1$, $m_2$, U et la charge élémentaire e, la distance $F_1F_2$ entre les deux types d'ions à leur arrivée sur le fil. $F_1$ et $F_2$ sont respectivement les points de réception des ions $^{6}Li^+$ et $^{7}Li^+$ sur le fil F.
b) Pour les valeurs $x_1$ et $x_2$ précédentes, le galvanomètre indique, pendant la même durée de passage, les courants respectifs $I_1$ = 14,8 μA et $I_2$ = 185,2 μA. Quelle est la composition isotopique du lithium ?

**Exercice 7 :**

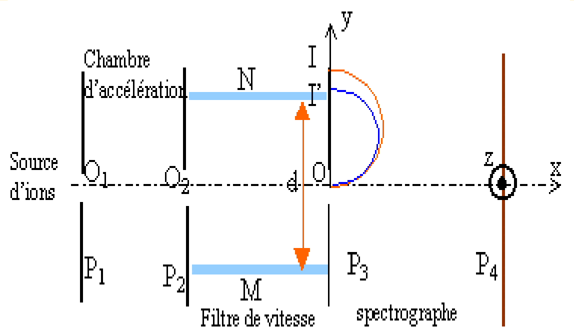
On envisage la séparation des isotopes de l'uranium à l'aide d'un spectrographe de masse. On négligera le poids des ions devant les autres forces
1) Une chambre d'ionisation (I) produit des ions $^{238}U^+$ et $^{A}U^+$, de masses respectives $m_1$ = 238 u et $m_2$ = A u. Ces ions sont ensuite accélérés dans le vide entre deux plaques métalliques parallèles $P_1$ et $P_2$. La tension accélératrice a pour valeur $U_0$ = 4 kV. On suppose que les ions sortent de la chambre d'ionisation en $O_1$ avec une vitesse nulle.




a) Quelle est la plaque qui doit être portée au potentiel le plus élevé ? Justifier.
b) Montrer que l'énergie cinétique est la même pour les deux types d'ions arrivant en $O_2$. En est-il de même pour les vitesses ? Justifier.
c) Calculer la vitesse $V_0$ des ions $^{238}U^+$ lorsqu'ils sont en $O_2$.
d) Exprimer en fonction de A et de $v_0$ la vitesse $v'_0$ des ions $^{A}U^+$ en $O_2$.
2) Les ions pénètrent ensuite dans une région où règne un champ magnétique $\vec{B}$ orthogonal au plan de la figure, d'intensité B = 0,1 T.
a) Indiquer sur un schéma le sens du vecteur $\vec{B}$ pour que les ions $^{238}U^+$ parviennent en C′, et les ions $^{A}U^+$ en C. Justifier la construction.
b) Montrer que les trajectoires des ions sont planes ; établir la nature du mouvement ainsi que la forme de ces trajectoires.
c) Calculer le rayon de courbure $R_1$ de la trajectoire des ions $^{238}U^+$. Exprimer le rayon de courbure $R_2$ de la trajectoire des ions $^{A}U^+$ en fonction de $R_1$ et de A. Calculer A et en déduire $v'_0$.
On donne CC′ = 1,77 cm. *On donne : 1 u = $1{,}66.10^{-27}$kg ; e = $1{,}6.10^{-19}$C.*

**EXERCICE8:**

Des ions positifs isotopes du zinc $^{68}Zn^{2+}$ et $^{x}Zn^{2+}$ de même charge q=2e avec e=1,6 $10^{-19}$C, de masse respective m= 68u et m'= xu avec u= 1,67 $10^{-27}$ kg, émis à partir du point $O_1$ avec une vitesse initiale négligeable, sont accélérés entre $O_1$ et $O_2$ par la tension $|U_0|$ =$|U_{P1P2}|$=5 kV existant entre les plaques $P_1$ et $P_2$. Ils se déplacent dans le vide suivant la direction Ox. On négligera le poids devant les autres forces.



### I- ACCELERATION DES IONS :

1. Quel est le signe de la tension $U_0$?
2. Calculer la vitesse v de l'isotope $^{68}Zn^{2+}$ en $O_2$.
3. Si v et v' désignent respectivement les vitesses en $O_2$ des deux isotopes, donner la relation entre v, v', m et m'.
4. Le rapport v' / v =1,03; en déduire la valeur entière x du nombre de masse de l'ion $^{x}Zn^{2+}$.

### II- FILTRE DE VITESSE :

Arrivés en $O_2$, les ions pénètrent dans un filtre de vitesse constitué par :
- Deux plaques horizontales M et N distantes de d=20 cm entre lesquelles on établit une différence de potentiel $U=V_M-V_N=1{,}68$ kV.
- Un dispositif du type bobines de Helmholtz qui crée dans l'espace interplaques un champ magnétique de direction $O_2z$, perpendiculaire aux vitesses v et v' ainsi qu'au champ électrique E.

1. Quel doit être le sens du champ magnétique B pour que les ions $^{68}Zn^{2+}$ arrivant en $O_2$ avec la vitesse v traversent le dispositif en ligne droite?
2. Exprimer B en fonction de v, U, d. Calculer B en mT.
3. Répondre par vrai ou faux à la proposition suivante: " les ions $^{x}Zn^{2+}$ qui arrivent en $O_2$ avec la vitesse v' sont déviés vers la plaque N".
4. Quelle doit être la valeur de B' du champ magnétique pour que les ions $^{x}Zn^{2+}$ traversent le dispositif sans subir de déviation.

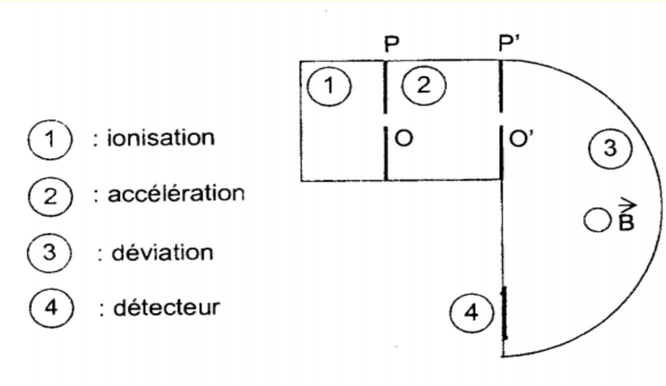
### III- SPECTROGRAPHE DE MASSE :

En faisant varier la valeur du champ magnétique dans le filtre de vitesse, on peut faire passer par le point O l'un ou l'autre des isotopes. Les ions pénètrent alors dans un champ magnétique $B_0$ dirigé suivant Oz tel que $B_0=0{,}5$ T.

1. Quel doit être le sens de ce champ pour que les ions soient déviés vers les y positifs?
2. Donner l'expression du rayon R de la trajectoire de l'ion de masse m et de charge q et de vitesse v.
3. Exprimer la différence R-R' des rayons des trajectoires que décrivent les deux sortes d'ions en fonction de R et de x.

La distance entre les points d'impact I et I' sur la plaque $P_3$ est II'=a= 7,2 mm. Exprimer en fonction de a et R le nombre de masse x de l'ion $^{x}Zn^{2+}$et calculer sa valeur numérique

**EXERCICE 9:**




A l'occasion des Jeux Olympiques de l'été 1996, une revue scientifique faisait état des dernières méthodes de dépistage du dopage. On y décrivait une nouvelle méthode en voie d'homologation, mettant en jeu la spectrométrie de masse, dont le principe est donné ci-après.
Le dopage par les stéroïdes anabolisants administrés aux sportifs pour que leurs muscles se développent serait assez facile à dépister. Pourtant des stéroïdes anabolisants, notamment la testostérone, l'hormone mâle, sont naturellement présents dans l'organisme : comment faire la différence entre l'hormone naturelle et l'anabolisant interdit ?
On propose une méthode fondée sur la spectrométrie de masse isotopique, où l'on détermine le rapport des concentrations en carbone 13 ($^{13}C$) et en un de ses isotopes le carbone 12 ($^{12}C$). En effet, les rapports qui caractérisent les matières premières utilisées pour la préparation de la testostérone de synthèse et les molécules bio synthétisées par l'homme à partir de son alimentation, sont différents.
On propose dans cette méthode de mesurer le rapport des concentrations en carbone $^{13}C$ et en carbone $^{12}C$ du dioxyde de carbone provenant de la combustion de l'hormone extraite d'un prélèvement d'urine de l'athlète contrôlé, par la technique de la spectrométrie de masse. Le

déplacement des particules dans les chambres d'accélération et de déviation s'effectue dans le vide

**1. Accélération.**

**1.1** La chambre d'ionisation (1) produit des ions $^{12}CO_2^+$ de masse $m_1$ et des ions $^{13}CO_2^+$ de masse $m_2$. On néglige les forces de pesanteur dans la suite du problème ; le mouvement des ions est rapporté au référentiel du laboratoire considéré galiléen. Les ions $^{12}CO_2^+$ et $^{13}CO_2^+$ pénètrent dans le chambre d'accélération en O avec une vitesse initiale considérée comme nulle ; ils sont soumis à un champ électrique $\vec{E}$, supposé uniforme, de vecteur entre les plaques P et P' et sortent de la chambre en O' avec respectivement des vitesses de valeurs $v_1$ et $v_2$ . Représenter sur un schéma le vecteur champ électrique et justifier la réponse.

**1.2** En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à l'ion $^{12}CO_2^+$, exprimer $v_1$ en fonction de sa masse $m_1$, de la charge élémentaire e et de la tension $U_0 = V_p - V_{p'}$.

**1.3** En O', quelle relation vérifient $v_1$ et $v_2$

**1.4** Calculer les valeurs numériques de $v_1$ et $v_2$ .

Données : $|U_o|=4000V$; $m_1=7,31\ 10^{-26}$ kg; $m_2 = 7,47\ 10^{-26}$ kg ; $e=1,6\ 10^{-19}$ C

2. **Déviation.**

Les ions $^{12}CO_2^+$ et $^{13}CO_2^+$ pénètrent en O' dans une zone où règne un champ magnétique uniforme, de vecteur perpendiculaire au plan de la figure, permettant d'atteindre la plaque détectrice (4).

**2.1** Représenter sur un schéma le vecteur champ magnétique permettant le mouvement circulaire uniforme des ions dans la direction attendue. Justifier la réponse.

**2.2** Exprimer le rayon r en fonction de m, e, $U_0$ et B.

**2.3** En déduire le rapport des rayons des trajectoires des ions $^{12}CO_2^+$ et $^{13}CO_2^+$ en fonction de leurs masses $m_1$ et $m_2$ et les positions $I_1$ et $I_2$ des points d'impact des ions de masse $m_1$ et $m_2$. Les placer sur un schéma.

**2.4** Exprimer la distance $I_1I_2$ en fonction de $m_1$, $m_2$, e, $U_0$ et B.

**2.5** Calculer la distance sachant que B = 0,25 T.

3. **Résultat d'un contrôle.**

L'analyse des impacts a permis de dénombrer les atomes $^{12}C$ et $^{13}C$ contenus dans les ions arrivés sur le détecteur pendant une certaine durée.

Les résultats des comptages effectués à partir des échantillons d'urine de deux athlètes A et B sont rassemblés dans le tableau suivant et à compléter.

| | $N_1(^{12}C)$ | $N_2(^{13}C)$ | $R=\frac{N_2}{N_1}$ | $\delta$ |
|---|---|---|---|---|
| Athlète A | 2231 | 24 | | |
| Athlète B | 2575 | 27 | | |
| Etalon standard | 2307 | 25 | | |

On y fait figurer également les comptages réalisés à partir d'un étalon standard international.

Les résultats des équipes de recherche sur cette méthode font référence à un coefficient défini par la relation :

$\delta = \frac{1000(R-R_{Standart})}{R_{Standart}}$ avec $R=\frac{N_2}{N_1}$

Les nombres d'atomes de carbone 12 et 13, respectivement $N_1$ et $N_2$, donnés dans le tableau, tiennent compte de corrections dues, en particulier, à la présence d'isotopes de l'oxygène. On considère que l'athlète s'est dopé si la valeur du coefficient $\delta$ est notablement inférieure à -27.

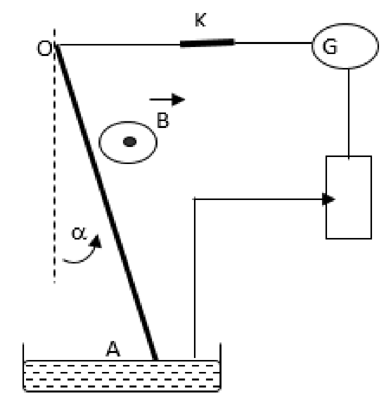
3.1 Recopier et compléter le tableau

3.2 A partir des données du tableau, déterminer s'il y a eu dopage pour les athlètes A et B.

# LOI DE LAPLACE

**Exercice 1**

Un fil conducteur en cuivre OA rigide et homogène, de masse m, de longueur l, est suspendu par son extrémité supérieure en O à un axe fixe $\Delta$, autour duquel il peut tourner sans frottement ; sa partie inférieure plonge dans une cuve contenant du mercure lui permettant de faire partie d'un circuit électrique comprenant un rhéostat et un générateur de tension continue G qui plonge dans une région où règne un champ magnétique uniforme B orthogonal au plan de la figure. En fermant l'interrupteur K, un courant électrique d'intensité I traverse le fil OA et celui-ci prend la position indiquée par le schéma ci-contre.



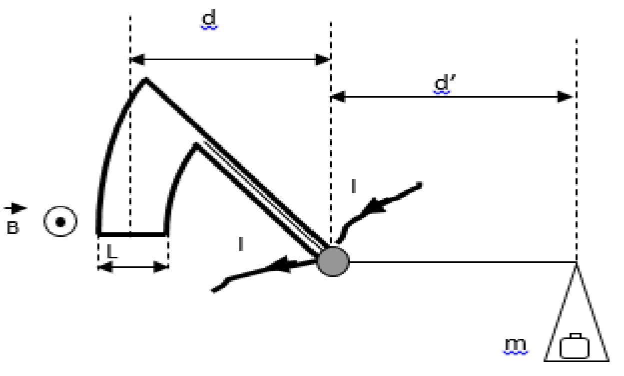

1) Représenter les forces exercées sur le fil.
2) Indiquer sur le schéma le sens du courant électrique.
3) En appliquant la condition d'équilibre à la tige, Calculer l'angle $\alpha$ que fait le fil conducteur avec la verticale. On donne I = 5A, l=25 cm, m=8g et B = 0,05 T

**Exercice 2**

On considère le dispositif suivant appelé : Balance de Cotton.

Les extrémités du fil conducteur sont reliées à un générateur de tension continue débitant un courant d'intensité I. On ajoute sur le plateau une masse marquée m pour équilibrer la balance. Ainsi on remplit le tableau de valeurs suivant :

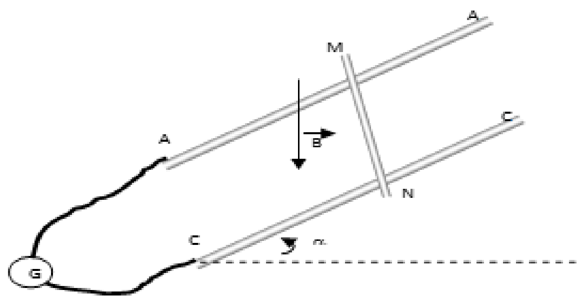
| I(A) | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| m(g) | 0 | 0,4 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 2 |




1) Tracer la courbe m=f(I).
2) En appliquant la condition d'équilibre à la balance, établir la relation théorique m=f(I).
3) Déduire la valeur du champ magnétique $\|B\|$.
On donne L=2cm et d' = 5/4.d
4) Peut-on accrocher une masse m = 2,45g, sachant que le fil conducteur de la balance ne peut supporter qu'une intensité de 12 A, pour que la balance soit en équilibre.

**Exercice 3**

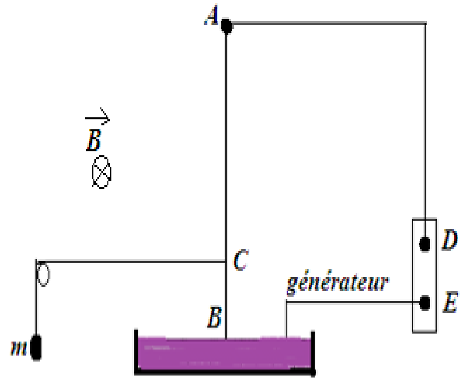
Deux rails conducteurs (AA') et ( CC'), parallèles et de résistances négligeables, séparés par une distance L = 25cm font un angle $\alpha$= 30° avec l'horizontale. Les deux extrémités A et C sont reliées à un générateur de f.é.m. $E = 12V$ et de résistance interne négligeable. Une tige (MN) métallique de masse m, perpendiculaire aux rails, peut glisser sans frottement dans une direction parallèle aux rails. (Voir figure). La résistance de la longueur L de la tige est R= 4Ω . L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, vertical dirigé vers le bas et d'intensité B= 1T.




1) Représenter les forces exercées sur la tige MN pour qu'elle soit en équilibre.
2) Calculer l'intensité du courant I traversant la tige MN. Indiquer son sens.
3) Par application de la condition d'équilibre à la tige MN, Etablir l'expression de la masse m en fonction de I, L, B, g et $\alpha$. Calculer m.
4) La tige MN ne peut supporter qu'un courant d'intensité $I_{max}$=1A alors qu'on ne peut pas modifier la valeur du champ magnétique B, faut-il augmenter ou diminuer l'angle $\alpha$ pour que la tige MN reste en équilibre. Calculer la nouvelle valeur de $\alpha$.

**Exercice4**

Un fil de cuivre rigide(AB), rectiligne et homogène, de longueur L, est susceptible de se mouvoir dans un plan vertical autour d'un point A dans le plan de la figure3. L'autre extrémité plongé dans une cuve à mercure, ce qui permet de maintenir le contact électrique avec un générateur de tension continue.




L'intensité du courant électrique dans le circuit est supposé constante durant toutes les expériences et égale à I. Le dispositif est plongé dans un espace champ magnétique uniforme $\vec{B}$, horizontal et orthogonal au plan de la figure 3. On néglige la longueur de la partie de la tige située dans le mercure et l'on admet, d'autre part, que la droite d'action de la force de Laplace passe par le milieu de la tige (AB).

**4.1** Un fil très fin de Nylon, horizontal, est attaché en C à la tige(AB). A l'autre extrémité, on suspend une petite surcharge de masse m(figure3) ; on suppose que le fil est négligeable.

**4.1.1** Quel doit être le sens du courant électrique dans(AB) pour que la tige puisse rester verticale ?

**4.1.2** Déterminer alors la valeur de m

On donne : I=8,0A ; B=2,3. $10^{-2}$T ; L=12cm ; l=8,0cm, avec l=AC

**4.2** on supprime le fil de nylon attaché en C(figure4). La tige (AB) s'écarte de sa position verticale d'un angle α pour atteindre une nouvelle position d'équilibre. Calculer α si la masse de la tige est M=9,7g

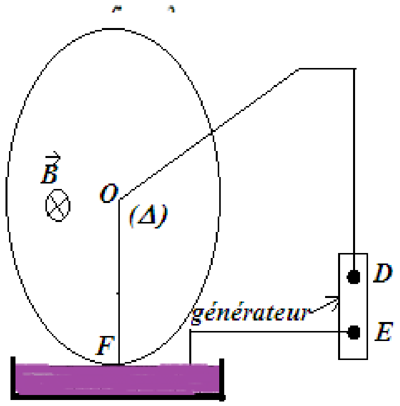


figure 4

**4.3** On remplace la tige (AB) par une roue crantée en cuivre mobile autour d'un axe horizontal (Δ) perpendiculaire au plan de la figure 4. Le dispositif est plongé dans l'espace champ magnétique uniforme $\vec{B}$.

4.3.1 Expliquer pourquoi on observe un mouvement de rotation de la roue. Donner son sens.

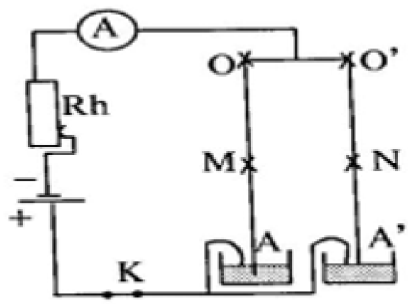
**4.3.2** la vitesse de rotation de la roue est $\omega$. Calculer la puissance P développée par la roue si la force électromagnétique de Laplace est supposé appliquée au milieu d'un rayon.

On donne :le rayon de la roue R=6,0cm ; $\omega$=2,5tours.$min^{-1}$ ; on a toujours I=8,0A et B=2,3. $10^{-2}$T

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

On réalise le montage ci-dessous. OA et O'A' sont des tiges de cuivre, les bacs A et A' sont remplis de mercure. L'intensité du courant électrique est la même dans les deux tiges de cuivre, elle sera notée I.

***<u>Données :</u>*** formule donnant B dans ces conditions : B= $\mu_0$ I / (2 π d) où d est la distance séparant les deux tiges. Il s'agit du champ magnétique généré par un fil parcouru par un courant (voir cours sur le champ magnétique pour sa direction et son sens).




$\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ SI d=2cm, OA=OA'=30cm, I=8A.

1) Représenter le sens du courant dans les deux tiges (schéma n°1).

2) Champ magnétique et force de Laplace.

a) Montrer que le vecteur $\vec{B}_1$, champ magnétique produit par le fil OA en N est perpendiculaire à la figure et plonge dans le plan du schéma (voir cour sur le champ magnétique, champ créé par un fil.). Représenter et calculer la valeur de $\vec{B}_1$.

b) Indiquer la direction et le sens de la force électromagnétique $\vec{F}_1$ agissant en N. Calculer $\vec{F}_1$.

c) Représenter le vecteur $\vec{B}_2$, champ magnétique produit par O'A' en M. Calculer $\vec{B}_2$.

d) Indiquer la direction et le sens de la force électromagnétique $\vec{F}_2$ agissant en M. Calculer $\vec{F}_2$.

3) Quelle est l'action mutuelle de 2 courants parallèles et de même sens ?

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

On réalise le dispositif suivant : OA est une tige de cuivre de longueur l mobile autour d'un axe O plongeant en A dans du mercure. La tige est placée dans un champ magnétique uniforme de longueur x. f est un fil inextensible de masse négligeable. P est une poulie de masse négligeable et m est une masse marquée.

La tige est maintenue initialement verticale par la main.

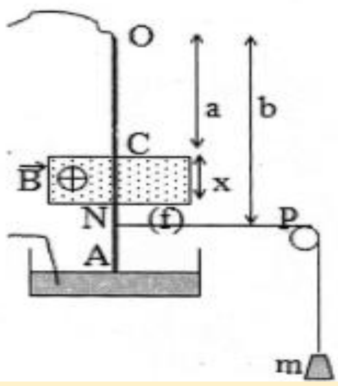
1. On lance un courant d'intensité I dans la tige puis on la lâche.

On constate qu'elle demeure en équilibre vertical. Déterminer le sens du courant.

- Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur la tige et sur la masse m.

On suppose que la portion de fil entre la tige et la poulie est horizontale.

- Ecrire les conditions d'équilibre. On posera OC = a ; ON = b.




- Calculer la valeur de la masse m

2. On brûle le fil, la tige s'écarte de la verticale d'un angle $\alpha$. Calculer $\alpha$.

On supposera que $\alpha$ est faible : la longueur de la tige placée dans le champ reste sensiblement égale à x.

**Applications numériques :**

I = 10 A ; l = 80 cm ; x = 4 cm ; b = 70 cm ; a = 48 cm ; B=20mT ; la masse de la tige est M = 10 g.

## Exercice7

Une tige cylindrique et homogène, de centre de gravité G, de masse m = 20 g et de longueur L, est suspendue par son extrémité supérieure O à un axe fixe ($\Delta$), autour duquel elle peut tourner librement. Sa partie inférieure plonge dans une cuve contenant une solution électrolytique concentrée lui permettant de faire partie d'un circuit électrique (voir figure 1).

Un champ magnétique uniforme $\vec{B_1}$, d'intensité $B_1 = 8.10^{-2}$ T, horizontal et normal à la figure, règne dans la région de hauteur $l_1 = 5$ cm (2,5 cm de part et d'autre du point A) telle que $OA = \frac{3L}{4}$

L'interrupteur (K) est ouvert, la tige occupe sa position d'équilibre stable suivant la verticale. L'interrupteur (K) est fermé, la tige conductrice est parcourue par un courant continu d'intensité I, elle s'écarte de sa position initiale d'un angle $\theta_1 = 6°$ (voir figure 2).

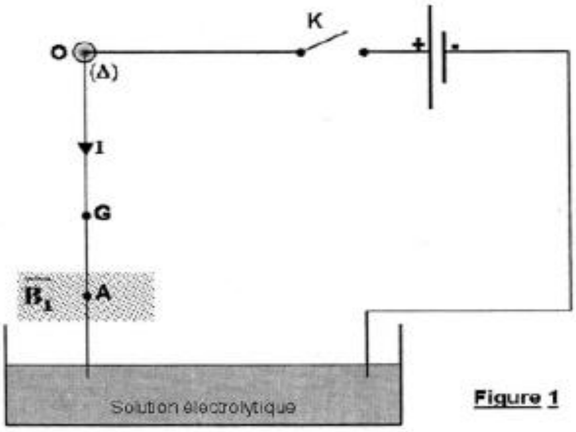



Figure 1

1. Représenter sur la figure 2
   - les forces qui s'exercent sur la tige conductrice
   - Le vecteur champ magnétique uniforme $\vec{B_1}$ .
2. Déterminer l'expression de l'intensité du courant I en fonction de m, g, $\theta_1$, $l_1$ et $B_1$. Calculer I.
3. Pour I = 3,5 A, la tige est en équilibre, un deuxième champ magnétique uniforme $\vec{B_2}$, d'intensité $B_2 = 6.10^{-2}$ T, horizontal, normal à la figure et de sens opposé à celui de $\vec{B_1}$ , règne dans la région de hauteur $l_2 = 4$ cm (2 cm de part et d'autre du point C) telle que $OC = \frac{L}{4}$ (voir figure 3).

3.1. Représenter sur la figure 3 :
   - Les forces qui s'exercent sur la tige conductrice.
   - Les vecteurs champs magnétiques uniformes $\vec{B_1}$ et $\vec{B_2}$.

3.2. Calculer la valeur du nouvel angle $\theta_2$ entre la tige et la verticale.

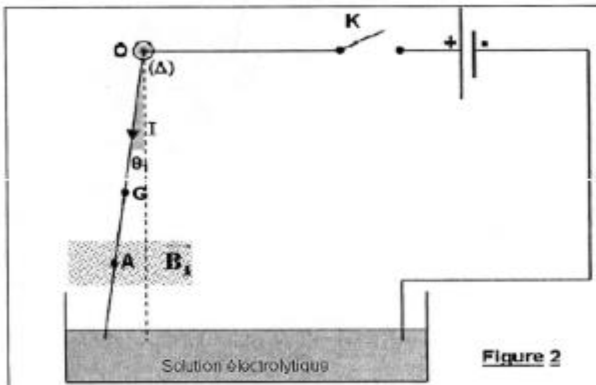



Figure 2

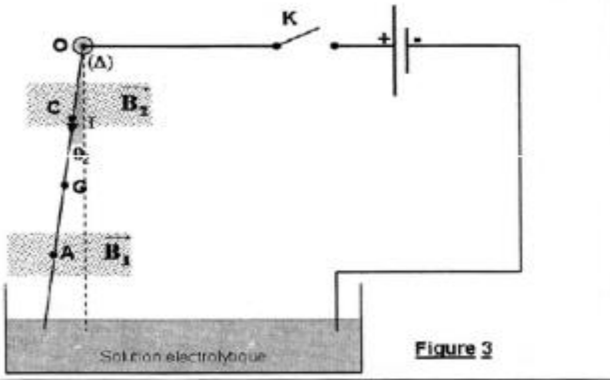



Figure 3

# INDUCTION MAGNETIQUE –ETUDE D'UN DIPOLE R,L

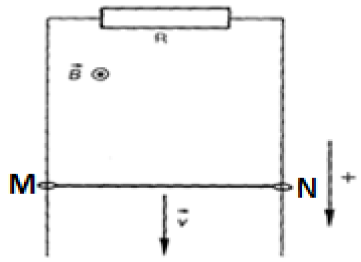
**Exercice 1 :**

Une tige de cuivre glisse sans frottement sur deux rails horizontaux distants de d = 15 cm. Elle est soumise à l'action d'un champ magnétique uniforme vertical vers le bas. Les deux rails sont reliés par un générateur de f.é.m. 4,5 V et l'ensemble du circuit a une résistance de 5Ω.

1. Quelle est l'expression de la force de Laplace lorsque la tige est immobile si B = 1 T?
2. Pour quelle vitesse de la tige, l'intensité du courant s'annulerait-elle?
3. Avec ce dispositif, la tige peut-elle atteindre cette vitesse?

**Exercice 2 :**

Une_barre conductrice MN horizontale de masse m=2g et de longueur î, de résistance négligeable est lâchée sans vitesse à l'instant initial t= 0. Elle tombe en restant parallèle à elle-même dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ horizontal et perpendiculaire à la barre. La chute de la barre est guidée par deux fils verticaux conducteurs, de résistance négligeable (voir figure).




On suppose les forces de frottement nulles, bien que MN soit à chaque instant en contact électrique avec les fils. Les extrémités supérieures des fils sont reliées à un résistor de résistance $R = 25\ \Omega$. On donne : B = 0,5 T.

1) Les rails sont métalliques.

a) Donner l'expression de la f.é.m. induite e qui apparaît dans la tige en fonction de B, l et v.

b) Donner l'expression du courant induit.

c) Appliquer le théorème du centre d'inertie à la tige puis montrer que la tige atteint une vitesse limite $V_L$ que l'on exprimera en fonction de B, l , g et R. Calculer $V_L$.

2) Les rails sont isolants.

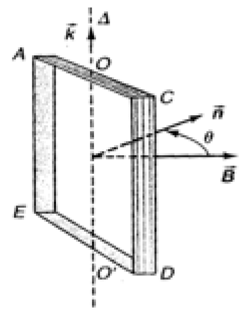
a) Calculer la différence de potentiel $U_{AC} = V_A - V_C$ entre les points A et C.

b) Appliquer le théorème du centre d'inertie à la tige. Quelle est la nature du mouvement de cette dernière ?

**Exercice 3 :**

Un cadre indéformable ACDE, de largeur a = 8,0 cm et de longueur b = 25,0 cm, comportant N = 10 spires, peut tourner autour d'un axe Δ passant par les milieux des côtés AC et DE. Les spires sont orientées dans le sens ACDE. Ce cadre est placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ à orthogonal à $\Delta$.

La normale au plan du cadre fait un angle θ, orienté autour de l'axe, orienté autour de l'axe $(\Delta, \vec{k})$, avec la direction du champ $\vec{B}$.




**Données :** B = 318 mT ; θ = ωt =100π.t ( en rad) ; R = 10 Ω.

1) Calculer le flux du champ magnétique à travers une spire, puis à travers l'ensemble de la bobine.

2) La bobine tourne à la vitesse angulaire constante ω autour de Δ. Montrer qu'il apparaît dans la bobine une f. e. m. induite sinusoïdale. Préciser l'amplitude de cette f. e. m.

3) Calculer l'intensité maximale et la fréquence N du courant induit.

4) Le cadre, en cours de rotation, est relié aux bornes d'un oscilloscope afin de visualiser la tension $u_{KM}$ à ses bornes.

| | |
|---|---|
| Les réglages de l'oscilloscope sont : | Balayage horizontal : 5 ms par division ;<br>Sensibilité verticale : 10 V par division. |
| Dimensions de l'écran de l'oscilloscope : | hauteur : 6 cm ;<br>largeur : 8 cm ;<br>une division de l'écran = 1 cm. |
| Représenter l'oscillogramme observé sur l'écran. | |

**Exercice 4**

On réalise le montage ci-dessous. Dans ce montage, une petite bobine (b) de surface s' = 10 $cm^2$, comportant N' = 100 spires est placée à l' intérieur d'un solénoïde (S) comportant N =

1000 spires et de longueur l = 1,5 m. La petite bobine (b) et le solénoïde sont orientées Comme indiqué sur la figure 1.

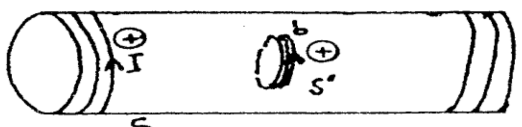


Figure 1

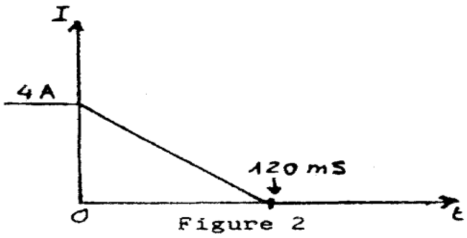
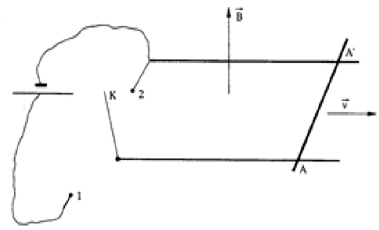


Figure 2

1) L'intensité du courant dans le solénoïde varie suivant la loi donnée par la figure 2.
On donne : $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ S.I. En déduire :
<u>1.a</u>- Le champ magnétique B(t) à l'intérieur du solénoïde ;
<u>1.b</u>- L'expression du flux de $\vec{B}$ à travers la bobine (b) ;
<u>1.c</u>- La force électromotrice dont la bobine (b) est le siège.

Préciser sur un schéma clair, le sens de $\vec{B}$ et du courant qui traverserait la bobine (b) si on réunissait ses deux extrémités.
2) On établit dans le solénoïde une intensité I = 4A supposée constante dans toute cette question.
On imprime à la bobine (b) un mouvement de rotation uniforme autour d'un axe vertical passant par son centre. On branche un oscillographe aux bornes de (b). Donner l'expression de la nouvelle f.é.m. d'induction e'. En déduire l'allure de la courbe observée sur l'écran de l'oscillographe (Donner une représentation qualitative de cette courbe).

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

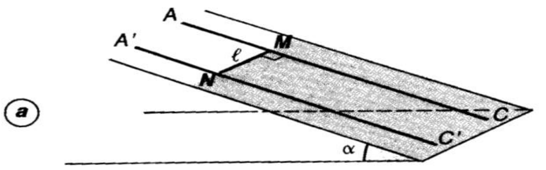


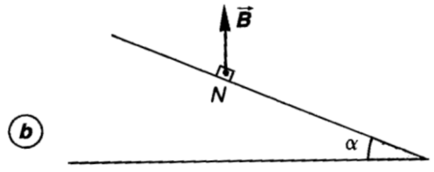

On considère le système suivant : deux rails parallèles et horizontaux peuvent être, soit branchés sur un
générateur de f.é.m. E = 2 volts (interrupteur K en position 1), soit mis en court-circuit (K en position 2.
Les rails sont distants de l = 0,25 m et baignent dans un champ magnétique vertical $\vec{B}$ dirigé vers le haut et d'intensité B = 0,5 tesla
Une tige métallique AA', de masse m = 10 g peut glisser sans frottement sur les rails et sa résistance entre les deux rails vaut R = 0,5 ohm. Toutes les autres résistances sont négligeables. Il en est de même de l'auto-inductance du circuit.
1) Calculer l'intensité I du courant qui traverse AA', la d.d.p. e entre les points A et A', et l'intensité de la force électromagnétique qui s'exerce sur la tige métallique dans les deux cas suivants
<u>1.a</u>- K en position 1 et la tige est immobile.
<u>1.b</u>- K en position 2 et la tige se déplace avec la vitesse v = 10 $m.s^{-1}$.
2) L'interrupteur K étant en position 1, la tige AA' a une vitesse constante et imposée v (en $m.s^{-1}$), dont la direction et le sens sont indiqués sur la figure. Déterminer la fonction I = f(v). Représenter le graphe de cette fonction. Calculer I pour les valeurs, $v_1$ = 10 $m.s^{-1}$ et $V_2$ = 22 $m.s^{-1}$.
3) A la date t = 0, la tige est immobile et on ferme l'interrupteur en position 1. A une date t quelconque, appliquer le théorème du centre d'inertie à la tige. En déduire que la vitesse v obéit à l'équation suivante :
$\frac{dv}{dt}+\frac{l^2B^2}{mR}v = \frac{El\,B}{mR}$ Vérifier que $v = \frac{E}{Bl}\left[1 - \exp(-\frac{l^2B^2}{mR})t\right]$ est solution de cette équation.
Calculer la vitesse limite $V_L$ atteinte par la tige.
Montrer que cette vitesse limite peut se déduire de la question 2).

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

Une barre de cuivre MN, homogène, de masse m et de longueur e, peut glisser, sans frottement, le long de deux rails métalliques AC et A'C' contenus dans un plan incliné d'un angle α par rapport au plan horizontal

(figure a). Pendant tout le mouvement, la barre MN reste perpendiculaire aux rails AC et A'C' et maintient avec eux le contact électrique en M et N.
On donne : $l = 10^{-1}$ m ; $g = 9,8$ m.s$^{-2}$ ; $m = 2.10^{-2}$ kg ; $\alpha = 20°$.
1) La barre MN est lâchée sans vitesse initiale sur le plan incliné. Après un parcours de longueur L, sa vitesse v vaut 2,80 m.s$^{-1}$. Calculer L.
2) Les points A et A' sont maintenant reliés par un fil de résistance R = 0,2 Ω, les résistances électriques des rails et de la barre étant négligeables. Lorsque la barre a parcouru la distance L, elle pénètre, à l'instant t = 0, avec la vitesse v = 2,8 m.s$^{-1}$ dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme, vertical, ascendant, d'intensité B = 1 T. (fig. b).




<u>2.a</u>- Quelle est l'intensité $I_0$ du courant qui apparaît dans Réponse partielle le circuit A'AMN à l'instant t = 0 ? Indiquer sur un schéma très clair le sens de ce courant.

<u>2.b</u>- Quelles sont les caractéristiques de la force électromagnétique $\vec{F_0}$ qui s'exerce sur la barre à l'instant t = 0 ?
<u>2.c</u>- Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la barre à l'instant t = 0 et montrer que l'accélération $\vec{a}$ est de sens Opposé à $\vec{v}$.
Expliquer qualitativement comment varie l'intensité du courant lorsque la barre continue à se déplacer dans le champ magnétique et comment évolue le mouvement, les rails étant supposés suffisamment longs.

3) La barre, toujours sur ses rails inclinés de α=20° acquiert maintenant dans le champ $\vec{B}$ un mouvement rectiligne uniforme de vitesse $\vec{V_1}$ .

<u>3.a</u>- Quelle est alors l'intensité de la force électromagnétique $\vec{F_1}$ qui agit sur la barre ?
<u>3.b</u>- Calculer l'intensité $I_1$ du courant induit et la valeur $V_1$ de la vitesse.

**<u>Exercice 7</u>**

Une bobine de longueur L = 1 m, comportant N = 1600 spires de rayon R = 20 cm, assimilable à un solénoïde est parcourue par un courant d'intensité I = 1 A.
1) Donner les caractéristiques du vecteur champ magnétique $\vec{B}$ à l'intérieur de la bobine.
2) Montrer que l'inductance de la bobine a pour expression : $L = \mu_0 \frac{N^2}{L} \pi R^2$.

La norme de $\vec{B}$ décroît de $2.10^{-2}$ T à $10^{-2}$ T en 6 ms. Calculer la valeur moyenne <e> de la f.é.m. induite qui apparaît dans la bobine.

**<u>Exercice 8</u>**

Une bobine a pour résistance R = 10 Ω et pour inductance L = 1 H. On établit à ses bornes, à la date t = 0, une tension U = 6 V, délivrée par un générateur de tension continue G.
1) Vérifier que l'intensité du courant électrique, dans le circuit est donnée par la relation :
$i = \frac{U}{R}\left(1 - \exp\left(-\frac{R}{L}\right)t\right)$ (1)
On vérifiera que (1) est bien solution de l'équation différentielle régissant l'établissement du courant i dans le circuit.
2) Quelle est l'intensité du courant en régime permanent ?
3) On mesure l'intensité du courant en fonction du temps. On obtient le tableau suivant :

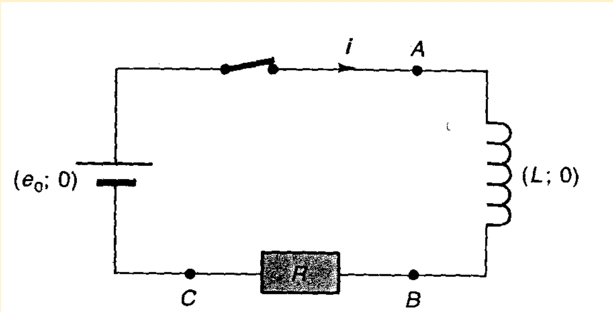
| t(s) | 0 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,30 |
|---|---|---|---|---|---|
| i(A) | 0 | 0,24 | 0,38 | 0,47 | 0,57 |

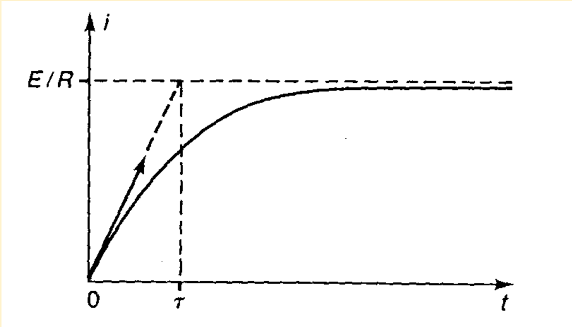
Tracer la courbe représentative de la fonction i = f(t).

4) Quelle est l'influence du rapport $\tau = \frac{L}{R}$ , appelé constante de temps du circuit, sur le comportement du circuit ? Que vaut i pour $t = \tau$ ?

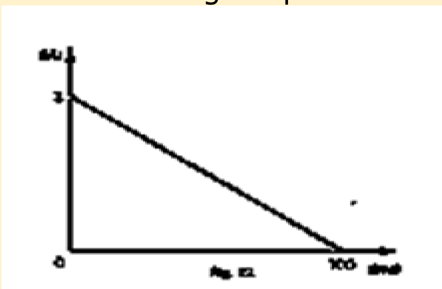
**Exercice 9**

Le circuit représenté ci-dessous comporte, placés en série, une bobine d'inductance L et de résistance négligeable, une résistance R et un générateur, de f.e.m. constante e et de résistance interne nulle. On a représenté la variation de l'intensité du courant pendant l'établissement de celui-ci.




1) Représenter graphiquement la tension u aux bornes de la résistance R en fonction du temps.
2) Exprimer la tension $U_L$ aux bornes de la bobine en fonction de e et u En déduire la courbe représentant la variation de $U_L$ en fonction du temps.
3) A Pourquoi peut-on dire que la bobine est équivalente à un court-circuit en régime permanent (c'est-à-dire au bout d'un temps $t >> \tau = \frac{L}{R}$ ) ?



**Exercice 10**

Une bobine d'inductance L et de résistance R = 6,3 Ω est parcourue par un courant dont l'intensité i est représentée à la figure ci-dessous. Déterminer la valeur de L pour que la tension aux bornes de la bobine soit nulle à la date t = 50 ms.

**Exercice 11**

Une bobine d'induction de résistance R et d'inductance L est branchée aux bornes d'une batterie d'accumulateurs de force électromotrice E et de résistance interne négligeable
(Schéma ci-contre). On ferme l'interrupteur K à la date t = 0, le courant s'installe dans le circuit.
1) Expliquer qualitativement le phénomène physique qui se manifeste dans la bobine.
2) Établir l'équation différentielle régissant l'évolution du courant i(t) au cours du temps. Vérifier que

$$i = \frac{U}{R}\left(1 - \exp\left(-\frac{R}{L}t\right)\right) \text{, où } \tau = \frac{L}{R} \text{ , est bien solution de cette équation.}$$

3) Déterminer à l'instant $t = 3\tau$ le taux de remplissage énergétique a de la bobine défini comme le rapport de l'énergie emmagasinée à cette date à l'énergie maximale qu'elle peut emmagasiner dans ce montage.
4) Le circuit primaire d'une bobine d'allumage automobile peut être ramené au schéma lorsque le rupteur (vis platinées) schématisé par l'interrupteur K est fermé. Ce circuit primaire a pour résistance R = 4,0 Ω et inductance $L = 4{,}12.10^{-3}$ H.
Quelle doit être la durée minimale de fermeture du rupteur pour que la bobine ait un taux de remplissage au moins égal à celui trouvé précédemment ?

**Exercice 12**

On considère une bobine assimilable à un solénoïde théorique ayant les caractéristiques suivantes :

- Rayon moyen des spires : R = 10 cm.

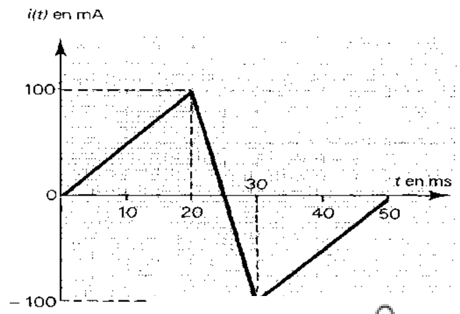
- Nombre total de spires : N = 500.
- Longueur de la bobine : L = 1 m.

1) Calculer l'inductance de la bobine.

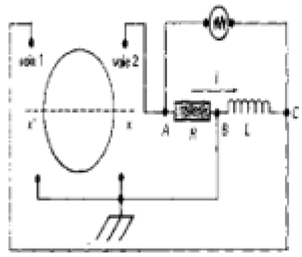
2) Le courant qui circule dans la bobine est caractérisé, successivement, par les valeurs suivantes exprimées en ampères :

$i_1 = 2$ A ; $i_2 = 5t + 2$ ; $I_3 = 2\sqrt{2}\sin(100\pi t)$ (t en s)

Calculer la force électromotrice d'auto-induction dans la bobine dans chacun des trois cas.




3) Un courant i(t) traverse la bobine (représentation de la figure ci-contre). Tracer la représentation graphique de la tension $u = V_M - V_N$ aux bornes de la bobine sachant que le sens positif sur le conducteur va de M vers N et que la résistance de la bobine est négligeable.

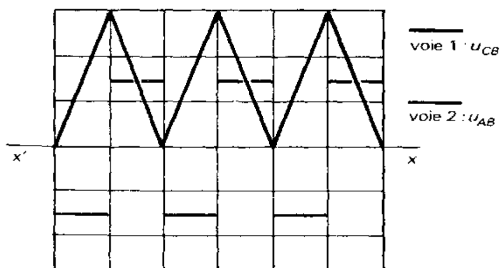


**Exercice 13**

Le montage de la figure représente un circuit qui comporte, montés en série
- entre les points A et B, un conducteur ohmique de résistance R = 1 000 Ω ;
- entre les points B et C, une bobine de résistance négligeable et d'inductance L.

Ce circuit est alimenté par un générateur de tension délivrant des signaux triangulaires. On applique :
- d'une part, sur la voie 1, la tension $U_{CB}$ aux bornes de la bobine ;
- d'autre part, sur la voie 2, la tension $u_{AB}$ aux bornes de la résistance, La figure 2 représente l'image obtenue sur l'écran

On a réglé
- la base de temps sur la sensibilité $10^{-3}$ seconde par division ;
- la sensibilité verticale
- sur 20 millivolts par division pour la voie 1 ;
- sur 2 volts par division pour la voie 2.



Fig

1) On observe que la tension forme une trace pratiquement triangulaire. Justifier la trace en créneaux observée pour la tension $U_{CB}$ sur la figure 2.
2) Calculer l'inductance L de la bobine.
3) Calculer l'énergie maximale $E_M$ emmagasinée dans la bobine.

**Exercice 14**

Un solénoïde de 50 cm de longueur et de 8 cm de diamètre est considéré comme infiniment long ; il comporte 2000 spires par mètre.

1) Donner les caractéristiques du vecteur champ magnétique $\vec{B}$ à l'intérieur du solénoïde quand il est parcouru par un courant.
2) Calculer l'auto-inductance L de ce solénoïde.
3) On réalise avec ce solénoïde le montage suivant (fig.

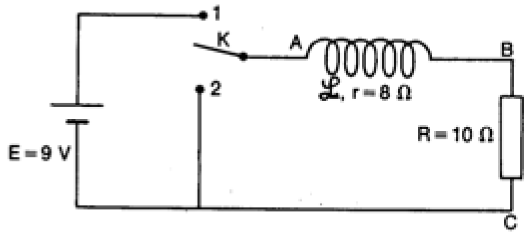


Figure 1

La résistance interne du générateur est négligeable.

3.a- L'interrupteur K est dans la position 1.
Quel est en régime permanent l'intensité $I_0$ du courant dans le circuit ?

3.b- En un temps infiniment bref et à l'instant t = 0, l'interrupteur K passe de la position 1 à la position 2. Etablir l'équation différentielle à laquelle obéit l'intensité i du courant dans le circuit.
Vérifier que la solution de cette équation est de la forme :

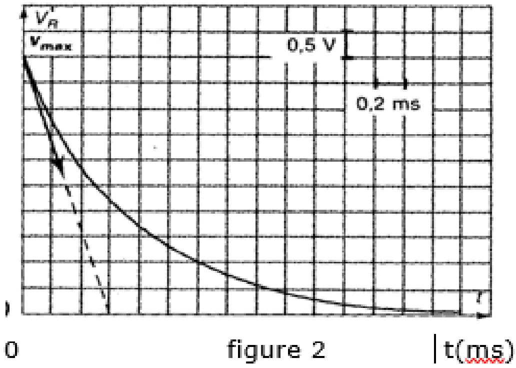


figure 2

$i = I_o \exp(-\frac{t}{\tau})$ avec $\tau = \frac{L}{R + r}$ constante de temps.

4) Soit $V_R$ la tension aux bornes du dipôle BC.
Soit t, le temps au bout duquel $V_R$ atteint 90 % de sa valeur maximale.
Soit $t_2$ le temps au bout duquel $V_R$ atteint 10 % de sa valeur maximale.
Exprimer $t_d = t_2 - t_1$ en fonction de $\tau$.
A partir de la courbe $V_R = f(t)$ représentée (fig. 2), déterminer $t_d$ et en déduire la valeur de $\tau$.

**<u>Exercice 15</u>**

**<u>Donnée</u>** : perméabilité magnétique du vide: $\mu_o = 4\pi.10^{-7}$ S.I. On réalise le circuit comprenant une bobine d'inductance L et de résistance r = 11 Ω, un résistor de résistance $R_1 = 100\ \Omega$, un interrupteur, un ampèremètre et un générateur de tension continue dont la f.é.m est $E_0$ et sa résistance interne est négligeable. (figure 1)

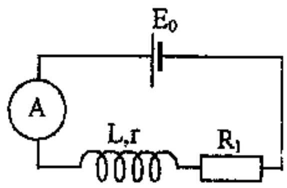


Figure 4

1) L'interrupteur est fermé, le régime permanent étant établi, l'ampèremètre indique I = 0,50 A. Avec un tesla mètre, on mesure l'intensité du champ magnétique à au centre de la bobine. On trouve B = 0,31 mT.

La longueur de la bobine est l = 40 cm et son diamètre est d = 5 cm. Ces dimensions permettent de considérer la bobine comme un solénoïde.

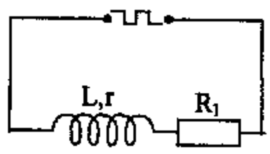


Figure 5

2) Représenter sur une figure claire le champ magnétique à au centre du solénoïde et préciser la nature de ses faces.
3) Calculer le nombre de spires N du solénoïde.
4) Le circuit précédent étant maintenu, on remplace le générateur de tension continue par un générateur basse fréquence délivrant une tension en créneaux (figure 2). Cette tension périodique varie entre 0 et $E_1$ = 6 V. (voir figure 3)

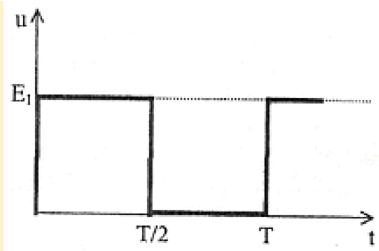


Figure 6

On désire suivre l'évolution de la tension aux bornes du résistor par un oscilloscope à mémoire bicourbe.
a) Reproduire la figure 1 et indiquer les branchements à réaliser pour visualiser sur l'écran de l'oscilloscope la tension aux bornes du générateur à la voie A et la tension aux bornes du résistor à la voie B.
b) Etablir l'équation différentielle régissant la variation de l'intensité du courant i lorsque $t \in [0\ ;\ \frac{T}{2}]$, T étant la période de la tension délivrée par le générateur.
c) Vérifier que $[1 - \exp(-\frac{t}{\tau})]$ est une solution de cette équation où T est une constante que l'on exprimera en fonction de $R_1$, r et L .

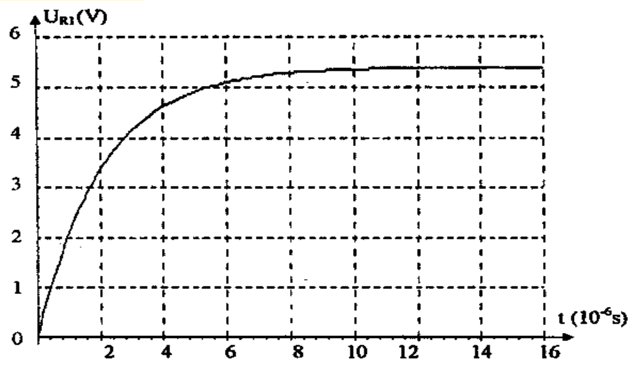


figure 4

5.a) Que représente r pour le circuit ? Déterminer à partir du graphe de la figure 4 sa valeur en explicitant la méthode utilisée.
5.b) En déduire la valeur de L .
5.c) A partir de cette valeur, vérifier la valeur du nombre de spires N trouvée à la question 3)

**Exercice 1 :** BAC TS2 2013
Le condensateur est un composant qui peut emmagasiner de l'énergie électrique. Cette énergie peut être restituée, à tout moment, sous diverses formes.
Dans la suite on étudie la charge puis la décharge d'un condensateur. Pour ce faire, on réalise le montage schématisé ci-après (figure1).

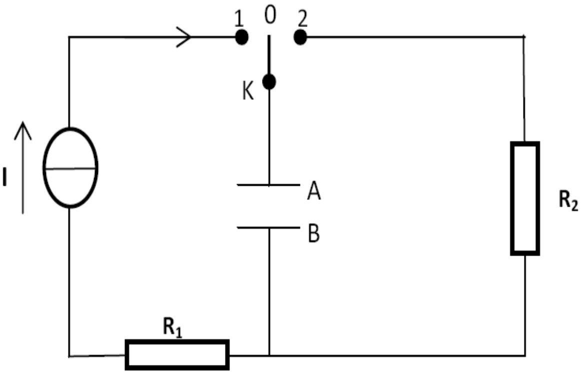


Figure 1

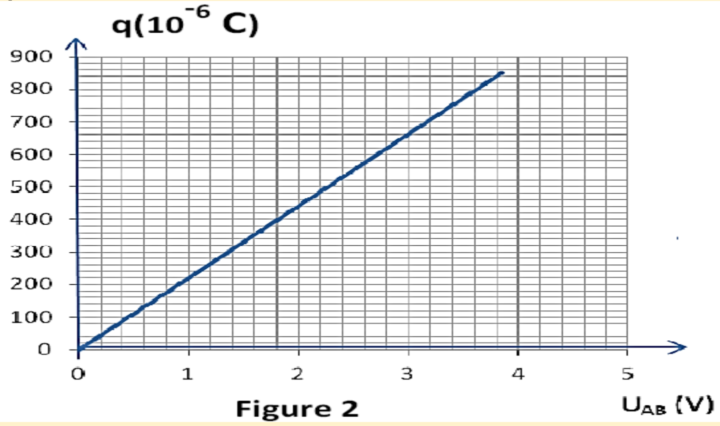


Figure 2

1) Etude de la charge du condensateur
Le condensateur étant initialement déchargé, on ferme l'interrupteur K en position 1 (figure 1) à la date t = 0. On considère, dans cette étape, qu'un courant d'intensité constante $I = 17\ \mu A$ traverse le circuit.
On enregistre, par un dispositif approprié, les valeurs de la tension $u_{AB}$ entre les armatures du condensateur au cours du temps t. L'enregistrement étant terminé, on calcule, pour chaque valeur de t la charge q(t) de l'armature A du condensateur.
a) Tenant compte de l'orientation du circuit, donner l'expression qui permet de calculer la charge q en fonction de la date t.
b) Le graphe de la charge q en fonction de la tension $u_{AB}$ est représenté à la figure 2. Déduire, par exploitation du graphe :
i) la capacité C du condensateur.
ii) la date à laquelle la tension $u_{AB}$ prend la valeur 1,80 V.
2) Etude de la décharge du condensateur
Lorsque la tension entre les armatures vaut $U_0 = 3{,}85\ V$, on bascule l'interrupteur en position 2, à une date prise comme origine des temps t = 0.
a) Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension instantanée $u_{AB}$ est de la forme : $\frac{1}{\beta}\frac{d\,u_{AB}}{dt} + u_{AB} = 0$ où $\beta$ est une constante dont on donnera l'expression en fonction des caractéristiques des dipôles du circuit.
b) Donner le nom de la constante $\frac{1}{\beta}$; préciser sa signification physique.
c) L'équation différentielle a une solution de la forme $u_{AB}(t) = \alpha e^{-\beta t}$ où $\alpha$ est une constante.
i) Préciser la valeur de α. Ebaucher la courbe traduisant la variation de la tension $u_{AB}(t)$ aux bornes du condensateur en fonction du temps.
ii) Exprimer, puis calculer l'énergie, $E_0$, emmagasinée par le condensateur, à la date t = 0.
iii) En supposant que cette énergie a pu être restituée, totalement, par le flash d'un appareil photo, en une durée égale à 0,1 ms, calculer la puissance moyenne de ce « flash ».

**Exercice 2**
Un condensateur de capacité C est chargé à travers une résistance R, à l'aide d'un générateur délivrant une tension constante $U_0$. (Voir figure)
Le condensateur est entièrement déchargé avant la fermeture de l'interrupteur.
A la date t = 0, on ferme l'interrupteur.
A toute date t, l'intensité du courant est désignée par i, la charge du condensateur par q, la tension entre ses armatures par $u_C$ la tension aux bornes de la résistance par $u_R$.

1) Expliquer brièvement le comportement des électrons libres du circuit à la fermeture de l'interrupteur.
2) Expliquer comment varient $u_C$ et $u_R$, i et q durant la charge du condensateur en précisant les valeurs initiales et les valeurs finales.
3) Rappeler les relations qui lient i et q d'une part et i, C et $u_C$ d'autre part.
4) Établir à la date t, la relation qui existe entre $u_C, u_R$ et $U_0$. En déduire l'équation différentielle du circuit relativement à la tension $u_C$.
5) Résoudre l'équation différentielle du circuit. Autrement dit trouver $u_C$ en fonction du temps t.
6) On peut considérer que la charge est terminée quand $\frac{U_0 - u_C}{U_0} = 1\%$
Soient t la constante de temps du circuit et tr (temps de relaxation) le temps mis par le condensateur pour se charger quasi totalement (à 99%). Montrer que $\tau_r = 4{,}6\,\mathrm{t}$.

**Exercice 3** :
Les armatures d'un condensateur de capacité C, préalablement chargé, sont reliées à un voltmètre électronique assimilable à un résistor de résistance élevée R. Les valeurs de la tension u au cours du temps sont consignées dans le tableau ci-dessous.

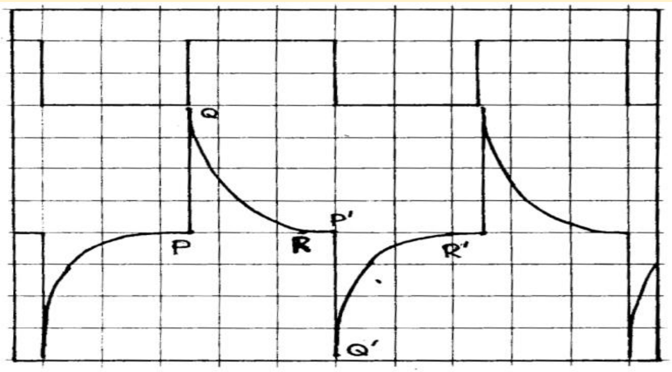
| t(s) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| u(V) | 10 | 7,8 | 6,1 | 4,7 | 3,6 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 0,8 |

1) Faire le schéma du circuit de décharge en indiquant les conventions utilisées pour le courant et la tension.
2) Établir l'équation différentielle à laquelle obéît la tension u aux bornes du condensateur.
3) Vérifier que la solution générale de cette équation est de la forme $u = Ae^{-\frac{t}{\tau}}$ . A et $\tau$ sont deux constantes que l'on explicitera.
4) Après avoir choisi judicieusement votre échelle, tracer la courbe représentative de la tension u en fonction du temps t.
5) Déterminer graphiquement la constante de temps t en justifiant la méthode utilisée.
Sachant que R = $2.10^6$ Ω, en déduire la capacité C du condensateur.

**Exercice 4**
Afin d'étudier la charge et la décharge d'un condensateur, on réalise un circuit comportant en série (voir figure) :
- Un GBF qui délivre une tension rectangulaire ;
- Un conducteur ohmique de résistance réglable R ;
- Un condensateur de capacité C = 100 nF.

Avec R = 10 Ω, on obtient l'oscillogramme ci-dessus. Les réglages de l'oscilloscope sont :
- Sensibilités verticales : - voie $Y_1$ : 1,0 V.div $^{-1}$ ; - voie $Y_2$ : 0,5 V.div $^{-1}$
- Durée de balayage : 2 ms.div $^{-1}$

1) Reproduire le schéma en indiquant les branchements les fils de masse et des entrées $Y_1$ et $Y_2$ de l'oscilloscope nécessaire pour visualiser respectivement la tension fournie par le GBF et une tension permettant de connaître l'intensité du courant qui traverse le circuit.
On utilisera les symboles $\rightarrow Y_1$ ; $\rightarrow Y_2$ ;
2) Identifier les courbes et interpréter le phénomène observé principalement dans les zones PQR et P'Q'R'.




3) Déterminer grâce à l'oscillogramme :
- la fréquence de la tension délivrée par le GBF ;
- la tension maximale $U_0$ aux bornes du condensateur ;
- la valeur maximale $I_0$ du courant qui traverse le circuit.

4) On étudie l'influence de la valeur de la résistance sur l'allure de la courbe (2). L'équation de la partie PQ s'écrit : $u(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$.

L'origine des dates t = 0 est prise au point O. Dans les conditions de l'expérience, on admet que la tension s'annule dès que $u(t) = \frac{U_0}{40}$

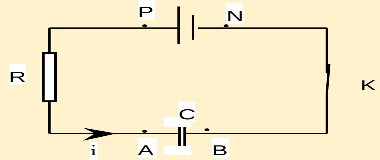
a) Calculer le temps $t_1$ nécessaire pour annuler u(t). Comparer cette valeur à celle donnée par la courbe.

b) On garde constante la valeur de la tension $U_0$ et on modifie la valeur de la résistance. Pour R = 3,3 kΩ, calculer le temps $t_2$ nécessaire pour annuler u(t). Quelle conclusion peut-on en tirer ?

**Exercice 5 :**

On considère le circuit électrique schématisé ci-contre comportant en série :

- un générateur de force électromotrice E = 6 V et de résistance interne négligeable ;
- un condensateur de capacité C ;
- une résistance R.




A la date t = 0, le condensateur étant chargé, on ferme K.

L'intensité instantanée i du courant est comptée positivement dans le sens qui pointe vers l'armature A. (voir figure).

1) Établir l'équation différentielle liant la charge q de l'armature A, sa dérivée première par rapport au temps q et les constantes R, E et C.

2) Vérifier que $q = CE(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$ est solution de cette équation différentielle. Donner l'expression de la tension $u_C$ aux bornes du condensateur en fonction du temps

3) On mesure la tension $u_C$ aux bornes du condensateur en fonction du temps. On obtient les valeurs suivantes :

| t (s) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $u_C$ (V) | 0 | 1,60 | 2,75 | 3,80 | 4,20 | 4,70 | 5,00 | 5,30 | 5,50 | 5,60 | 5,75 |

a) Tracer alors le graphe $u_C = f(t)$ avec les échelles suivantes :

-abscisses : 1 cm pour 10 s ; -ordonnées : 2 cm pour 1,00 V.

b) Quelle est l'ordonnée de l'asymptote horizontale ? Justifier la réponse.

c) Tracer la tangente à l'origine à cette courbe et montrer que celle-ci coupe l'axe des temps au point d'abscisse t = t. Déterminer la valeur de t.

4) Soit $t_1$ le temps au bout duquel $u_C$ atteint 10% de sa valeur maximale et soit $t_2$ le temps au bout duquel $u_C$ atteint 90% de sa valeur maximale. Exprimer, en fonction de t, le temps de montée $t_d$ défini par $t_d = t_2 - t_1$. Déterminer la valeur de t. La comparer à la valeur obtenue à la question 3.c.

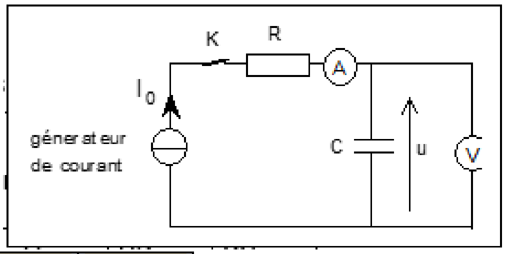
5) Sachant que R = 2 kΩ, calculer la capacité C du condensateur.

**Exercice 6**

On dispose d'un condensateur de capacité C inconnue.

Pour déterminer C, on se propose de charger le condensateur à l'aide d'un "générateur de courant" qui débite un courant constant I = 0,50 mA.

On mesure la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps. On obtient les résultats suivants :




| t(s) | 0 | 11 | 23 | 34 | 46 | 57 | 68 | 80 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| u(V) | 0,0 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 |

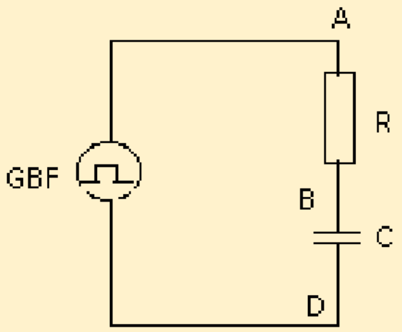
1) Tracer la courbe de la fonction u = f(t).

Echelles : abscisses : 1 cm pour 5 s ; ordonnées : 1 cm pour 1,0 V.

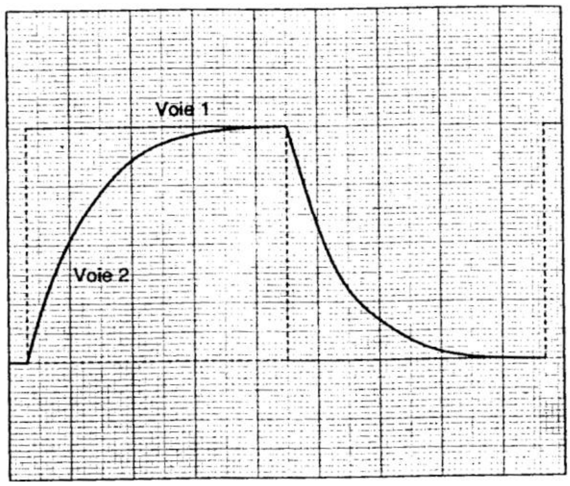
2) Déduire de la courbe tracée la valeur de la capacité C du condensateur.

**Exercice 7**

A l'aide du montage représenté ci-dessous, on obtient l'oscillogramme.




Réglages de l'oscilloscope :
- base de temps : 2 ms/div
- sensibilité verticale sur les deux voies : 1,0 V/div



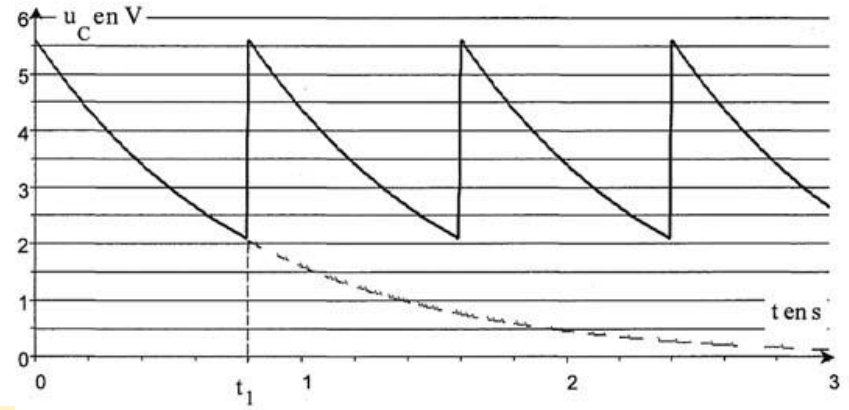

1) Comment doit-on relier les points A, B et D du circuit aux trois bornes entrée →Y1, entrée →Y2 et masse de l'oscilloscope ?
2) A partir de l'oscillogramme, déterminer :
- la période T de la tension en créneaux délivrée par le G.B.F. ;
- la tension maximale $U_0$ délivrée par le G.B.F.
3) La tension $u_C$ aux bornes du condensateur pendant la charge et la décharge est donnée par :

$$\begin{cases} u_C = E\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \text{ pendant la charge} \\ u_C = Ee^{-\frac{t}{RC}} \text{ pendant la décharge} \end{cases}$$

Montrer que la constante de temps $\tau$ du circuit correspond au temps au bout duquel la charge et la décharge du condensateur sont réalisées à 63 %.
Utiliser ce résultat pour évaluer la constante de temps t du circuit. Sachant que R = 2,0 kΩ, en déduire la valeur de la capacité C du condensateur.

**Exercice 8 :** Le stimulateur cardiaque

Notre cœur se contracte plus de 100 000 fois par jour. Il bat 24 h sur 24 pendant toute notre vie, entre 60 et 80 fois par minute, grâce à un stimulateur naturel: le nœud sinusal. Lorsque celui-ci ne remplit plus correctement son rôle, la chirurgie permet aujourd'hui d'implanter dans la cage thoracique un stimulateur cardiaque artificiel (appelé aussi pacemaker) qui va forcer le muscle cardiaque à battre régulièrement en lui envoyant de petites impulsions électriques par l'intermédiaire de sondes. Son boîtier est de petite taille : 5 cm de large et 6 mm d'épaisseur. Sa masse est d'environ 30 g. Ce pacemaker est en fait un générateur d'impulsions ; il peut être modélisé par le circuit électrique schéma 1, qui comprend un condensateur de capacité C = 470 nF , un conducteur ohmique de résistance R, une pile spéciale et un transistor qui joue le rôle d'interrupteur K. La pile peut être modélisée par l'association en série d'une résistance r (ici très faible voire négligeable) et d'un générateur de tension idéal de force électromotrice E. Quand l'interrupteur est en position (1) le condensateur se charge de façon quasi-instantanée. Puis, quand l'interrupteur bascule en position (2) , le condensateur se décharge lentement à travers le conducteur ohmique de résistance R, élevée, jusqu'à une valeur limite $u_{limite} = \frac{E}{e}$ avec Ln e = 1 où Ln représente le logarithme népérien.
A cet instant, le circuit de déclenchement envoie une impulsion électrique vers les sondes qui la transmettent au cœur : on obtient alors un battement ! Cette dernière opération terminée, l'interrupteur bascule à nouveau en position (1) et le condensateur se charge, etc… La tension uc aux bornes du condensateur a alors au cours du temps l'allure indiquée sur la courbe 1 ci-dessous.




Courbe 1

1. Quand l'interrupteur est en position (1), le condensateur se charge de façon quasi instantanée. Pourquoi ce phénomène est-il très rapide ?
2. Pour obtenir l'enregistrement de l'évolution temporelle de la tension $U_c$ on utilise un ordinateur muni d'une interface d'acquisition de données et d'un logiciel de saisie. Indiquer sur le schéma 1 et où doivent être branchées la masse M de l'interface et la voie $Y_A$ d'acquisition pour étudier les variations de la tension $U_c$ aux bornes du condensateur.
3. Sur la courbe 1, colorier la (ou les) portion(s) qui correspondent à la tension $U_c$ lors de la charge du condensateur. Justifier.
4. On considère que le condensateur est complètement chargé. Quelle est la valeur de I'intensité du courant qui circule alors dans le circuit ?
5. La force électromotrice E est la valeur de la tension aux bornes de la pile lorsqu'elle ne débite pas de courant. A partir de l'enregistrement $U_c = f(t)$, donner la valeur de E.
6. Lors de la décharge du condensateur, en respectant les conventions d'orientations du schéma du circuit :

- Préciser le signe de l'intensité i du courant lors de la décharge ;
- Écrire la relation entre l'intensité i du courant et la tension $U_R$ ;
- Écrire la relation entre la charge q de l'armature A du condensateur et la tension $U_c$ ;
- Écrire la relation entre l'intensité i et la charge q;
- Écrire la relation entre les tensions $U_R$ et $U_c$ lors de la décharge.

7. En déduire l'équation différentielle vérifiée par la tension $U_C$ lors de la décharge.
8. Donner l'expression littérale de la constante de temps $\tau$. Montrer que cette grandeur a la même unité qu'une durée.
9. Déterminer graphiquement la valeur de $\tau$ par la méthode de son choix qui apparaîtra sur la figure.
10. En déduire la valeur de R.
11. A l'instant $t_1$, le circuit de déclenchement génère une impulsion électrique ; le condensateur n'est pas complètement chargé. Quelle est l'expression littérale de la tension $u_c$ aux bornes du condensateur, à cet instant ? Graphiquement la valeur de cette tension est 2,1 V. Est-ce en accord avec la valeur de E obtenue à la question 6. ?
12. Vérifier qu'une solution générale de l'équation différentielle précédemment établie est de la forme: $U_c(t) = E.\ e^{-\frac{t}{\tau}}$ et montrer que $t_1 = \tau$.
13. En déduire la durée $\Delta t$ qui doit séparer deux impulsions électriques consécutives.
14. Quel est alors le nombre de battements du cœur par minute ?

# OSCILLATION ELECTRIQUE LIBRE ET OSCILLATION ELECTRIQUE FORCEES

**Exercice 1**

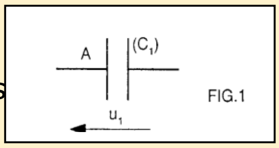


FIG.1

1) Un condensateur de capacité $C_1$ est chargé sous une tension constante
Calculer la charge $Q_1$ portée par l'armature A ainsi que l'énergie emmagas
A.N. : $C_1 = 10^{-6}$ F; $U_1 = 40$ V.

2) Le condensateur $C_1$, chargé dans les conditions précédentes, est isolé, puis relié à une bobine d'auto-inductance L. La résistance du circuit est négligeable (fig. 2). A la date t = 0 on ferme l'interrupteur K. Un oscillographe permet de visualiser la tension u(t) aux bornes de la bobine. On obtient la courbe représentée (fig. 3).

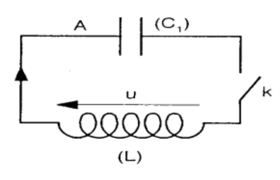


FIG.2

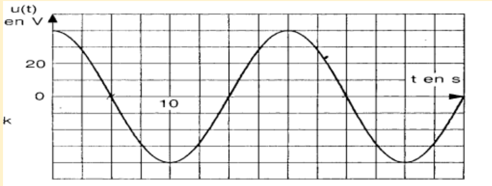
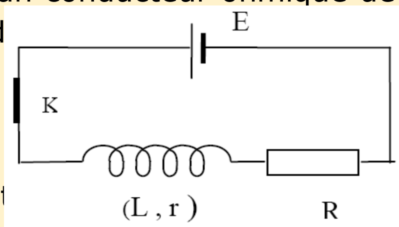


FIG.3

a) Soit q(t) la charge portée par l'armature A à la date t. L'intensité i(t) est comptée positivement quand le courant circule dans le sens indiqué sur le schéma.
Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge q(t).
En déduire l'expression littérale de la tension u(t).
Déterminer les valeurs de la tension maximale et de la pulsation.
b) Calculer la valeur de l'auto-inductance L de la bobine.
c) Quelles sont les expressions littérales en fonction du temps de l'énergie emmagasinée dans le condensateur, dans la bobine et de l'énergie totale emmagasinée dans le circuit. Comparer à la valeur $E_1$ Conclure.

**Exercice 2**

Afin de déterminer la résistance r d'une bobine et son inductance L on réalise, comme indique sur le schéma ci-contre, un circuit série comportant cette bobine, un conducteur ohmique de résistance R = 390 Ω, un générateur de résistance négligeable et d
4 V
et un interrupteur.
On ferme l'interrupteur à la date t = 0.
Un dispositif approprie a permis d'enregistrer l'évolution de l'intensit
courant qui parcourt le circuit au cours du temps t. Le tableau suivant indique des valeurs de i a différentes dates t.




| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $i(10^{-3}\,A)$ | 0,00 | 6,25 | 8,30 | 9,20 | 9,80 | 10,00 | 10,00 | 10,00 |
| $t(10^{-3}s)$ | 0,00 | 0,25 | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 1,25 | 1,50 | 1,75 |

1) Tracer la courbe de variation de l'intensité du courant en fonction du temps : i = f(t) [courbe II à rendre avec la copie] ; Echelles : 2 cm pour $0{,}25.10^{-3}$ s : 1 cm pour $10^{-3}$ A (0,5 point)
2) Quel est le phénomène physique responsable du retard de l'établissement du courant dans le circuit?
Expliquer brièvement. (0,5 point)
3) Déterminer graphiquement l'intensité $I_0$ du courant traversant le circuit lorsque le régime permanent est atteint. (0,5 point)
4) Etablir l'équation différentielle suivante régissant la variation dans le temps de l'intensité du courant :

$L\frac{di}{dt} + (R + r)i = E$ (0,5 point)

5) Déduire de cette équation l'expression de $I_0$ en fonction de E, R et r. En déduire la valeur de la résistance r de la bobine. (0,5 point)

6) Vérifier que $i = \frac{E}{R+r}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ est solution de l'équation différentielle ou τ sera exprime en fonction de
L, R et r. (0,5 point)

a) Définir τ et donner sa signification physique. Déterminer graphiquement la valeur de τ. (0,75 point)

b) En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine. (0,25 point)

**Exercice 3** (Bac $TS_1$, $S_3$ 2013)

On réalise le circuit de la figure (1) comprenant :

- un générateur de tension continue de f.e.m E = 4,5 V
- un condensateur de capacité C,
- une bobine d'inductance L et de résistance négligeable,
- un conducteur ohmique de résistance R = 1000 Ω,
- un conducteur ohmique de résistance R' variable.

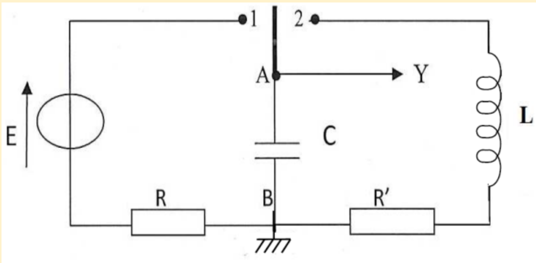


Figure 1

Un oscillographe permet de visualiser la tension aux born condensateur.

1) On ferme l'interrupteur K en position 1. L'oscillogramme visualisé sur l'écran de l'oscillographe est reproduit sur la figure (2) jointe en annexe en page 5.

a) Que se passe-t-il pour le condensateur ? (0,25 point)

b) Montrer que la tension $u_{AB}$ aux bornes du condensateur, notée u, vérifie l'équation différentielle :
$\frac{du}{dt} + au = b$, équation où a et b sont des constantes à déterminer. (0,5 point)

c) Exprimer la constante de temps τ du circuit en fonction des données et donner sa signification physique. (0,5 point)

d) Déterminer graphiquement τ et en déduire la capacité C du condensateur.(0,5 point)

2) On ferme l'interrupteur en position 2 après avoir annulé la valeur de R' à la date = 0.

a) Ecrire l'équation différentielle vérifiée par la charge q du condensateur. (0,25 point)

b) En déduire l'équation différentielle vérifiée par la tension u. (0,25 point)

c) On admet que la solution de l'équation différentielle est de la forme : $u(t) = Dcos Ft$, expression où D et F sont des constantes. Déterminer D et F en fonction des caractéristiques des dipôles du montage. (0,5 point)

d) Calculer l'énergie maximale emmagasinée par le condensateur. (0,25 point)

3) L'interrupteur toujours fermé en position 2, on réalise les trois expériences ci-dessous en faisant varier les valeurs de la résistance R' et de l'inductance L.

| Expériences | R'(Ω) | L (H) | C (μF) |
|---|---|---|---|
| $E_1$ | 100 | 1,0 | 5 |
| $E_2$ | 50 | 0,2 | 5 |
| $E_3$ | 50 | 1,0 | 5 |

Les oscillogrammes obtenus ont été reproduits sur les figures (3), (4) et (5) jointes en annexes à la page 5. On admet que l'amortissement ne modifie pas sensiblement la fréquence des oscillations.

a) Calculer pour chaque expérience la période propre des oscillations. (0,5 point)

c) Déterminer les valeurs des périodes à partir des figures (3), (4) et (5). (0,5 point)

d) Faire correspondre chaque figure à une des trois expériences en justifiant. (0,5 point)

e) Calculer dans chaque expérience l'énergie dissipée par effet joule lors de la première oscillation.

ANNEXES : Figures 2, 3, 4 et 5 de l'exercice 5

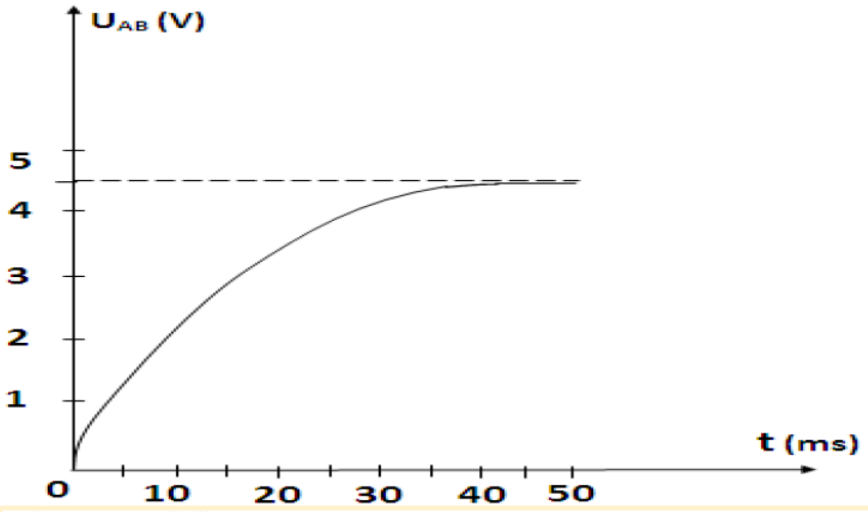



Figure 2

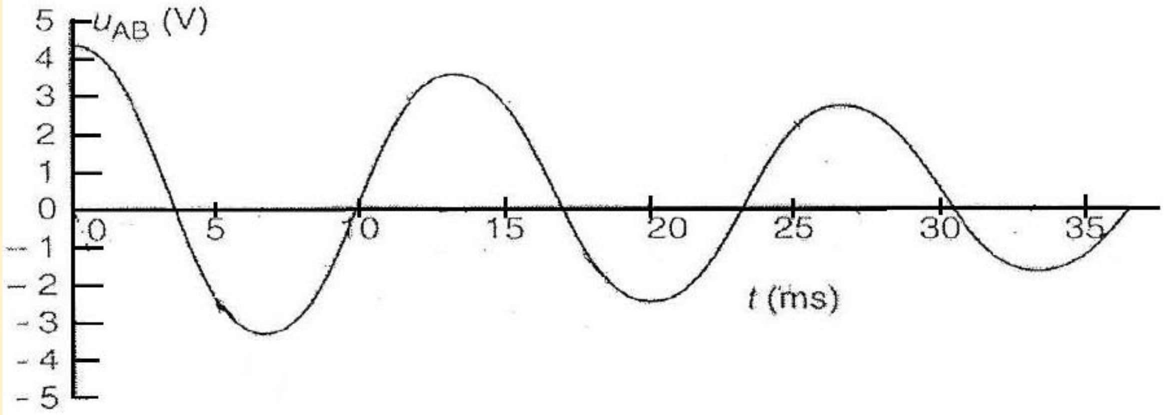



Figure 3

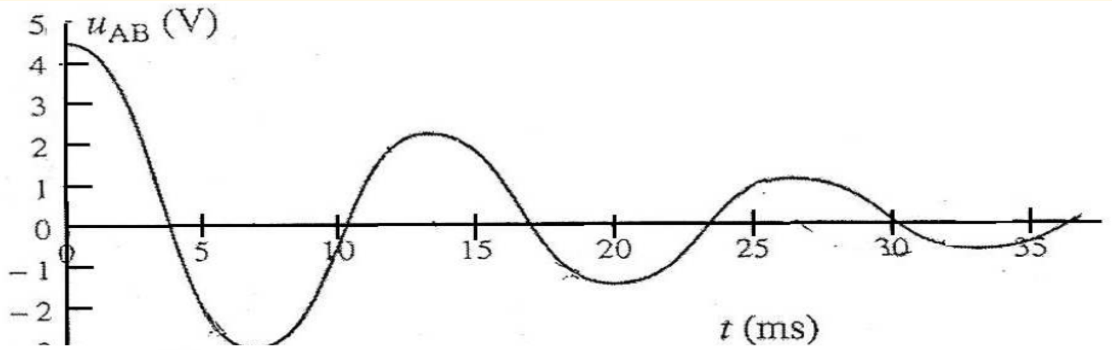



Figure 4

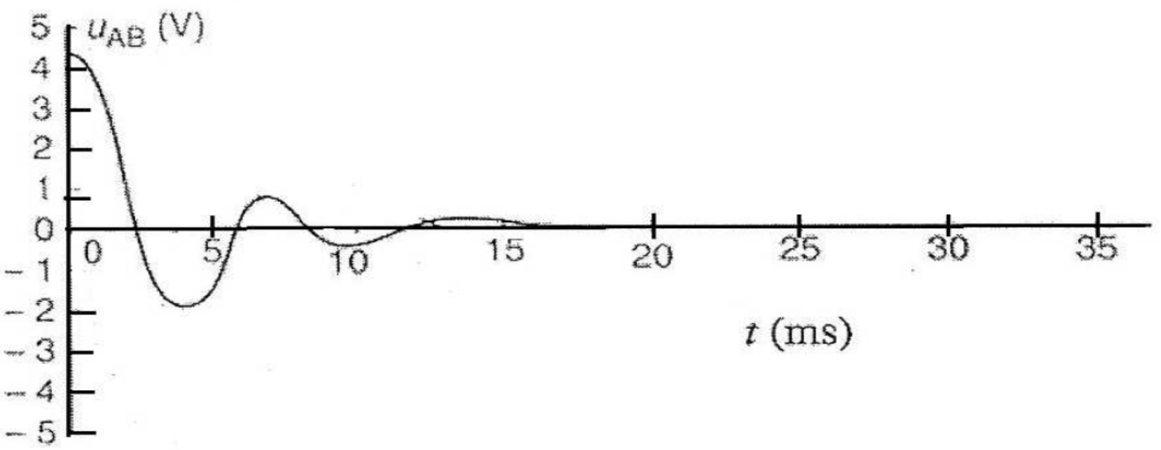



Figure 5

**Exercice 4** (Bac $TS_1$, $S_3$ 2014)

En travaux pratiques, des élèves se proposent de déterminer l'inductance L et la résistance r d'une bobine.

Pour cela, ils disposent du matériel suivant : la bobine en question, un générateur de tension sinusoïdale G dont on peut faire varier la fréquence f ; un conducteur ohmique de résistance R = 50 Ω ; un condensateur de capacité $C = 8\,\mu F$; un oscilloscope bicourbe et des fils de connexion de résistance négligeable.

Chaque groupe d'élèves réalise un circuit série RLC (figure 4) et visualise, sur la voie A de l'oscilloscope, la tension instantanée u(t) aux bornes de l'ensemble RLC et sur la voie B, la tension instantanée $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique.

1) Reproduire la figure 4 sur la feuille de copie et faire figurer les branchements de l'oscilloscope.

2) En début de manipulation, un élève observe sur une voie la courbe représentée sur la figure 5a. Il modifie alors un réglage de l'oscilloscope et obtient la courbe représentée sur la figure 5b.

Préciser entre les réglages, base de temps (ou balayage horizontal) et sensibilité verticale de l'oscilloscope, lequel a été effectue par l'élève et dans quel sens (augmentation ou diminution) ?

3) Visualisant les tensions sur les 2 voies on obtient, sur l'écran de l'oscilloscope, les courbes de la figure 5d avec les réglages suivants : base de temps 1ms/division ; sensibilité verticale pour les 2 voies 0,2 V / division.

a) Identifier les tensions représentées par les courbes (1) et (2). Justifier.

b) Expliquer pourquoi en visualisant la tension $u_R(t)$ sur la voie B, par la même occasion, on visualise l'intensité i(t) dans le circuit.

4) A partir de la figure 5d, déterminer :

a) la fréquence des oscillations ;

b) la valeur maximale de u(t) et la valeur maximale de i(t). En déduire la valeur de l'impédance Z du circuit ;

c) la différence de phase φ de u(t) par rapport à i(t). On précisera si u(t) est en avance ou en retard sur i(t).

En déduire la résistance r et l'inductance L de la bobine.

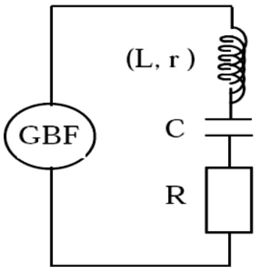



Figure 4

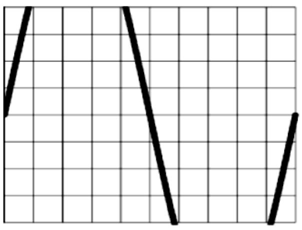


Figure 5a

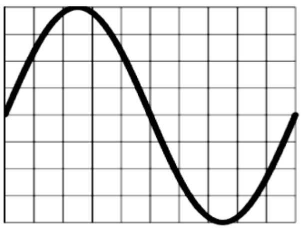


Figure 5b

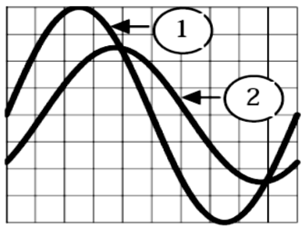



Figure 5d

**Exercice 5** (Bac $TS_2$ 2014)

Lors d'une séance de travaux pratiques, des élèves d'un lycée se proposent de déterminer la capacité d'un condensateur, l'inductance et la résistance d'une bobine trouvées dans le laboratoire, sans aucune étiquette.

Pour cela, ces élèves disposent du matériel suivant :

- un générateur de basses fréquences (GBF), un conducteur ohmique de résistance R = 80 Ω,
- la bobine d'inductance L et de résistance r, le condensateur de capacité C,

- un ampèremètre de résistance négligeable, un voltmètre et des fils de connexion en quantité suffisante.

Les élèves réalisent un montage en série avec la bobine, le conducteur ohmique, le condensateur, l'ampèremètre et le générateur basse fréquence (GBF) qui délivre une tension sinusoïdale. Le voltmètre, branche aux bornes M et N du GBF, permet de vérifier que la tension efficace a ses bornes est maintenue constante et égale à $U = 1{,}00\,V$.

1) Représenter le schéma du circuit électrique réalise par les élèves.

2) Les élèves font varier la fréquence f de la tension délivrée par le GBF, relèvent l'intensité efficace I correspondante et obtiennent le tableau suivant :

| f(Hz) | 300 | 500 | 600 | 650 | 677 | 700 | 755 | 780 | 796 | 850 | 900 | 1000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I (mA) | 0,74 | 1,90 | 3,47 | 5,20 | 6,61 | 8,05 | 9,35 | 7,48 | 6,61 | 4,50 | 3,44 | 2,40 |

a) Tracer la courbe de l'intensité efficace I en fonction de la fréquence f : I = g (f).

Echelles : en abscisses : 15 mm → 100 Hz ; en ordonnées : 20 mm → 1 mA

b) Déterminer graphiquement la fréquence $f_0$ de résonance du circuit.

c) Calculer l'impédance Z du circuit pour $f = f_0$. En deduire la resistance r de la bobine

d) Déterminer la largeur de la bande passante b du circuit.

e) Calculer l'impédance du circuit aux extrémités de la bande passante.

3) Ces élèves admettent que la largeur β de la bande passante est telle que : $\beta = \frac{1}{2\pi}.\frac{R_T}{L}$ relation ou $R_T$ désigne la résistance totale du circuit oscillant. Déterminer la valeur de l'inductance L de la bobine et celle de la capacité C du condensateur.

**Exercice 6** (BacTS$_1$, S$_3$ 2015)

Afin de protéger la porte de sa chambre un passionné d'électronique astucieux a imaginé le dispositif d'alarme représenté par le schéma ci-contre (figure 3).

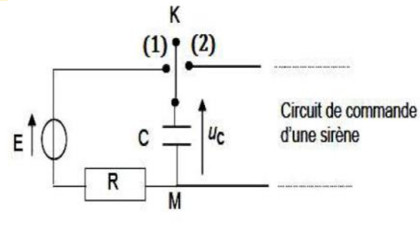


Figure 3

Lorsque la porte est fermée, l'interrupteur K est en position (1), le condensateur de capacité C se charge.

Dès l'ouverture de la porte, l'interrupteur bascule en position (2) et le condensateur se décharge dans le circuit de commande de la sirène.

La particularité du condensateur est qu'il ne peut pas se vider complètement : il présente une tension à vide $U_0 = 3\,V$.

1) Etude du circuit de charge.

Le circuit de charge du condensateur est constitué d'une alimentation assimilable à un générateur de f.e.m E = 18 V, de résistance négligeable, d'un résistor de résistance R = 47 kΩ et du condensateur de capacité C.

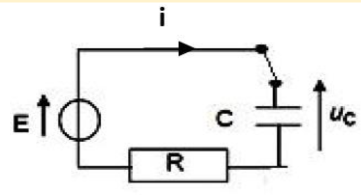


Figure 4

L'interrupteur K bascule en position (1) à l'instant t = 0 de la fermeture de la porte.

a) Etablir l'expression de l'intensité i(t) du courant parcourant ce circuit de charge, en fonction de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur ; le sens arbitraire du courant est choisi comme indiqué sur la figure 4.

b) Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur est de la forme : $\frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{RC} = \frac{E}{RC}$

c) La solution de l'équation différentielle est de la forme : $u_c(t) = Ae^{-\alpha t} + B$

Préciser l'expression de chacune des constantes A, B et en fonction des caractéristiques des composants du circuit en tenant compte des conditions aux limites $u_c(0) = U_0$ et $u_c(\infty) = E$.

d) Quelles sont les valeurs de l'intensité du courant $i(t)$ et de la tension $u_c(t)$ en régime permanent ?
e) Quelle est la valeur de la capacité C du condensateur qui permet d'avoir une tension $u_c$ égale aux trois quarts de sa valeur en régime permanent en 0,20 s ?
2) Déclenchement de la sirène, le condensateur étant chargé.
a) On modélisera simplement le circuit de commande de la sirène par un résistor de résistance $R_1 = 4{,}70\ M\Omega$ et on prendra $C = 3{,}5\ \mu F$. A la fin de la charge, l'interrupteur K a basculé en position (2), à un instant pris comme nouvelle origine des temps t = 0.
i) Représenter le schéma du circuit et indiquer par une flèche la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur de manière à ce qu'elle soit positive.
ii) Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c(t)$.
iii) Montrer que l'expression $u_c(t) = A'e^{-\alpha' t} + B'$ est solution de l'équation différentielle. Préciser les expressions de $A', B'$ et $\alpha'$ .
iv) La sirène ne se déclenche que si la tension aux bornes de son circuit de commande est supérieure à $U_{min} = 9\,V$. Pendant combien de temps après l'ouverture de la porte, fonctionnera la sirène ?

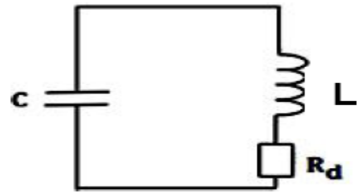


Figure 5

b) Le circuit de commande de la sirène est maintenant remplacé par un dipôle constitué d'une bobine d'inductance L= 10 mH de résistance négligeable et d'un résistor de résistance Rd, montés en série (figure 5). A la fin de la charge, comme en 4.2.1, on bascule l'interrupteur en position (2) à un instant pris comme origine des temps t=0.
On désigne par $u_c(t)$ la tension aux bornes du condensateur à chaque instant t.
i) On suppose, dans un premier temps, la résistance Rd négligeable et $u_c(0) = E$.
Etablir l'équation différentielle relative à $u_c(t)$ puis montrer que $u_c(t) = K\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$ est solution de cette équation différentielle où $K, T_0$ et $\varphi$ sont des constantes à préciser.
ii) On considère cette fois-ci que la résistance $R_d = 500\ \Omega$ et $u_c(0) = E$.

- Montrer que l'équation différentielle à laquelle obéit $u_c(t)$ peut se mettre sous la forme $\frac{du_c^2(t)}{dt^2} + 2\delta\frac{du_c(t)}{dt} + \frac{4\pi^2 u_c(t)}{T_0^2} = 0$ avec δ une constante à préciser.
- Si le discriminant réduit de cette équation différentielle est négative, on parle de régime pseudopériodique et la pseudo-période T peut s'exprimer comme suit :

$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R_d^2}{4L}}}$ Calculer T puis la comparer à $T_0$.

**Exercice 7** (Bac $TS_2$ 2015)
Un dipôle est constitué de l'association en série d'un conducteur ohmique de résistance R=100 Ω, d'une bobine d'inductance L = 1,0 H et de résistance r = 8,5 Ω et d'un condensateur de capacité C. Aux bornes de ce dipôle un générateur basse fréquence, GBF, impose une tension sinusoïdale de fréquence N et de valeur efficace constante (figure 1). Un branchement convenable à l'oscilloscope permet de visualiser la tension $u_R$ aux bornes du conducteur ohmique et la tension $u_G$ aux bornes du générateur. On observe sur l'écran de l'oscilloscope, dans un ordre quelconque, les courbes (1) et (2) reproduites sur la figure 2.
La sensibilité verticale, la même sur les deux voies, est de 2,0 V / div. Le balayage horizontale est de $2\ ms\ /\ div$.
1) Déterminer l'amplitude de la tension correspondant à chaque courbe.
Des courbes (1) et (2), quelle est celle qui correspond à la tension $u_G$ aux bornes du GBF ? Justifier la réponse.

2) Reproduire la figure 1 sur la feuille de copie et faire figurer les branchements à l'oscilloscope permettant d'obtenir ces courbes.
3) Déterminer la fréquence de la tension délivrée par le GBF.
4) Calculer, en valeur absolue, la différence de phase entre la tension $u_G(t)$ et l'intensité $i(t)$ du courant électrique. Préciser la grandeur électrique en avance de phase.
5) Etablir, en fonction du temps, les expressions de l'intensité du courant $i(t)$ et de la tension $u_G(t)$ délivrée par le GBF; la date $t = 0$ correspond au point O de la figure 2.

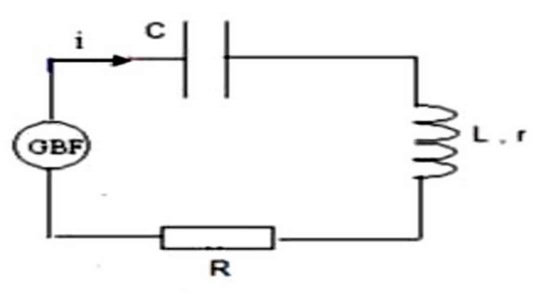


Figure 1

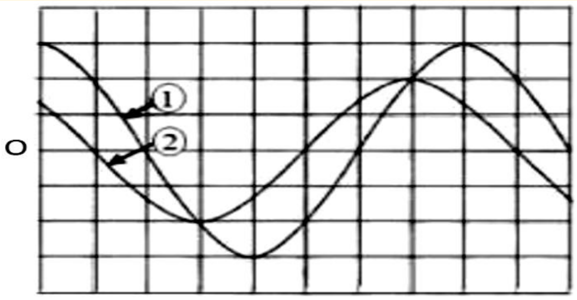


Figure 2

6) Calculer la valeur de la capacité C du condensateur.
7) On règle la fréquence de la tension aux bornes du GBF de sorte que le circuit fonctionne en résonance d'intensité.
a) Calculer la nouvelle valeur de la fréquence de la tension délivrée par le GBF.
b) Représenter, qualitativement, l'allure des courbes observées sur l'écran de l'oscilloscope.

**Exercice 8**

Au cours d'une séance de devoir de travaux pratiques et après avoir effectué le tirage au sort, l'élève Niokhor a eu comme sujet : « Détermination expérimentale des caractéristiques d'un circuit RLC série en régime forcé. ». Pour atteindre ce but, le professeur a mis à la disposition de l'élève le matériel suivant : Un oscilloscope, un générateur basse fréquence ( G.B.F) délivrant une tension sinusoïdale $u(t) = U_m\sin(2\pi Nt)$ avec $U_m$=constante, un interrupteur, une bobine d'inductance L et de résistance r, un condensateur de capacité C et un résistor de résistance connue R = 20Ω.

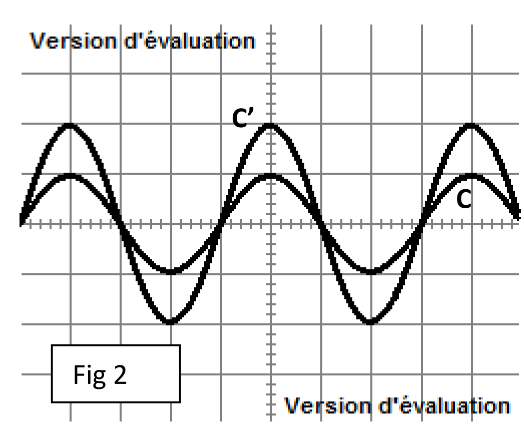


Fig 2

Sami a réalisé le circuit RLC série puis il a branché l'oscilloscope pour visualiser la tension aux bornes du résistor sur la voie $Y_1$ et celle aux bornes du générateur BF. On donne pour tout l'exercice :

**Sensibilité verticale pour les deux voies 1V --------→ 1 div**
**Sensibilité horizontale 5 ms ---→ 1 div**

1-/ Faire le schéma du circuit en précisant les branchements de l'oscillo
2-/ Pour une fréquence $N_1$ du GBF les oscillogrammes obtenus sur l'écran de l'oscillo sont donnés par le graphe de la figure 1.
a- Préciser, en le justifiant, le graphe correspondant à u(t).
b- Dans quel état se trouve le circuit RLC ? Justifier la réponse.
c- Déterminer la fréquence propre $N_0$ du circuit.
d- Etablir une relation entre r et R. Calculer r.
3-/ En gardant la même fréquence $N_1$ du générateur BF, Sami a éliminé le résistor R du circuit puis à l'aide de l'oscillo a visualisé la tension aux bornes du condensateur et celle aux bornes du générateur BF ; les diagrammes obtenus sont donnés par la figure 2.

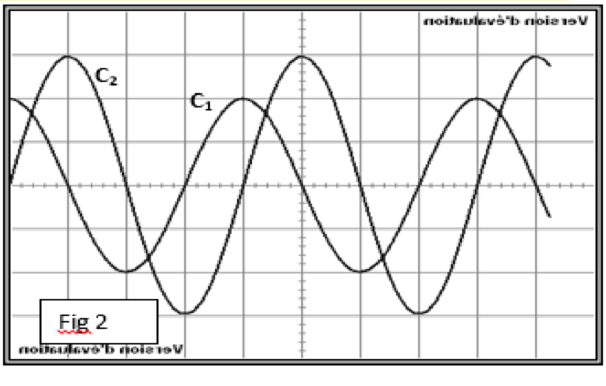


Fig 2

a- Préciser la courbe qui correspond à u(t). Quelle est la nature du circuit ?

b- Montrer que $U_{max} = r\,I_{max}$. Avec $U_{max}$ amplitude de la tension excitatrice délivrée par le générateur BF et Imax amplitude de l'intensité du courant qui traverse le circuit. Calculer Imax.
c- Calculer la capacité du condensateur C. En déduire la valeur de l'inductance L.

**Exercice9 :**(BAC S2 2017)

Pour étudier le phénomène de résonance au laboratoire, un groupe d'élèves réalise un circuit (R, L, C) série. Pour cela, ils disposent d'un GBF qui fournit une tension alternative sinusoïdale de fréquence N réglable, un conducteur ohmique de résistance R = 50 Ω, un condensateur de capacité C = **5 μF,** une bobine de résistance r et d'inductance L.

**4.1** Les élèves visualisent sur la voie $Y_1$ de l'oscilloscope la variation au cours du temps de la tension $u_G(t)$ aux bornes du générateur et sur la voie $Y_2$ la variation au cours du temps de la tension $u_R(t)$ aux bornes du résistor.

**4.1.1** Faire le schéma du montage qu'ils ont réalisé en y indiquant clairement les connexions à faire à l'oscilloscope pour visualiser $u_G(t)$ **et** $u_R(t)$.

**4.1.2** Expliquer pourquoi la variation de la tension $u_R(t)$ leur donne en même temps l'allure de la variation de l'intensité i(t) du courant dans le circuit.

**4.2** Sur l'écran de l'oscilloscope, sont observés les oscillogrammes reproduits sur le document 1 avec les réglages suivants : Sensibilité verticale voie $Y_1$ : 5V/div ; voie $Y_2$ : 0,5V/div.;
Sensibilité horizontale : 1ms/div.

**4.2.1** Déterminer :
- la fréquence N de la tension délivrée par le générateur ;
- la tension maximale $U_m$ aux bornes du générateur ;
- l'intensité maximale $I_m$ du courant.

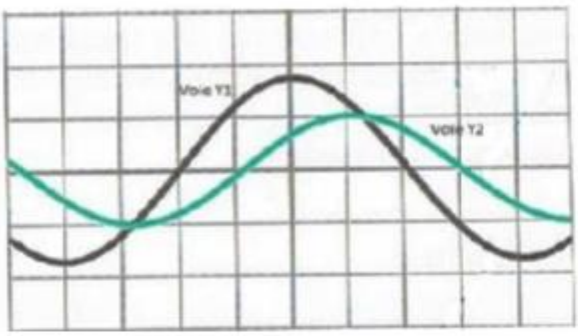
**4.2.2** Déterminer le déphasage de la tension aux bornes du générateur sur l'intensité du courant.

**4.2.3** Sur un schéma représentant l'aspect de l'écran, montrer comment se positionnerait la courbe 1 visualisée sur la voie ($Y_1$) par rapport à la courbe 2 visualisée sur la voie ($Y_2$) à la résonance d'intensité (On tracera l'allure des deux courbes).

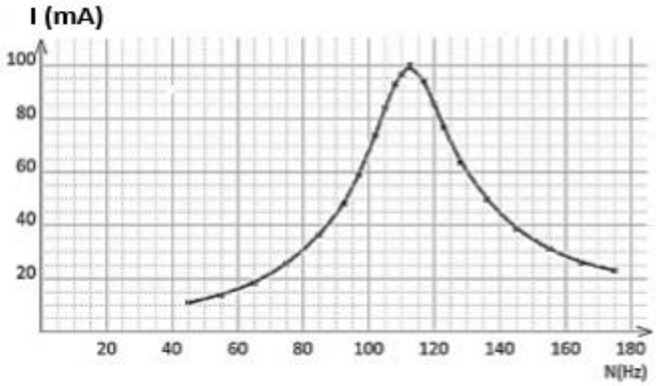
**4.3** En maintenant la tension maximale aux bornes du générateur constante, les élèves ont fait varier la fréquence N du GBF et relevé l'intensité efficace I du courant à l'aide d'un ampèremètre.
Les mesures ainsi réalisées leur ont permis de tracer la courbe I = f(N) du document 2.

**4.3.1** Déterminer graphiquement la fréquence $N_0$ et l'intensité efficace $I_0$ à la résonance d'intensité. En déduire l'inductance L de la bobine.

**4.3.2** Déterminer la bande passante des fréquences et le facteur de qualité. Donner la signification physique du facteur de qualité.



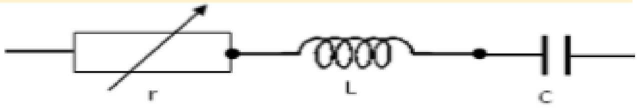

**Document 1**




**Document 2**

## **Exercice10 :**(BAC S1 2017)

**4.1** On applique une tension sinusoïdale de valeur efficace constante U et de pulsation ω aux bornes d'un circuit comprenant en série un résistor de résistance variable r, une bobine d'inductance L, de résistance négligeable et un condensateur de capacité C. Pour cette partie on prendra: U = 0,2 V ; L = $2.10^{-3}$ H ; ω = $30{,}15.10^{3}$ rad/s.




Document 3

**4.1.1.** Exprimer le déphasage $\varphi$ de la tension instantanée u par rapport à l'intensité instantanée i en fonction de C, L, ω et r. On posera : $u(t) = U_m \cos(\omega t+\varphi)$ et $i(t) = I_m \cos\omega t$.

**4.1.2**.En déduire les deux valeurs de C qui produisent un déphasage tel que $|\varphi| = \frac{\pi}{4}$ rad entre la tension et l'intensité pour r = 6 Ω .

**4.1.3.** Pour chacune des valeurs de la capacité C , calculer l'intensité efficace correspondante.

**4.2.** On s'intéresse maintenant aux variations de la puissance P consommée dans la portion du circuit (r L C) en fonction de la résistance r pour une capacité C = $5.10^{-7}$F.

**4.2.1.** Montrer que la puissance consommée dans cette portion de circuit peut être donnée par la relation : $P = \frac{a\,r}{r^2+b}$ avec a et b des constantes à déterminer ; on prendra les valeurs de U, L et ω indiquées en 4.1

**4.2.2.** En déduire la valeur optimale de r pour une puissance maximale consommée.

**4.2.3.** En faisant varier la résistance r du résistor, les mesures ont permis d'obtenir le tableau ci-dessous :

| r(Ω) | 0 | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P($10^{-3}$W) | 0,00 | 1,07 | 1,98 | 3,06 | 3,32 | 3,18 | 2,93 | 2,66 | 2,4 | 2,19 |

**4.2.3.1.** Représenter graphiquement P en fonction de r.
Echelle : 1cm pour 2 Ω et 1cm pour $0{,}50.10^{-3}$W

**4.2.3.2.** Par exploitation du graphe, trouver la valeur de r notée $r_0$ pour laquelle la puissance consommée est maximale.
Comparer ce résultat à celui de la question 4.2.2.

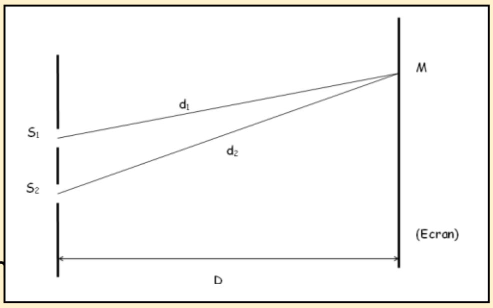
**4.2.4.** Montrer que la puissance maximale consommée peut se mettre sous la forme $P_m = \frac{U^2\cos^2\varphi}{r_0}$ pour des valeurs quelconques mais constantes de U, L, C, ω (sauf pour celle qui annule la quantité $L\omega - \frac{1}{C\omega}$ ). En déduire la valeur du déphasage φ entre la tension u et l'intensité i . Conclure.

**4.2.5.** A quel cas important correspond l'exception précédente ? Dire qualitativement comment varie la puissance P en fonction de r dans ce cas.

# INTERFERENCES LUMINEUSES

**Exercice 1** : Ordre d'interférence
En un point M d'un champ d'interférence, la différence de marche entre les deux faisceaux qui interfèrent est : $\delta_M$ = 10 $\mu$m. La source de lumière est m diode $\lambda = 670\,mn$.
Quel est l'ordre d'interférence en ce point ? Qu'observe-t-on ?

**Exercice 2**
Différence de marche
Deux sources lumineuses issues des points $S_1$ et $S_2$ interfèrent au point M distant de $d_1$ et $d_2$ de ces sources.
On pose $\delta = d_2 - d_1$.
La longueur d'onde de la lumière est $\lambda$ = 600 nm.
Lorsque $\delta$ = 0, il y a une frange brillante d'ordre zéro.
Calculer $\delta$ pour la dixième frange brillante.



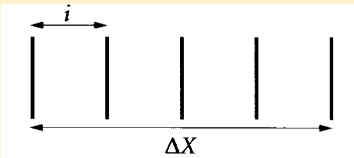

**Exercice 3 :** Trous d'Young
On réalise des interférences optiques avec le dispositif des Young. Les ondes lumineuses émises par les sources secon ont une fréquence $\nu = 5{,}093.10^{14}\,Hz$.
En un point M du champ d'interférences la différence de marche $\delta = 5{,}89\ \mu m$.
1) Calculer la longueur d'onde $\lambda$ de la lumière émise.
2) Les ondes arrivent-elles en M en phase ou en opposition de phase ?

**Exercice 4 :** Différence de marche
On observe une frange brillante d'ordre k = 4 dans le champ d'interférences obtenues avec un laser Ne-He
$(\lambda = 633\,nm)$ et des fentes d'Young.
1) Quelle est la différence de marche $\delta$ des faisceaux qui produisent par interférence cette frange ?
2) Même question pour une frange sombre d'ordre égal à $\frac{7}{2}$ .

**Exercice 5 :** Détermination d'une longueur d'onde
Données : $S_1S_2 = a = 2\,mm$ ; $d = 50\,cm$ ; $i = 0{,}34\,mm$ ; $i' = 0{,}49\,mm$.
On réalise une expérience d'interférences lumineuses avec des fentes d'Young qui jouent le rôle de deux sources synchrones $S_1$ et $S_2$ ; le faisceau incident est quasi-monochromatique, de longueur d'onde $\lambda$.
On mesure l'interfrange i sur un écran placé perpendiculairement à l'axe du système, à une distance D du dispositif puis on relève ensuite sa valeur i' alors que l'écran a été reculé d'une distance d.
1) Réaliser un schéma du montage.
2) Déterminer$\lambda$.

**Exercice 6 :** Détermination d'une longueur d'onde
1) Deux sources cohérentes et synchrones $S_1$ et $S_2$ émettent une lumière de longueur d'onde $\lambda = 625\,nm$.
Il y a interférences au point M tel que $d_2 - d_1 = 2{,}5.10-6\,m$.
Au point M les interférences sont-elles constructives ou destructives ?
2) Les sources émettent à présent toutes les radiations visibles de longueur d'onde $\lambda_1$ = 400 nm et $\lambda_2$ = 800 nm (visible).
Calculer les valeurs des longueurs d'onde qui permettent d'avoir au point M des interférences destructives.

**Exercice 7 :** Fentes d'Young
On réalise l'expérience des fentes d'Young avec un laser He-Ne $(\lambda = 633\,nm)$. On observe les franges d'interférences sur un écran situé à une distance D = 3 m des fentes. La distance entre cinq franges noires successives vaut $\Delta X = 25\,mm$.



Si l'on remplace le laser He-Ne par une diode laser, sans rien modifier d'autre, on mesure maintenant

$\Delta X' = 27\,mm$ entre cinq franges noires.

L'interfrange i est donné par : $i = \frac{\lambda D}{a}$ où a est l'écart entre les fentes.

1) Calculer l'écart a entre les fentes.

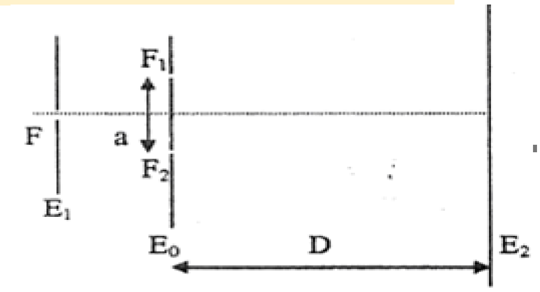
2) Quelle est la longueur d'onde émise par la diode laser ?

**Exercice 8** (Bac TS$_1$, S$_3$ 2002)

Deux fentes fines parallèles, rectangulaires F$_1$ et F$_2$ sont percées dans un écran opaque, E$_o$ ; à une distance $a = 0{,}5\,mm$ l'une de l'autre.

On les éclaire grâce à une troisième fente F percée dans un écran E$_1$ derrière lequel est placée une lampe à vapeur de sodium.

E$_o$ est parallèle à E$_1$ et F est située à égale distance de F$_1$ et on place un écran E$_2$ parallèlement à E$_o$ à une distance $D = 1{,}00\,m$ de celui-ci. (figure ci-contre)




La longueur d'onde de la lumière émise par la lampe est $\lambda_0 = 589\,nm$, les deux fentes F$_1$ et F$_2$ Se comportent comme deux sources cohérentes de lumière monochromatique. Les faisceaux de la lumière diffractée par F$_1$ et F$_2$ interfèrent et l'on observe sur l'écran E$_2$ des franges d'interférence.

Soit y l'ordonnée d'un point M de l'écran E$_2$ appartenant à la zone d'interférence, y étant comptée à partir d'un point O du centre de E$_2$.

1) Quel est le caractère de la lumière ainsi mis en évidence par le phénomène observé ?

2) Représenter qualitativement la figure observée sur l'écran E$_2$.

3) Expliciter, le sens des termes ou expressions suivants : écran opaque, source monochromatique, sources cohérentes et interfrange.

4) Sachant que la différence de marche entre 2 rayons provenant respectivement de F$_2$ et F$_1$, interférant en M, est donnée par la relation :

$$\delta = F_2M - F_1M = \frac{a.y}{D}$$

Etablir l'expression de l'interfrange i en fonction de $\lambda_0$, D et a puis calculer i.

5) On remplace la source précédente par une source monochromatique dont la longueur d'onde est $\lambda_1$.

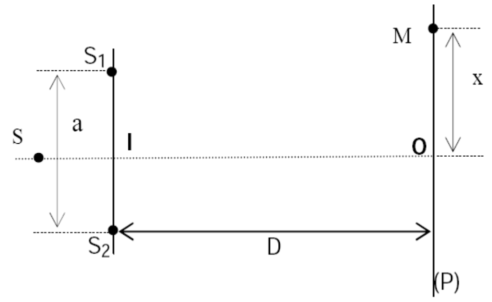
On observe sur l'écran E$_2$ que la distance entre la quatrième frange brillante et la septième frange sombre situées de part et d'autre de la frange centrale brillante est d = 10,29 mm.

Quelle est la valeur de la longueur d'onde $\lambda_1$ de la lumière émise par la source ?

**Exercice 9 :** (Bac TS$_1$, S$_3$ 2012)

On considère le dispositif de Young représente ci-contre :

S$_1$ et S$_2$ sont deux sources lumineuses ponctuelles distantes de a = 1 mm. Le plan (P) de l'écran observation parallèle à S$_1$ S$_2$ est situé à la distance D = 1 m du milieu I du segment S$_1$S$_2$ ; le point O est la projection orthogonale de I sur (P). Sur la droite perpendiculaire a IO au point O et parallèle à S$_1$ et S$_2$, un point M est repère par sa distance X du point O (X est l'abscisse de M sur un axe oriente colinéaire a cette droite).




Les deux sources S$_1$ et S$_2$, sont obtenues, grâce à un dispositif interférentiel approprie, à partir d'une source ponctuelle S située sur l'axe IO.

1) La source S émet une radiation monochromatique de longueur d'onde λ.

a) Décrire ce que l'on observe sur l'écran.

b) Etablir, en fonction de a, x et D, l'expression de la différence de marche d au point M.

NB : x et a étant petits devant D on supposera que S$_1$M + S$_2$M ≈ 2D.

c) En déduire l'expression de l'interfrange i en fonction de a, D et λ. Calculer la longueur d'onde λ sachant que i = 0,579 mm.

2) La source S émet maintenant deux radiations de longueurs d'onde $\lambda_1$ $et$ $\lambda_2$.
a) Dans une première expérience, on utilise des radiations verte et rouge de longueur d'onde respective
$\lambda_1 = 500\,nm$ $et$ $\lambda_2 = 750\,nm$.
i) Au milieu O de l'écran, on observe une coloration jaune. Expliquer cette observation.
ii) Quel est l'aspect du champ d'interférences :
- au point $M_1$ tel que : $OM_1 = 0{,}75$ mm ?
- au point $M_2$ tel que : $OM_2 = 1{,}5$ mm ?

b) Dans une deuxième expérience les longueurs d'onde $\lambda_1$et $\lambda_2$ sont voisines :
$\lambda_1 = 560\,nm$ $et$ $\lambda_2 = 528\,nm$.
A quelle distance minimale x du point O observe-t-on une extinction totale de la lumière ?
3) La source S émet de la lumière blanche que l'on supposera composée de toutes les radiations de longueur d'onde λ telle que : $400\,nm \leq \lambda \leq 800\,nm$
a) Qu'observe-t-on sur l'écran? Justifier brièvement la réponse.
b) Quelles sont les longueurs d'onde des radiations éteintes au point M tel que OM = x = 1,5 mm?

**Exercice 10 :** (Bac $TS_1$, $S_3$ 2014)
*Les interférences lumineuses permettent de déterminer de très petites distances, de l'ordre de* $0{,}5\ \mu m$.
*Elles trouvent leurs applications dans des domaines aussi variés que la métrologie, l'holographie, la détermination de l'indice de réfraction d'un gaz….*
On réalise une expérience d'interférences lumineuses avec un dispositif des fentes de Young. Un faisceau de lumière issu d'une source ponctuelle S est envoyé sur une plaque opaque P percée de deux fentes très fines $S_1$ et $S_2$. La source S est située sur l'axe de symétrie de $S_1S_2$. La distance entre les deux fentes, notée a, est très faible.
Un écran E est placé orthogonalement au plan médiateur de $S_1S_2$ et a une distance D de $S_1S_2$. On désigne par O la projection du milieu de $S_1S_2$sur l'écran (figure 3).

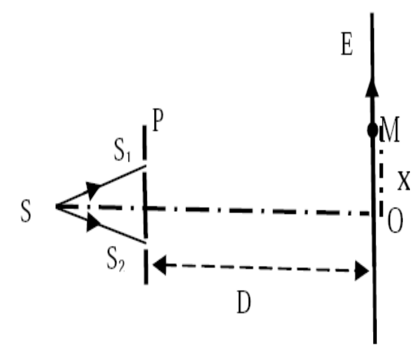


Figure 3

**Etude théorique**
1) Recopier la figure, représenter les faisceaux diffractes par les sources $S_1$ et $S_2$et indiquer la partie ou l'on observe des interférences (zone d'interférences).
2) La source S émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde l et de pulsation w, les fentes $S_1$ et $S_2$ émettent des vibrations de la forme $Y_{O_1} = Y_{O_2} = S_O sin\omega t$. Les vibrations issues de $S_1$ et $S_2$ se superposent en tout point de la partie commune aux faisceaux diffractés.
On se propose de caractériser l'intensité lumineuse ou éclairement en tout point M de l'écran repère par son abscisse x =OM. On désigne par $d_1$ et $d_2$ respectivement la distance entre le point M et les sources $S_1$ et $S_2$.
La différence de marche est : $\delta = d_2 - d_1 \cong \frac{a.x}{D}$.
a) Donner les expressions des vibrations issues de S1 et S2 au point M en fonction de $\omega, t, d_1, d_2$ $et$ $c$ célérité de la lumière.
b) On montre que la vibration résultante au point M est donnée par l'expression :
$$Y = 2S_0 cos\left(\frac{\pi\delta}{\lambda}\right) sin\omega\left(t - \frac{d_1 - d_2}{2c}\right)$$
Que représente le coefficient $2S_0cos\left(\frac{\pi\delta}{\lambda}\right)$ pour la vibration $Y$ ?
c) L'intensité lumineuse ou éclairement E au point M est définie comme étant une grandeur proportionnelle à la puissance apportée par le rayonnement, cette puissance est elle-même proportionnelle au carre de l'amplitude A de la vibration résultante en M, soit $E = C.A^2$, relation ou C est une constante de proportionnalité.
i) Montrer que l'intensité lumineuse E en M peut se mettre sous la forme :
$E(x) = E_0\left(1 + cos\frac{2\pi x}{i}\right)$, relation ou on précisera l'expression de $E_0$ et celle de i.
ii) Calculer E, en fonction de $E_0$, pour les valeurs suivantes de x :

$$-i\,;\,-3\frac{i}{4}\,;\,-\frac{i}{2}\,;\,-\frac{i}{4}\,;0\,;\,\frac{i}{4}\,;\,\frac{i}{2}\,;3\frac{i}{4}\,;i$$

A l'aide des valeurs obtenues ébaucher le graphe E(x) = f(x).
iii) A l'aide du graphe, préciser :
- les abscisses des points ou l'éclairement est maximal (franges brillantes) et celles des points ou l'éclairement est nul (franges obscures) ;
- la distance, en fonction de i, qui sépare les milieux de deux franges consécutives de même nature.

Application à la détermination de longueurs d'onde
3) L'exploration du champ d'interférences permet de déterminer la longueur d'onde d'une lumière monochromatique par mesure directe ou par comparaison de la figure d'interférences qu'elle produit avec celle d'une radiation de longueur d'onde connue. Dans la suite, on prendra: D = 2m et a = 1mm.
a) La source S émet une onde lumineuse bleue de longueur d'onde $\lambda_1$. A l'aide d'un instrument approprie, on mesure la distance correspondant a un ensemble de 10 interfranges sur l'écran; cela donne 9,6 mm. En déduire la
Valeur de $\lambda_1$.Pourquoi mesuré la distance correspondant a 10 interfranges au lieu de celle qui correspond à 1 interfrange ?
b) La source S émet maintenant une onde lumineuse rouge-orangée de longueur d'onde $\lambda_2$. On constate que le milieu de la seconde frange sombre de cette lumière occupe la place qu'occupait le milieu de la seconde frange brillante de la lumière de longueur d'onde $\lambda_1$. La frange centrale est notée zéro (0).
Déduire de cette expérience la longueur d'onde $\lambda_2$ de la lumière rouge-orangée.

**Exercice 11 :** (Bac $TS_2$ 2017)

Les fentes de Young permettent, entre autres dispositifs, de mettre en évidence le phénomène d'interférences lumineuses.
Au cours d'une séance de travaux pratiques, des élèves doivent établir expérimentalement la relation entre la distance **a** qui sépare les fentes de Young et l'interfrange **i**. Pour ce faire, ils réalisent le dispositif interférentiel de Young. La source laser S, équidistante des deux fentes, produit une radiation lumineuse de longueur d'onde λ.
L'écran, parallèle au plan des fentes, est placé à une distance D = 1,000 m dudit plan.
La distance **a** entre les fentes est réglable (document 3).
Une fois le protocole validé par le professeur, les élèves mesurent l'interfrange **i** pour différentes valeurs de la distance a entre les fentes et calculent le produit **i.a**
Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-après.

| a ($10^{-3}m$) | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 |
|---|---|---|---|---|
| **i** ($10^{-3}$ $m$) | 6,5 | 3,3 | 2 ,2 | 1,6 |
| **i . a** | | | | |

**5.1** Expliquer qualitativement le phénomène d'interférences lumineuses observé sur l'écran.
Quel caractère de la lumière l'expérience d'interférences lumineuses met en évidence ?
**5.2** Pour un point M de l'écran, d'abscisse $x$, la différence de marche est donnée par :
$\boldsymbol{\delta = d_2 - d_1 = \frac{ax}{D}}$ . Quelle condition doit remplir la différence de marche pour que le point M soit le milieu d'une frange obscure ? Exprimer dans ce cas l'abscisse x du point M en fonction de $\lambda, D, a$ et k(entier naturel).
**5.3** Définir l'interfrange. Etablir son expression en fonction de λ, D et a.
**5.4**
**5.4.1** Reproduire le tableau ci-dessus et le compléter. Vérifier que l'interfrange **i** est inversement proportionnel à la distance a qui sépare les fentes. Ce résultat est-il en accord avec la réponse fournie à la question 5-3 ?
**5.4.2** En déduire la valeur de la longueur d'onde $\lambda$ de la radiation émise par le laser
**5.5** Les élèves éclairent ensuite, avec le laser, une cellule photoélectrique. Le travail d'extraction est $W_o$ = 1,9 eV. Quel phénomène observent-ils? Justifier la réponse. Préciser le caractère de la lumière mis en évidence dans ce cas.
**Données :** 1eV = $1{,}610^{-19}$ J ; constante de Planck h = $6{,}62.10^{-34}$J.s ;
vitesse de la lumière dans le vide C = $3{,}000.10^{8}$ m.s$^{-1}$

# EFFET PHOTOELECTRIQUE

**Exercice 1 :** Seuil photoélectrique.
On éclaire une cellule photoélectrique dont la cathode est en césium avec une radiation de longueur d'onde $\lambda = 495\,nm$, puis avec une radiation de longueur d'onde $\lambda = 720\,nm$.
Le travail d'extraction d'un électron de césium est $W_0 = 3.10^{-19}\,J$.
1) Calculer la longueur d'onde $\lambda_0$ qui correspond au seuil photoélectrique.
2) Vérifier que l'émission photoélectrique n'existe qu'avec une seule des deux radiations précédentes.

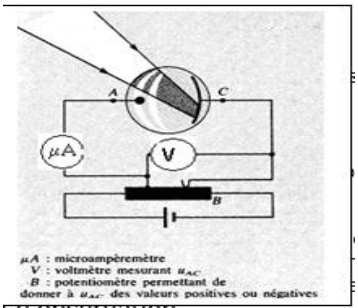
**Exercice 2 :** Vitesse d'émission des électrons.
On éclaire une cellule photoélectrique à vide avec une lumière monochromatique. L'énergie d'extraction d'un électron du métal cathodique est $3.10^{-19}\,J$. La longueur d'onde de la radiation est $0{,}600\,\mu m$.
1) Quelle est l'énergie cinétique maximale $E_{cmax}$ d'un électron émis ?
2) Quelle est la vitesse maximale $V_{max}$ d'un électron émis ?

**Exercice 3 :** Travail d'extraction- détermination de la nature d'un métal
Une surface métallique est éclairée par une lumière ultraviolette de longueur d'onde $\lambda$ = 0,150 $\mu$m.
Elle émet des électrons dont l'énergie cinétique est égale à 4,85 eV.
1) Calculer le travail d'extraction $W_0$.
2) Quelle est la nature du métal ?

| Métal | Zn | Al | Na | K | Sr | Cs |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Seuil photo-électrique $\lambda_0$ $(\mu m)$ | 0,350 | 0,365 | 0,500 | 0,550 | 0,600 | 0,660 |

**Exercice 4 :** Seuil photo-électrique-travail d'extraction-vitesse des électrons
1) Décrire une cellule photoélectrique dite cellule photoémissive à vide.
Dessiner un schéma de montage à réaliser pour mettre en évidence l'effet photoélectrique en utilisant cette cellule.
2) La longueur d'onde correspondante au seuil photoélectrique d'une photocathode émissive au césium est $\lambda_0 = 0{,}66\,.10^{-6}\,m$.
a) Quelle est en joules et en eV l'énergie d'extraction $W_0$ d'un électron ?
b) La couche de césium reçoit une radiation monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0{,}44.10^{-6}\,m$.
Déterminer l'énergie cinétique maximale $E_c$ d'un électron émis au niveau de la cathode. L'exprimer en joules puis en eV.

**Exercice 5 :** Seuil photo-électrique-travail d'extraction-vitesse des électrons
L'ensemble de deux radiations, l'une orange de longueur d'onde $\lambda_1$ = 0,60 $\mu$m, l'autre rouge de longueur d'onde $\lambda_2$ = 0,75 $\mu$m éclaire une cellule photoélectrique à vide à cathode de césium dont le seuil photoélectrique est $\lambda_0$ = 0,66 $\mu$m.
1) Faire un schéma du montage à réaliser pour mettre en évidence le courant photoélectrique. Expliquer.
2) Calculer en joule et en électronvolt l'énergie nécessaire à extraction d'un électron de la cathode.
3) L'effet photoélectrique va-t- il avoir lieu ? Les deux radiations sont-elles utiles ?
4) Calculer l'énergie cinétique maximale d'un électron expulsé par la cathode. En déduire sa vitesse maximale.



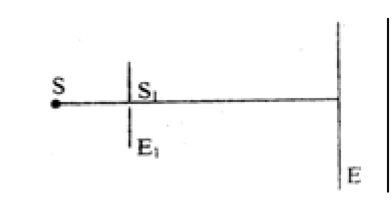

**Exercice 6 :** Détermination expérimentale de la fréquence seuil et de la constante de Planck h
On éclaire une cellule photo-électrique avec des radiations de longueur d'onde $\lambda$ et on détermine l'énergie cinétique maximale des électrons émis pour chaque valeur de $\lambda$. On obtient les résultats suivants :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $E_c$ ( $10^{-19}$ J) | 0,45 | 1,00 | 1,77 | 2,43 | 3,06 |
| $\lambda$ ($10^{-6}$ m) | 0,500 | 0,430 | 0,375 | 0,330 | 0,300 |

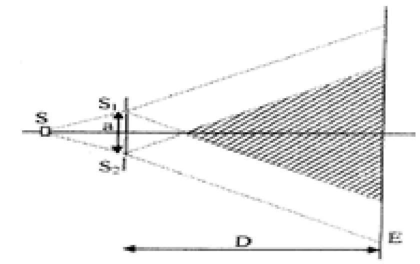
1) En choisissant une échelle convenable, tracer le graphe $Ec = f(\nu)$ où ν est la fréquence de la radiation monochromatique.
2) A partir du graphe, déterminer la fréquence seuil $\nu_0$ (que l'on définira) et la constante de Planck h.

**Exercice 7 :** Dualité onde-corpuscule

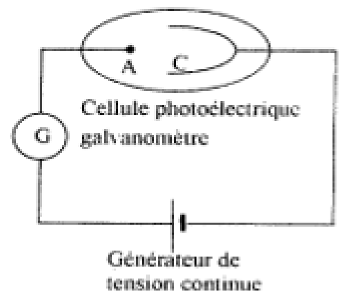
1) On réalise l'expérience représentée par la figure ci-contre.




S est une source lumineuse qui émet une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda$. Si est un trou circulaire de diamètre $d_1 = \lambda$ percé sur l'écran $E_1$ et E est l'écran d'observation.
a) Quel phénomène se produit à la traversée de la lumière en $S_1$ ?
b) Recopier le schéma et dessiner le faisceau émergent de $S_1$. En déduire l'aspect de l'écran.
2) On perce un deuxième trou $S_2$ identique à $S_1$ sur l'écran $E_1$ et on réalise le dispositif schématisé sur la figure ci-contre. Les traits en pointillés représentent les limites des faisceaux lumineux issus de S, $S_1$ et $S_2$.




a) Décrire ce qu'on observe sur l'écran dans la zone hachurée.
Quel est le nom du phénomène physique mis en évidence par cette expérience ?
b) A partir de cette expérience, justifier la nature ondulatoire. de la lumière
c) La longueur occupée sur l'écran E par 10 interfranges est $l = 5{,}85\ mm$. Calculer la longueur d'onde $\lambda$, de la lumière émise par la source S.
On donne : $a = S_1S_2 = 2mm$ ; $D = 2m$
3) On réalise maintenant le dispositif de la figure ci-contre.
a) Le galvanomètre détecte-t-il le passage d'un courant si la cathode n'est pas éclairée ? Justifier votre réponse.




b) On éclaire la cathode C de la cellule par la lumière issue de la source S précédente. Le travail d'extraction du métal constituant la cathode est de $W_0 = 1{,}9$ eV.
- Que se passe-t-il ? Interpréter le phénomène physique mis en évidence par cette expérience ?
- Quel est le modèle de la lumière utilisée pour justifier cette observation ? Interpréter brièvement cette observation.
- Evaluer la vitesse maximale des électrons émis de la cathode.

c) Expliquer brièvement la complémentarité des deux modèles de la lumière.

**Données :**
Constante de Planck : $h = 6{,}63.10^{-34}\ J.s$ ; vitesse de la lumière dans le vide $c = 3.10^8 m.s^{-1}$
Charge élémentaire $e = 1{,}6.10^{-19}\ C$ ; masse de l'électron $m_e = 9{,}1.10^{-31}\ kg$ (Extrait Bac S2 2003)

# NIVEAUX D'ENERGIE DE L'ATOME

**Données :**

Permittivité du vide : $\varepsilon_0 = 8{,}854.10^{-12}\,SI$ : Constante de Planck : $h = 6{,}62.10^{-34}\,J.s$ Masse de l'électron $m = 9{,}11.10^{-31}\,kg$ : Charge élémentaire $e = 1{,}6.10^{-19}\,C$ . Célérité de la lumière dans le vide $C = 3.10^{8}\,m.s^{-1}$ : 1eV=1,602.$10^{-19}$J.

**Exercice 1**

L'énergie de niveau n de l'atome d'hydrogène est donnée par $E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$ $(E_n\ en\ eV\ et\ n \in \mathbb{N}^*)$

1) Quelle est l'énergie correspondant au niveau fondamental de l'atome ?

2) Une transition d'un niveau 4 à un niveau 2 peut-elle se faire par absorption ou par émission d'un photon ? Quelle est l'énergie du photon ?

3) Lorsque l'atome est dans son état fondamental, quelle est la plus grande longueur d'onde λ des radiations qu'il peut absorber ? A quel domaine spectral appartient λ ?

4) Quelle est l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène ?

5) On envoie sur des atomes d'hydrogène dans l'état fondamental différents photons, d'énergies respectives : 8,2 eV ; 10,2 eV ; 13,6 eV ; 14,6 eV.

Quels sont les photons pouvant être absorbés ? Quel est l'état final du système ?

**Exercice 2**

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène H sont donnés par : $E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$ $(E_n\ en\ eV\ et\ n \in \mathbb{N}^*)$

1) Représenter les cinq premiers niveaux sur un diagramme (échelle 1 cm ↔ 1 eV). Quelle est l'énergie minimale de l'atome d'hydrogène ? A quoi correspond-elle ?

2) Donner l'expression littérale de la longueur d'onde $\lambda_{p,m}$, de la radiation émise lors de la transition électronique du niveau n = p au niveau n = m en expliquant pourquoi on a p > m.

3) L'analyse du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène montre la présence des radiations de longueurs d'onde : $H_\alpha = 656{,}28\,nm, H_\beta = 486{,}13\,nm\ et\ H_\gamma = 434{,}05\,nm.$

Ces radiations sont émises lorsque cet atome passe d'un état excité $p > 2$ à l'état $n = 2$.

a) Déterminer les valeurs correspondantes de p.

b) Balmer, en 1885, écrivait la loi de détermination de ces raies sous la forme : $\lambda = \lambda_0 \frac{p^2}{p^2-4}$

Retrouver cette loi et déterminer la valeur $\lambda_0$. (Extrait Bac S1S3 2001)

**Exercice 3**

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation : $E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$ $(E_n\ en\ eV\ et\ n \in \mathbb{N}^*)$

L'atome d'hydrogène est dans son état fondamental.

1) Déterminer l'énergie minimale nécessaire pour ioniser l'atome d'hydrogène. En déduire la longueur d'onde du seuil ($\lambda_0$) correspondante.

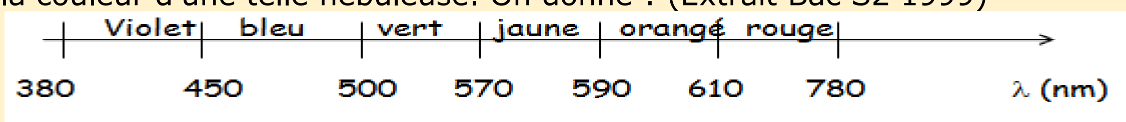
2) a) Dire dans quel(s) cas la lumière de longueur d'onde $\lambda_i$ est capable

- d'ioniser l'atome d'hydrogène.
- d'exciter l'atome d'hydrogène sans l'ioniser.

b) Parmi les longueurs d'onde $\lambda_i$ suivantes lesquelles sont susceptibles d'ioniser l'atome ? En déduire l'énergie cinétique de l'électron éjecté : $\lambda_1$ = 88 nm ; $\lambda_2$ = 121 nm ; $\lambda_3$ = 146 nm

c) Quelles sont les longueurs d'onde absorbables par l'atome parmi les longueurs d'onde $\lambda_1$, $\lambda_2$ et $\lambda_3$ ?

3) La lumière émise par certaines nébuleuses contenant beaucoup d'hydrogène gazeux chauffé mais à basse pression, est due à la transition électronique entre les niveaux 2 et 3. Déterminer la couleur d'une telle nébuleuse. On donne : (Extrait Bac S2 1999)




**Exercice 4 :** (Extrait Bac S2 2002)

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation : $E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$ $(E_n\ en\ eV\ et\ n \in \mathbb{N}^*)$

1) Evaluer, en nanomètre, les longueurs d'onde des radiations émises par l'atome d'hydrogène lors des transitions :
a) Du niveau d'énergie $E_3$ au niveau d'énergie $E_1$ (longueur d'onde : $\lambda_1$).
b) Du niveau d'énergie $E_2$ au niveau d'énergie $E_1$ (longueur d'onde $\lambda_2$).
c) Du niveau d'énergie $E_3$ au niveau d'énergie $E_2$ ; (longueur d'onde $\lambda$).
2) Une ampoule contenant de l'hydrogène est portée à la température de 2800° K. Les atomes sont initialement dans leur état fondamental. Une lumière constituée des 3 radiations de longueurs d'onde $\lambda_1$, $\lambda_2$, $\lambda$, traverse ce gaz.
Quelles sont les radiations absorbées par l'hydrogène contenu dans cette ampoule ? (Justifier).
3) a) Montrer que pour une transition entre un état, de niveau d'énergie. $E_p$, et un autre, de niveau d'énergie inférieur $E_n$ ($p > n$), la relation donnant la longueur d'onde $\lambda$ de la radiation émise est : $\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2}\right)$
Dans cette relation, $R_H$ est une constante appelée constante de RYDBERG.
b) Calculer la valeur de la constante $R_H$.
4) La série de Lyman comprend les radiations émises par l'atome d'hydrogène excité ($n \geq 2$) lorsqu'il revient à son état fondamental. ($n = 1$).
Evaluer, en nm, l'écart $\Delta\lambda$ entre la plus grande et la plus petite longueur d'onde des raies de la série de Lyman.

**Exercice 5**

L'expression donnant les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène est $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ ($E_n$ $en\ eV\ et\ n \in \mathbb{N}^*$).
1) Schématiser à l'aide de deux niveaux d'énergie $E_p$ et $E_q$ ($E_p > E_q$) la transition correspondant à l'émission d'un rayonnement par un atome. Ecrire le bilan «énergétique correspondant.
2) Donner et justifier la valeur de n correspondant à l'état fondamental. En déduire la valeur de l'énergie de cet état.
3) Déterminer l'énergie minimale, en eV, qu'il faut fournir à l'atome d'hydrogène pour l'ioniser dans les cas suivants : - l'atome est initialement dans son état fondamental ; - l'atome est dans son état correspondant au niveau d'énergie n=2.
4) Construire les six premiers niveaux de l'atome d'hydrogène ; on prendra 1cm pour 1eV.
5) La série de Lyman correspond à des transitions à partir d'un niveau excité d'énergie En vers l'état fondamental. Les longueurs d'onde $\lambda_n$ sont telles que : $\frac{1}{\lambda_n} = R_H\left[1 - \frac{1}{n^2}\right]$, où $R_H$ est la constante de Rydberg.
a) Etablir l'expression de $R_H$ en fonction de h, c et $E_o$.
b) Quelle est la dimension de $R_H$ ? Justifier. Calculer $R_H$.
c) Calculer la plus petite et la plus grande des longueurs d'onde de la série de Lyman.

**Exercice 6** (Bac $TS_2$ 2010)

1859, en collaboration avec R Brunsen, G Kirschhoff publie trois lois relatives à l'émission et à l'absorption de lumière par les gaz, les liquides et les solides. Pour le cas de l'hydrogène, cette émission (ou absorption) de lumière correspondant à des transitions électroniques entre niveaux d'énergie, l'énergie d'un niveau étant donnée par la relation : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}\ avec\ E_0 = 13,6\ eV$ et n est le nombre quantique principal.
1) Préciser, pour l'atome d'hydrogène, le niveau de plus basse énergie correspondant à l'état fondamental.
2) L'atome d'hydrogène peut passer d'un état excité de niveau p à un autre de niveau $n < p$ en émettant des radiations. Exprimer, en fonction de $E_0, h, n\ et\ p$, la fréquence des radiations émises par l'atome d'hydrogène lors de cette transition.
3) Dans certaines nébuleuses, l'hydrogène émet des radiations de fréquences $\nu = 4,57.10^{14}\ Hz$. Ces radiations correspondent à une transition entre un niveau excité d'ordre p et le niveau d'ordre $n = 2$. Déterminer la valeur de p correspondant au niveau excité.
4) Une série de raies correspond à l'ensemble des radiations émises lorsque l'atome passe des différents niveaux excités p au même niveau n. Pour l'hydrogène, on a, entre autres, les séries de raies de Lyman ($n = 1$), de Balmer ($n = 2$) et de Paschen ($n = 3$),

a) Dans une série de raies, la raie ayant la plus grande fréquence dans le vide, est appelée raie limite, et sa fréquence est appelée fréquence limite.
Montrer que pour l'atome d'hydrogène, la fréquence limite d'une série de raies est donnée par : $\nu_{lim} = \frac{E_0}{hn^2}$
b) Calculer la fréquence limite pour chacune des séries de Lyman, de Balmer et de Paschen.

**<u>Exercice 7</u>** (Bac $TS_1$, $S_3$ 2010)

*Le spectre d'émission d'un élément permet de reconnaître celui-ci partout où il se trouve même à l'état de traces. C'est le principe de l'analyse spectrale qui, en astrophysique, fournit des renseignements précieux sur les astres.*

On considère un « hydrogénoïde » contenant Z protons dans son noyau autour duquel gravite un seul électron appelé « électron optique », de masse m et de charge $-e$.
La masse du noyau est M et sa charge $+Ze$.
1) On admet que le noyau N est fixe, tandis que l'électron décrit une orbite circulaire de centre N, de rayon r
a) Donner l'expression de la force d'attraction électrostatique qui agit sur l'électron et montrer que le mouvement de l'électron est uniforme.
b) Montrer que l'énergie cinétique de l'électron sur une orbite de rayon r est donnée par l'expression
$E_c = \frac{Z.e^2}{8\pi\varepsilon_0 r}$ et que l'énergie potentielle est donnée par $E_p = -\frac{Z.e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$
En déduire que l'énergie totale de l'électron donc l'atome (N fixe) $E = -\frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r}$
2) Pour interpréter le spectre de raies de la série de Balmer. Bohr introduit la condition de quantification du moment cinétique : $E = m.V.r = n\frac{h}{2\pi}$
a) Quels sont alors les rayons rn d'orbites possibles de l'électron ?
b) Calculer $r_1 = a_0$ : rayon de la première orbite de Bohr ($n = 1$ ; $Z = 1$)
3) En tenant compte de la quantification des rayons rn et de l'expression de l'énergie E du système atomique proposé, donner l'expression de En en fonction, $Z, m, e, h, \varepsilon_0$ et n et montrer que $E_n$ et quantifiée.
4) Le calcul de constantes figurant dans l'expression de En établit conduit à écrire $E_n = -\frac{13{,}6\,Z^2}{n^2}\ (eV)$
Calculer l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène (Z = 1), de l'hélium ionisé $He^+$ ($Z = 2$) et du
Lithium ionisé $Li^{2+}$ ($Z = 3$) ; à partir de l'état fondamental n = 1.
5) Les radiations monochromatiques émises dans le visible et le proche ultraviolet par l'atome d'hydrogène, constituent la série de Balmer. Les longueurs d'onde de ces raies sont (exprimées en angström) vérifient la relation suivante.

$$\lambda = \frac{\lambda_0 n^2}{n^2 - 4}, \text{n : étant un entier et } \lambda_0 = 3645\ \text{A}^o$$

a) Indiquer la plus petite valeur possible de n et en déduire la longueur d'onde de la raie correspondante.
b) Quels sont le nombre et les longueurs d'onde des raies visibles de ce spectre, si ce dernier est limité du côté de l'ultraviolet par la longueur d'onde $\lambda_v = 4000\ A^0$ du violet ?

**<u>Exercice 8 :</u>** ($TS_1$, $S_3$ 2015)

1) Pour interpréter les spectres d'émission et d'absorption de l'atome d'hydrogène, Bohr a proposé l'existence dans l'atome d'hydrogène de niveaux d'énergie exprimés par la relation :
$E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ où n est entier naturel positif et $E_0 = 13{,}6\ eV$..
Les radiations émises ou absorbées par l'hydrogène sont dues aux transitions d'un niveau d'énergie à un autre.
a) Montrer que la longueur d'onde λ d'une radiation correspondant à une transition électronique d'un niveau $n$ à un niveau inférieur $p$ est donnée par la relation $\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ où $R_H$ est une constante dont on précisera l'expression.
b) $R_H$ est la constante de Rydberg. Calculer sa valeur dans le système International (0,5 pt)

c) Calculer la longueur d'onde la plus petite des radiations que peut émettre l'atome d'hydrogène et la fréquence correspondante.
d) Calculer en électronvolts, l'énergie d'ionisation d'un atome d'Hydrogène dans son état fondamental.
2) Le spectre d'émission d'une lampe à hydrogène présente une série de radiations situées dans le
visible et parmi lesquelles les radiations de longueur d'onde $\lambda_1 = 486,1\,nm\ et\ \lambda_2 = 434,1\,nm$
a) Cette série de radiations correspond à des transitions décroissantes arrivant sur le même niveau inférieur $p = 2$. Déterminer les niveaux d'énergie de départ pour les transitions correspondant respectivement à $\lambda_1\ et$ à $\lambda_2$.
b) Calculer la longueur d'onde la plus petite pour cette série de radiations.
3) Dans un gaz, les atomes d'hydrogène sont à l'état fondamental.
a) Parmi les photons de longueurs $\lambda_3 = 102,6\,nm\ et$ à $\lambda_4 = 100,9\,nm$ lequel est susceptible d'être absorbé par les atomes d'hydrogène ? Justifier la réponse.
b) On envoie des photons d'énergie $14,9\,eV$. Que va-t-il se produire ? Justifier.

**Exercice 9 :** ($TS_1$, $S_3$ 2017)

*Le mercure, métal mythique du Moyen Age, est le seul métal liquide à température ambiante. Il est indissociable de l'or, qu'il permet de purifier. Ce métal de symbole chimique Hg, est utilisable pour la fabrication de thermomètres, de lampes, en plombages et dans d'autres activités.*

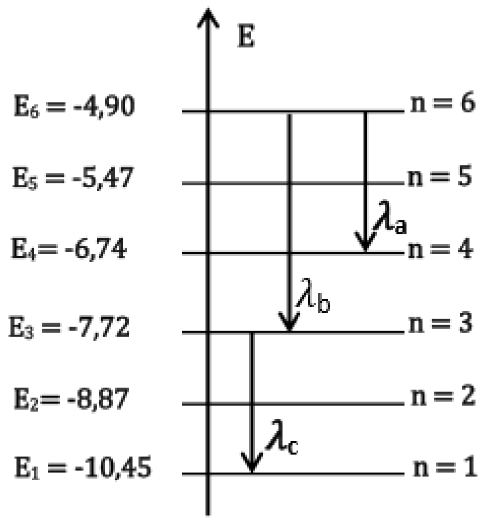
Le document ci-après représente quelques niveaux d'énergie de l'atome de mercure. L'énergie d'un niveau n est noté $E_n$ ; le niveau n = 1 correspond à l'état fondamental.

**5.1.** A partir du document 4, déterminer :

**5.1.1.** l'énergie des photons émis lors des transitions indiquées,

**5.1.2**. les valeurs des longueurs d'onde $\lambda_a$, $\lambda_b$ et $\lambda_c$.
On précisera le domaine spectral auquel appartient chaque longueur d'onde (se référer au document 5).

On donne : $h = 6,62.10^{-34}\,J.s^{-1}$ ; $1eV = 1,6.10^{-19}\,J$ ;
vitesse de la lumière dans le vide : $C = 3.10^{8}\,m.s^{-1}$



Document 4

**5.2.** Une source S émet une radiation lumineuse de longueur d'onde $\lambda_1$ et éclaire deux fentes fines de Young $F_1$ et $F_2$ distantes de a. La source S est à égale distance de ces deux fentes. On place un écran (E), parallèle au plan des fentes et situé à une distance D de celui-ci (document 6). On donne : a = 2 mm ; D = 486 mm.

**5.2.1.** Donner les conditions d'obtention du phénomène d'interférences.

**5.2.2.** Le point O de l'écran, origine de l'axe parallèle à $F_1F_2$, est sur la droite bissectrice de $F_1F_2$. M est un point de l'écran (E) d'abscisse x.

**5.2.2.1.** Etablir l'expression de la différence de marche $\delta$ entre deux rayons lumineux issus de $F_1$ et $F_2$ arrivant en un point M(x) en fonction de a, D et x.

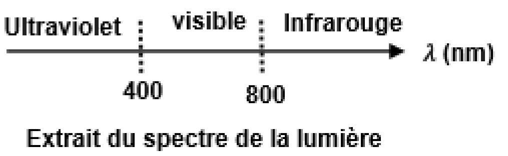
**5.2.2.2.** En déduire l'expression donnant les abscisses des points de l'écran situés sur une frange obscure.

**5.2.2.3.** La distance séparant la 5$^{ème}$ frange brillante et la 3$^{ème}$ frange sombre de part et d'autre de la frange centrale compté zéro est d = 1,024 mm. En déduire la valeur de $\lambda_1$ .

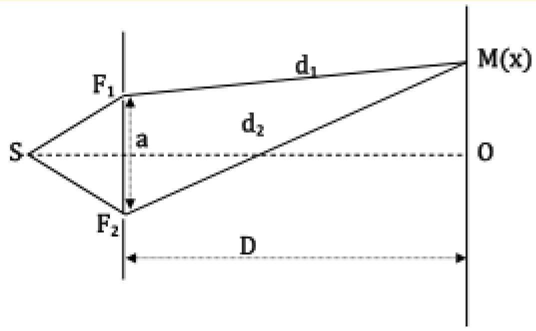
**5.3.** La source S émet simultanément la radiation de longueur d'onde $\lambda_1$ calculée précédemment et une autre radiation de longueur d'onde $\lambda_2$ telle que $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 1{,}5$.

**5.3.1.** Au point O de l'écran, on a une superposition des franges brillantes correspondant aux deux radiations. A quelle distance $\ell_1$ du centre O de l'écran a-t-on pour la première fois une superposition entre les franges brillantes ?

**5.3.2.** Peut-on observer une extinction totale sur l'écran? Justifier la réponse.




Document 5




Document 6

# REACTIONS NUCLEAIRES

**Exercice 1 :** Pile atomique ou réacteur nucléaire

Dans une « pile atomique », une des réactions courantes est la suivante :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{Z}Xe + x^{1}_{0}n$$

1) Déterminer, en les justifiant, les valeurs de Z et de x.
2) Calculer la perte de masse.
b) Calculer, en joule et en MeV, l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235
3) Calculer l'ordre de grandeur de l'énergie libérée par la fission de 5 g d'uranium 235.
4) Calculer la masse de pétrole libérant, par combustion, la même énergie.

Données : Masses atomiques des nucléides

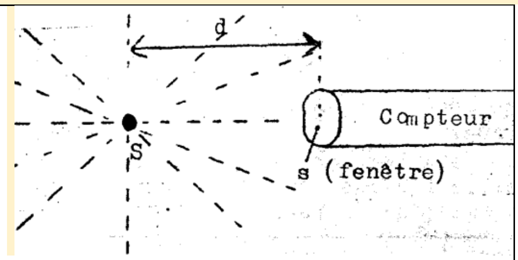
| Nucléides | $^{235}U$ | $^{94}Sr$ | $^{140}Xe$ | $^{1}_{0}n$ |
|---|---|---|---|---|
| Masses(en u) | 235,043 92 | 93,915 36 | 139,91879 | 1,0086611 |

Pouvoir calorifique du pétrole : 42 $MJ.kg^{-1}$ ; 1 MeV = 1,602 2. $10^{-13}$ J
c = $3.10^{8}$ $m.s^{-1}$ ; $N_A$ = $6{,}022.10^{23}$ $mol^{-1}$

**Exercice 2 :** Comptage de rayonnements radioactifs

Une source radioactive S était constituée initialement de vanadium $^{52}_{23}V$ pur. Ce nucléide radioactif est émetteur $\beta^-$. Le noyau fils obtenu $^{52}_{24}Cr$ est stable.

Dans l'échantillon, la radioactivité n'est donc due qu'aux noyaux de vanadium.




La source S, quasi ponctuelle est placée à d = 5 cm de la fenêtre O d'un compteur Geiger. La source S, quasi ponctuelle est placée à d = 5 cm de la fenêtre O d'un compteur Geiger.
La surface de la fenêtre est s = 4 $cm^2$.
On néglige l'absorption par l'air et on admet le compteur ne détecte que es électrons émis et que la source émet de la même manière dans toutes les directions.
1) Le compteur évalue le nombre a d'électrons qui passent par la fenêtre par seconde. Après avoir défini A, activité de la source S mesurée en becquerel, montrer que A = 78,5 a.
On rappelle que la surface d'une sphère de rayon R est $4\pi R^2$
2) On relève à t = 0 puis toutes les 20 secondes le nombre a. On trouve la série valeurs suivantes :

| t(s) | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | 62 | 58 | 55 | 52 | 48 | 46 | 43 | 40 | 38 | 36 |

| t(s) | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | 33 | 31 | 30 | 28 | 26 | 25 | 23 | 22 | 20 |

a) Tracer la courbe donnant a en fonction du temps a = f(t) et en déduire la période radioactive (ou demi-vie) du Vanadium 52.
Echelles : 1 cm pour 20 s en abscisse, 1 cm pour 5 électrons reçus en ordonnée.
b) Calculer l'activité $A_0$ à t = 0. Au bout de quel temps après le début du comptage, l'activité A de la source est-elle égale à A = 2433 Bq ?
3) Calculer la constante radioactive $\lambda$ du vanadium 52. En déduire le nombre de noyaux de $^{52}_{23}V$ contenus dans la source au début du comptage. (Extrait Bac D 1992)

**Exercice 3 :** Célérité de la lumière $c = 3.10^{8}\, m.s^{-1}$ ; $1\,u = \frac{1}{6}.10^{-26}\, kg$

L'isotope $^{235}_{92}U$, que l'on trouve dans l'uranium naturel, est fissile selon la réaction :

$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{139}_{x}Xe + ^{y}_{38}Sr + 2^{1}_{0}n$

1) Calculer x et y.

2) L'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235 est 200 MeV. Déterminer la variation de masse m que subit le système, en kg et en u (unité de masse atomique).

3) Un neutron émis lors de cette fission possède une vitesse moyenne $v_0$ = 20000 km.s$^{-1}$. Afin que la fission puisse se reproduire et s'entretenir, il faut ralentir ces neutrons grâce à des chocs successifs sur d'autres noyaux supposés, initialement au repos, de façon que la vitesse finale au bout d'un nombre n de chocs soit, au plus $v_n$ = 3,94 km.s$^{-1}$.

NB : On supposera les chocs élastiques et les vitesses colinéaires.

a) Soit m la masse d'un neutron et M la masse du noyau contre lequel se produit le choc. Exprimer, en fonction de m, M et $v_0$, la vitesse de ce neutron après le premier choc.

b) Exprimer, en fonction de m, M et $v_0$ les vitesses $v_2$, $v_3$ … $v_n$ du neutron après 2, 3, .. . n chocs successifs.

b) Calculer le nombre n de chocs nécessaires pour obtenir la vitesse finale v si les chocs ont lieu sur des noyaux de deutérium de masse M = 2 m.

4) Une centrale nucléaire utilisant la fission de l'uranium 235 fournit une puissance électrique de 2,4 MW. Sachant que 30 % de l'énergie libérée lors de la fission est transformée en énergie électrique, calculer la masse d'uranium 235 consommée par jour. (Extrait Bac C 1995)

**Exercice 4:** Famille radioactive - Détermination de l'âge d'un minerai

L'uranium 238 est le précurseur d'une famille radioactive aboutissant au plomb 206 par une série de désintégrations α et de désintégrations $\beta^-$.

1) Ecrire l'équation-bilan générale de la désintégration α.

2) Ecrire l'équation-bilan générale de la désintégration $\beta^-$.

3) Déterminer le nombre de désintégrations $\alpha$ et le nombre de désintégrations $\beta^-$ pour passer de $^{238}_{92}U$ à $^{206}_{82}Pb$

4) La dernière désintégration est de type α et provient d'un noyau père de polonium (Po).

a) Calculer, en MeV l'énergie libérée par cette désintégration.

b) En admettant que cette énergie se retrouve intégralement en énergie cinétique pour la particule α, calculer sa vitesse.

c) L'atome de polonium étant initialement immobile, en déduire la vitesse de recul du noyau fils. Justifier l'approximation faite à la question 4.b)

5) En considérant qu'au moment de la formation du minerai d'uranium 238, il n'y avait aucune trace de plomb 206 et que les durées de vie des noyaux intermédiaires sont suffisamment courtes pour être négligées durant la période radioactive la plus longue (T = 4,5.10 ans), déterminer l'âge d'un échantillon contenant à présent 15,00 g d'uranium et 150 mg de plomb.

Données : Les masses atomiques sont les suivantes :

NB : En dehors du calcul du défaut de masse, pour les autres questions où l'on aura des masses molaires, on prendra pour chaque élément la valeur entière la plus proche.

$^{206}_{82}Pb$: 205,9745 u

Po : 209,9829 u

α : 4,0015 u

Les constantes ou valeurs de conversion sont :

1 u =931,5 MeV/c$^2$ ; célérité de la lumière dans le vide c = 3,00.10$^8$ m.s$^{-1}$

1 MeV = 1,6.10$^{-13}$ J ; N = 6,02.10$^{23}$ mol$^{-1}$ ; $M_U$ = 238 g. mol$^{-1}$

* ln 2 ≈ 0,693 et si ε <<1, ln (1 + ε) ≈ ε (Extrait Bac S1S3 1998)

Exercice 5 : Energie libérée par une réaction nucléaire

N.B : On utilisera exclusivement les données de l'énoncé.

1) Définir ce qu'est la fission et la fusion. Illustrer chaque définition par un exemple.

2) Dans une centrale nucléaire, l'une des réactions de l'uranium 235 peut se résumer ainsi :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{54}Xe + \ldots..?$$

Compléter l'équation de la réaction.

3) Quelle est l'énergie libérée lorsqu'un noyau d'uranium est consommé ? L'exprimer en MeV et en J.

On donne les énergies de liaison par nucléon ($E_{l/A}$)

| $^{A}_{Z}X$ | $^{235}_{92}U$ | $^{94}_{38}Sr$ | $^{140}_{54}Xe$ |
|---|---|---|---|
| $E_{l/A}$ (MeV / nucleon) | 7,4 | 8,4 | 8,2 |

Au besoin, la masse d'un nucléon est 1 u = 1,66. $10^{-27}$ kg.

4) Cette centrale nucléaire utilisant la fission de l'uranium 235 fournit une puissance électrique de 900 Mégawatt (900MW). Le rendement de la transformation d'énergie nucléaire en énergie électrique est de 30 %. En considérant qu'un atome d'uranium 235 dégage en moyenne une énergie de 200 MeV,calculer :

a) le nombre de fissions par seconde se produisant dans la centrale nucléaire.

b) la masse d'uranium 235 qu'il faut utiliser pour faire fonctionner cette centrale durant une année.

(On l'exprimera en tonnes). (Extrait Bac S1S3 2000)

**Exercice 6** : Famille de l'uranium 238 – Activité radioactive

On donne :

| Nucléide X | $_{80}Hg$ | $_{82}Pb$ | $_{83}Bi$ | $_{84}Po$ |
|---|---|---|---|---|
| Masse du nucléide : $m_x$ | 203,9735 u | 205,9745 u | 208,9804 u | 209,9829 u |

$m_\alpha$ =4,0026 u ;1 u = 1,66. $10^{-27}$ kg=931,5 MeV/$c^2$ ; 1Ci=3,7. $10^{10}$ Bq ; N = 6. 1.$10^{23}$ mol.$L^{-1}$.

1) L'uranium $^{238}_{92}U$ se désintègre avec ses «descendants» en émettant des particules α ou $\beta^-$. Calculer le nombre de désintégrations $\alpha\ et\ \beta^-$, sachant qu'on aboutit au $^{206}$Pb. Comment appelle-t-on l'ensemble des noyaux issus de l'uranium $^{238}$U (lui même compris) ?

2) Le plomb $^{206}$Pb peut être obtenu par une désintégration α d'un noyau X avec une période T = 138 jours.

a) Ecrire l'équation-bilan de cette désintégration et identifier le noyau X.

b) Calculer en MeV puis en Joule l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau X.

3) On part d'un échantillon de 4,2 g de X.

a) Calculer l'activité $A_o$ de cet échantillon. L'exprimer en Becquerel puis en Curie.

b) Quelle est l'activité de cet échantillon au bout de 69 jours ?

c) Quelle masse de cet échantillon se désintègre-t-il au bout de 552 jours ? (Extrait Bac S2 2001)

**Exercice 7 :** Radioactivité $\beta^-$ Activité

Le nucléide $^{108}_{47}$Ag est radioactif $\beta^-$.

1) Écrire l'équation de cette réaction nucléaire en précisant les règles utilisées.

2) Préciser le symbole du noyau fils et donner la composition de son noyau.

On donne un extrait de la classification des éléments :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $_{43}$Tc | $_{44}$Ru | $_{45}$Rh | $_{46}$Pd | $_{47}$Ag | $_{48}$Cd | $_{49}$In |

3) Donner sans démonstration la formule traduisant la loi de décroissance radioactive en indiquant la signification de chacun des termes.

4) Définir la période radioactive T.

5) Établir l'expression de la constante radioactive λ en fonction de T.

6) On étudie l'évolution de l'activité d'un échantillon du nucléide $^{108}_{47}$Ag au cours du temps.

L'activité A est définie par $A = -\frac{dN}{dt}$ et exprimée en becquerels.

(1 becquerel correspond à une désintégration par seconde.)

a) Exprimer l'activité A en fonction du temps. Compléter le tableau de mesures figurant ci-après.

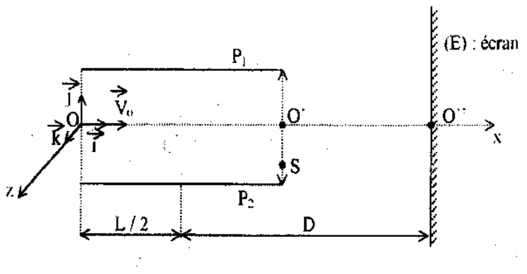
| t (min) | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A (Bq) | 89 | 73 | 63 | 52 | 46 | 39 | 33 | 29 | 24 | 21 | 18 |
| lnA | | | | | | | | | | | |

b) Tracer la courbe représentative ln A =f (t), sur papier millimétré.
<u>Echelles :</u> en abscisses : 1 cm ↔ 0,5 min; en ordonnées : 1 cm ↔ 0,5.
c) En utilisant le graphe tracé, déterminer la constante radioactive λ du nucléide ${}^{108}_{47}Ag$
En déduire sa période radioactive.
d) Quel est le nombre de noyaux initialement présents dans cet échantillon ?

**<u>Exercice 8 :</u>** Réaction nucléaire provoquée

Des particules α de vitesse $\vec{v}_0$ horizontale pénètrent en O entre deux plateaux $P_1$ et $P_2$ parallèles et horizontaux d'un condensateur plan.
La longueur des plateaux est L = 20,0 cm et la distance qui les sépare est d = 5,0 cm.

On applique la tension $U = V_{P1} - V_{P2} = 4,5.10^4$ V entre les plateaux. (Si U = 0 les particules ne sont pas déviés et sortent en O').




1) Donner les caractéristiques du vecteur champ électrostatique $\vec{E}$ supposé uniforme qui règne entre les plaques.
2) Etablir l'équation cartésienne de la trajectoire des particules a dans le repère $(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$.
(On négligera les actions de la pesanteur).
3) Sachant que les particules à sortent du champ électrostatique en un point S d'ordonnée $Y_s$ = -2,15 mm, calculer la valeur $v_0$) de la vitesse initiale.
4) En fait les particules α en question sont produites à partir de noyaux de lithium en bombardant des noyaux de lithium ${}^{7}_{3}Li$ par des protons ${}^{1}_{1}H$, il se produit une réaction nucléaire avec formation uniquement de noyaux d'hélium ${}^{4}_{2}He$ (particule α).
a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction nucléaire.
b) Calculer, en MeV puis en joules, l'énergie libérée par la réaction.
c) En négligeant la vitesse des protons incidents et en supposant que toute l'énergie libérée par la réaction est transformée en énergie cinétique des particules α produites, calculer la valeur de l'énergie cinétique $E_{cα}$ de chacune des particules α (supposées homocinétiques).
En déduire leur vitesse $v_o$. Ce résultat est-il en accord avec celui de la question 3 ?
Données

| Noyau | ${}^{1}_{1}H$ | ${}^{7}_{3}Li$ | ${}^{7}_{3}Li$ |
|---|---|---|---|
| Masse (en u) | 1,0078 | 7,0160 | 4,0026 |

1 u = $1,67.10^{-27}$ kg = 931,5 MeV/$c^2$ ; c = $3,00.10^8$ m/s ; charge élémentaire e = $1,6.10^{-19}$ C
(Extrait Bac S2 2003)

**<u>Exercice 9</u> :** Radioactivité α
<u>Données</u> : h = $6,62.10^{-34}$ J.s

| | |
|---|---|
| m(${}^{210}_{84}Po$) = 209,9368 u | m(${}^{4}_{2}He$) = 4,0015 u |
| m(${}^{206}_{82}Pb$) = 205,9295 u | 1 u = 931,5 Mev/$c^2$ |

Le polonium ${}^{210}_{84}Po$ est radioactif α.
1) Écrire l'équation-bilan de cette désintégration sachant que l'on obtient un noyau de plomb.
2) Calculer en MeV l'énergie libérée au cours de la désintégration du noyau de polonium 210.
3) On suppose que le noyau père est initialement au repos et que l'énergie libérée apparaît sous forme d'énergie cinétique pour la particule α et le noyau fils.
<u>3.a</u>- En utilisant la loi de conservation de la quantité de mouvement, montrer que :

$$\frac{E_C(\alpha)}{E_C(Pb)} = \frac{m_{Pb}}{m_\alpha}$$

3.b- En appliquant la loi de conservation de l'énergie totale du système, calculer $E_c(\alpha)$ et $E_c(Pb)$. Conclure.

4) L'expérience montre que certaines particules $\alpha$ ont une énergie cinétique $E_{c1}(\alpha)$ = 5,30 MeV et d'autres $E_{c2}(\alpha)$ = 4,50 MeV. Interpréter ces valeurs sachant que l'on observe l'existence d'un rayonnement $\gamma$. Calculer sa longueur d'onde $\lambda$.

**Exercice 10 :** Datation au carbone 14

1) Lorsque dans la très haute atmosphère, un neutron $^{1}_{0}n$ faisant partie du rayonnement cosmique rencontre un noyau d'azote $^{14}_{7}N$, la réaction donne naissance à du carbone 14 $^{14}_{6}C^*$
Ecrire l'équation bilan de la désintégration de la réaction.

2) Le carbone 14 $^{14}_{6}C^*$, isotope du carbone 12 est radioactif émetteur $\beta^-$.
Ecrire l'équation bilan de la désintégration du nucléide $^{14}_{6}C^*$.

3) Le végétaux vivants absorbent indifféremment le dioxyde de carbone de l'atmosphère contenant le nucléide $^{14}_{6}C^*$, radioactif de période T = 5570 ans et le dioxyde de carbone contenant le nucléide $^{12}_{6}C$.
La proportion de ces deux isotopes est donc la même dans les végétaux et dans l'atmosphère. Cependant, lorsqu'une plante meurt, elle cesse d'absorber le dioxyde de carbone ; le carbone 14 qu'elle contient, se désintègre alors sans être renouvelé. Le processus d'assimilation s'arrête et la teneur en $^{12}_{6}C^*$ commence à diminuer.
La méthode de datation au carbone 14 suppose que la proportion de carbone 14, dans l'atmosphère, ne varie pas dans le temps.
Des archéologues ont trouvé des pièces de bois très anciennes dans une grotte.
Le rapport des activités d'un échantillon de ces pièces de bois et d'un échantillon du même bois fraîchement coupé est r = 0,77. Déterminer l'âge de ces pièces de bois.

**Exercice 11:** Datation au carbone 14 - Activité

En raison des réactions nucléaires dans la très haute atmosphère, la teneur en carbone 14 dans le dioxyde de carbone atmosphérique reste constante. Cette proportion se trouve dans tous les végétaux vivants, puisque le carbone organique provient du dioxyde de carbone atmosphérique par photosynthèse ; Cependant, lorsqu'une plante meurt, le processus d'assimilation s'arrête et la teneur en $^{14}_{6}C$ commence à diminuer.
Pour dater un morceau de charbon de bois retrouvé dans une grotte préhistorique, on a mesuré son activité, elle est égal à 0,03 Bq. Un échantillon de charbon de bois récent de même masse a une activité de 0,20 Bq.
Le nucléide $^{14}_{6}C$ est radioactif $\beta^-$ Sa période radioactif est de 5730 ans.

1) Ecrire l'équation bilan de la désintégration du nucléide $^{14}_{6}C$. Préciser le symbole et le nom du noyau fils.

2) Calculer L'âge du morceau de charbon retrouvé dans la grotte.

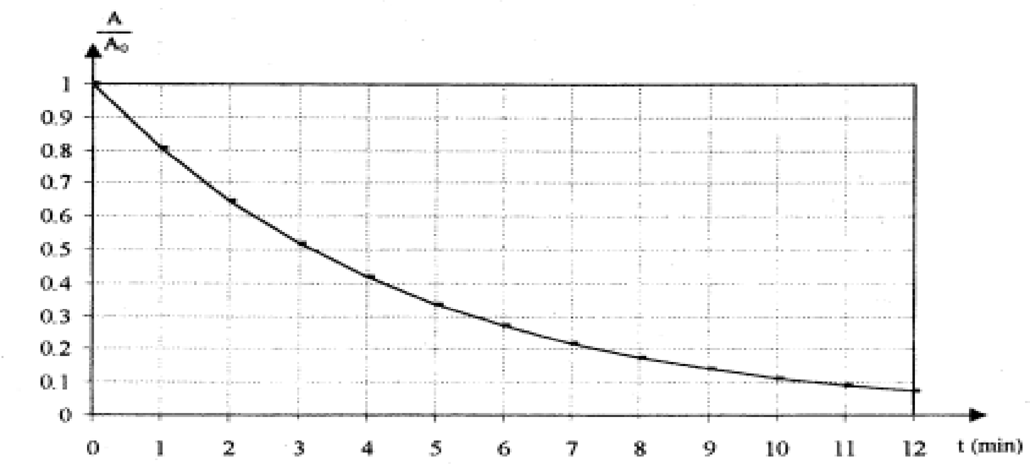
3) Le nucléide $^{52}_{23}V$ (vanadium) subit la même désintégration que celle de $^{14}_{6}C$ avec émission d'un rayonnement ; Le noyau fils correspond à l'élément chrome (Cr).

a) Ecrire l'équation bilan de la désintégration.

b) A l'aide d'un compteur, on détermine le nombre moyen de désintégration $\overline{N}$ pendant une durée constante $\Delta$t = 5 s. Les mesures sont effectuées toutes les deux minutes. Le tableau qui suit donne $\overline{N}$ à différentes dates t.

| t (min) | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\overline{N}$ | 1586 | 1075 | 741 | 471 | 355 | 235 | 155 |
| $\frac{A}{A_0}$ | | | | | | | |

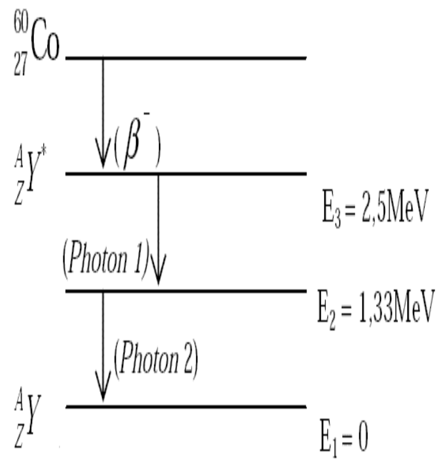
- Rappeler la définition de l'activité A d'une substance radioactive.
- Recopier puis compléter le tableau ci-dessus.
- A partir du graphe $\frac{A}{A_0}$ en fonction de t donné ci-dessous, déduire la période de désintégration du vanadium radioactif. (Extrait Bac S1S3 2003)




**Exercice 12** (Bac TS$_1$, S$_3$ 2013)
Le cobalt $^{60}_{27}Co$ radioélément très utilisé en médecine pour le traitement du cancer (« bombe au cobalt ») est obtenu par bombardement neutronique du cobalt « naturel » $^{59}_{27}Co$.
1) Ecrire l'équation de production du cobalt $^{60}_{27}Co$
2) Le cobalt $^{60}_{27}Co$est radioactif $\beta^-$ et a une constante radioactive $\lambda = 4.10^{-9}\ s^{-1}$.
Ecrire l'équation de la réaction de désintégration de $^{60}_{27}Co$
Extrait de la classification périodique

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $_{25}$Mn | $_{26}$Fe | $_{27}$Co | $_{28}$Ni | $_{29}$Cu |

3) Le noyau fils Y est obtenu à l'état excité d'énergie E$_3$ = 2,50 MeV. Sa désexcitation s'effectue en deux étapes comme indiqué ci-contre.
Calculer les longueurs d'onde $\lambda_1\ et\ \lambda_2$ des deux photons émis au cours de la désexcitation du noyau fils Y.




4) Un centre hospitalier dispose d'un échantillon de « cobalt 60 » de masse $m_0 = 1\ \mu g$
a) Déterminer le nombre de noyau No contenus dans l'échantillon à la date t = 0.
b) Soit N(t) le nombre de noyaux présents dans l'échantillon à la date t. Etablir la relation $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$.
c) Le technicien du laboratoire est chargé de contrôler cette source, tous les ans, en déterminant son activité.
i) Définir l'activité A (t) d'une substance radioactive puis l'exprimer en fonction de A$_o$ (activité à t = 0), λ et t.
ii) Le technicien obtient les résultats suivants

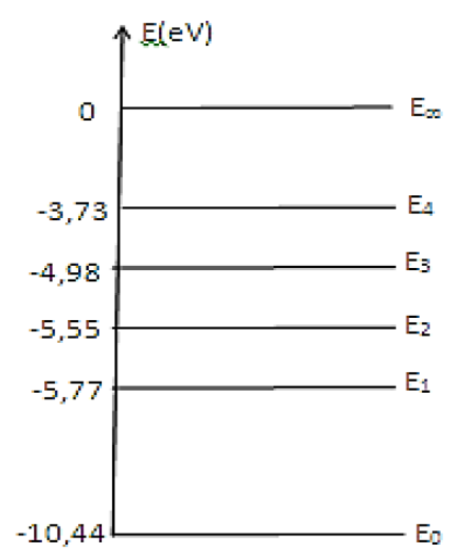
| t(ans) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A $(10^7\ Bq)$ | 3,980 | 3,515 | 3,102 | 2,670 | 2,368 | 2,038 | 1,540 |
| Ln A | | | | | | | |

- Recopier puis compléter le tableau et tracer le graphe ln A = f (t).
- En déduire la constante radioactive l du « cobalt 60 ».

On donne : Constante d'Avogadro $\boldsymbol{N_A = 6,02.10^{23}\ mol^{-1}}$ ; $\boldsymbol{M(^{60}_{27}Co) = 60\ g.mol^{-1}}$
Célérité de la lumière $\boldsymbol{C = 3,00.10^{8}\ m.s^{-1}}$ ; Constante de Planck : $\boldsymbol{h = 6,62.10^{-34}\ J.s}$

**Exercice 13:** Les parties 5.1 et 5.2 sont indépendantes (Bac TS$_2$ 2014)
1) L'élément mercure, traceur isotopique :
*Un «élément traceur» est un «élément» qui, par sa radioactivité, permet de suivre le sort d'une substance, son évolution au cours d'un processus physique, chimique ou biologique.*
On se propose d'étudier la radioactivité de l'isotope mercure 203 $(^{203}_{80}\boldsymbol{Hg})$ qui est un traceur isotopique.
Cet isotope est radioactif $\boldsymbol{\beta^-}$ ; sa période radioactive est T = 46,69 jours.

a) Rappeler la signification du terme ≪radioactivite $\boldsymbol{\beta^-}$ ≫ et écrire l'équation de la réaction de désintégration du mercure 203. On identifiera le noyau fils a partir de l'extrait de tableau de classification périodique joint, en fin d'énoncé.
b) Initialement le nombre de noyaux radioactifs présents est : $\boldsymbol{N_0 = 2,96\,.\,10^{21}}$ noyaux.
Déterminer l'activité $A_0$ de la source radioactive à la date $\boldsymbol{t_0 = 0}$.
c) Déterminer la durée au bout de laquelle l'activité de la source radioactive diminue de $\boldsymbol{0,14\,A_0}$.
2) Sécurisation des billets de banque par le mercure :
Les billets de banque authentiques peuvent être imprègnes de ≪ nano pigments≫ pour être sécurisés.
Cela permet aux caissiers munis d'une lampe a vapeur de mercure en miniature de détecter les faux billets.
Lorsqu'un billet de banque sécurisé est éclairé par une lampe a vapeur de mercure, les ≪nano pigments≫, par fluorescence, se colorent en rouge ou en vert.
La radiation ultraviolette de longueur d'onde $\boldsymbol{\lambda_1 = 253,6\,nm}$ permet d'observer une des couleurs obtenues par fluorescence.
Le diagramme ci-contre représente, sans souci d'échelle, certains niveaux d'énergie de l'atome de mercure.
a) Le spectre d'émission ou d'absorption de l'atome de mercure est-il continu ou discontinu ?
b) Déterminer la transition énergétique responsable de la fluorescence des "nano pigments".
c) Reproduire le diagramme sur votre copie puis représenter là-dessus la transition associée par une flèche.
d) Déterminer la longueur d'onde maximale $\boldsymbol{\lambda_2}$ de la radiation que peut émettre l'atome de mercure en passant de l'état excite a l'état fondamental.
e) Déterminer la longueur d'onde $\boldsymbol{\lambda_3}$ de la radiation émise au cours de la transition $\boldsymbol{E_2 \longrightarrow E_1}$ et établir la relation entre les longueurs d'onde $\boldsymbol{\lambda_1, \lambda_2\ et\ \lambda_3}$




Données :
Constante de Planck : $\boldsymbol{h = 6,62\,.\,10^{-34}\,J.s}$
Célérité de la lumière : $\boldsymbol{C = 3,00.\,10^{8}\,m.s^{-1}}$
1 électron Volt : $\boldsymbol{1\,eV = 1,69.\,10^{-19}\,J}$
Extrait du tableau de classification périodique :

| Platine | Or | Mercure | Thalium | Plomb | Bismuth | Polonium |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $_{78}Pt$ | $_{79}Au$ | $_{80}Hg$ | $_{81}T\ell$ | $_{82}Pb$ | $_{83}Bi$ | $_{84}Po$ |

**<u>Exercice 14</u>** (Bac TS2 2015)
*Face aux besoins sans cesse croissants en énergie électrique, les énergies renouvelables comme l'énergie solaire constituent une alternative très intéressante.*
*De nos jours, à partir de la lumière du Soleil, des panneaux solaires produisent de l'électricité en utilisant l'effet photoélectrique, phénomène mis en évidence par Hertz en 1887.*
*La maîtrise des réactions de fusion analogues à celles qui se produisent naturellement dans le Soleil et les étoiles est le grand défi du $\boldsymbol{XXI}^{\text{ème}}$ siècle pour résoudre les problèmes d'énergie.*
1) Définir l'effet photoélectrique.
2) Pour étudier le phénomène en laboratoire, un expérimentateur utilise une lame de métal de fréquence seuil $\boldsymbol{\nu_S}$.
a) Définir la fréquence seuil.
b) Lorsque le métal choisi est éclairé avec une lumière de fréquence $\boldsymbol{\nu}$, l'énergie cinétique maximale des électrons est $\boldsymbol{E_{c1} = 1,3\,eV}$. Quand on utilise une lumière de fréquence $\boldsymbol{\nu' = 1,5\nu}$ l'énergie cinétique maximale des électrons est $\boldsymbol{E_{c2} = 3,6\,eV}$.
i) Définir le travail d'extraction $\boldsymbol{W_{ext}}$ de l'électron pour un métal donné.
ii) Donner la relation qui existe entre la fréquence v de la lumière incidente, l'énergie cinétique maximale des électrons $\boldsymbol{E_c}$ et le travail d'extraction $\boldsymbol{W_{ext}}$.
iii) En déduire la valeur du travail d'extraction du métal utilisé et celle de sa fréquence seuil.

3) Des réactions de fusion nucléaire se produisent en permanence dans le cœur des étoiles. C'est ainsi que le Soleil rayonne de l'énergie dans l'espace, éclaire et chauffe la Terre. Actuellement, les scientifiques tentent de reproduire et de contrôler sur Terre ce type de réactions à partir du deutérium ${}_1^2\boldsymbol{H}$ naturel et abondant et du tritium ${}_1^3\boldsymbol{H}$.

Dans un laboratoire, on provoque la réaction de fusion d'équation : ${}_1^2\boldsymbol{H} + {}_1^3\boldsymbol{H} \longrightarrow {}_2^4\boldsymbol{He} + {}_Z^A\boldsymbol{X}$

a) Définir la réaction de fusion nucléaire.

b) Identifier la particule ${}_Z^A\boldsymbol{X}$ émise au cours de la réaction et préciser son nom.

c) On s'intéresse à l'énergie libérée par cette réaction de fusion nucléaire.

i) Calculer, en MeV puis en joule, l'énergie libérée lors de la formation d'un noyau d'hélium.

ii) En déduire l'énergie libérée lors de la formation de 1 kg d'hélium. Quelle serait la masse de pétrole qui fournirait la même quantité d'énergie ? Conclure.

iii) Sachant que 2,5% de l'énergie libérée lors de la formation d'un noyau d'hélium se transforme en rayonnement électromagnétique $\boldsymbol{\gamma}$ et le reste en une autre forme d'énergie W

- préciser la forme de l'énergie W.
- déterminer la valeur de la fréquence du rayonnement $\boldsymbol{\gamma}$ émis.

<u>Données</u>

Célérité de la lumière dans le vide : $\boldsymbol{c} = \boldsymbol{3.10^8\ m.s^{-1}}$ ; constante de Planck : $\boldsymbol{h} = \boldsymbol{6,62.10^{-34}\ J.s}$ ;

charge élémentaire $\boldsymbol{e} = \boldsymbol{1,6.10^{-19}\ C}$ ; $\boldsymbol{1\ eV} = \boldsymbol{1,6}.10^{-19}\ J$

Masses des noyaux : $m({}_1^2H) = 2{,}01355\ u$; $m({}_1^3H) = 3{,}01550\ u$ ; $m({}_2^4He) = 4{,}00150\ u$ ; $m({}_Z^AX) = 1{,}00866\ u$

Unité de masse atomique : $1\ u = 1{,}67.10^{-27}\ kg = 931{,}5\ MeV/c^2$

Pouvoir calorifique du pétrole : $42\ MJ.kg^{-1}$

**<u>Exercice 15 :</u>** (Bac $TS_2$ )

Une des principales sources d'exposition de l'homme aux rayonnements ionisants est un élément radioactif naturel, désigné par les scientifiques sous le nom de ''radon 222''. Il se désintègre en émettant des particules $\alpha$. On ne l'observerait pas dans notre environnement s'il ne s'en formait en permanence. Le radon est le seul des descendants de l'uranium à être gazeux, ce qui lui permet de passer dans l'atmosphère en s'échappant des roches du sous-sol. Il peut donc s'infiltrer dans la moindre fissure des constructions et s'accumuler dans les pièces non aérées, comme les caves et les sous-sols. Les sols granitiques, plus riches en uranium, libèrent davantage de radon que les sols sédimentaires.

Au danger du radon s'ajoute celui de ses descendants solides qui, inhalés avec lui sous forme de poussières, émettent des rayonnements ionisants.

**<u>Données :</u>** le tableau suivant donne le numéro atomique, le nom et le symbole de quelques éléments :

| Z | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| symbole | Bi | Po | At | Rn | Fr | Ra | Ac |
| nom | Bismuth | Polonium | Astate | Radon | Francium | Radium | Actinium |

**1.** En vous servant des informations du texte et de l'extrait de classification périodique, écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondant à la désintégration du radon « radon 222 ». On suppose que le noyau fils n'est pas produit dans un état excité.

**2.** Expliquer brièvement pourquoi l'état gazeux du radon le rend dangereux.

**3.** Pour suivre l'évolution de l'activité d'un échantillon de radon 222, on enferme à la date t=0, dans une ampoule, un volume de 0,20 $cm^{-3}$ de radon radioactif à la pression de 0,1bar et à la température de 30°C. Ce gaz monoatomique est considéré parfait.

**<u>Données :</u>** $1bar = 10^{\ 5}Pa$ ; $R = 8{,}314SI$ ; $PV = nRT$

3.1. Calculer le nombre No de noyaux radon présents dans l'ampoule à l'instant initial.

**3.2.** On mesure l'activité A d'une substance radioactive à différentes dates t ; les résultats sont regroupés ci-après.

| **t(jours)** | **0** | **10** | **12** | **20** | **30** | **40** | **50** | **60** | **70** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A(Bq)** | | **$1,65.10^{11}$** | **$1,15.10^{11}$** | **$2,73.10^{10}$** | **$4,51.10^{9}$** | **$7,46.10^{8}$** | **$1,23.10^{8}$** | **$2,03.10^{7}$** | **$3,37.10^{6}$** |

**-3.2.1.** Définir l'activité A d'une substance radioactive et établir l'expression donnant A à une date t en fonction de sa valeur $A_o$ et de la constante radioactive $\lambda$.
**3.2.2.** De l'examen du tableau dire dans quel sens varie l'activité A au cours du temps. Ce sens de variation est-il en accord avec l'expression établie à la question précédente ?
**3.2.3.** La courbe ln= f(t) est représentée ci-dessous. Déterminer par exploitation de la courbe :
**a)** la valeur de la constante radioactive $\lambda$ du radon 222.
**b)** l'activité initiale $A_0$ de l'échantillon étudié
**3.2.4** Quelle valeur de $A_0$ obtient-on par calcul à partir de $\lambda$ et $N_0$ ? Comparer ce résultat avec la valeur déduite de la courbe. Conclure.
Calculer la demi-vie du radon.
**3.2.6.** Calculer le nombre de noyaux de radon 222 Présents dans l'ampoule six mois plus tard. Quel est alors l'activité de l'échantillon en ce moment ? Conclure.