RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL

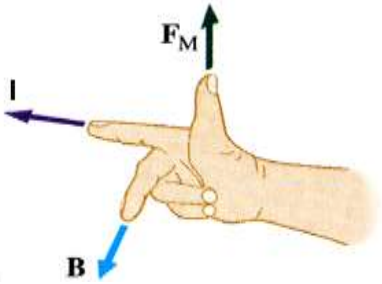
UN PEUPLE – UN BUT – UNE FOI

****

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

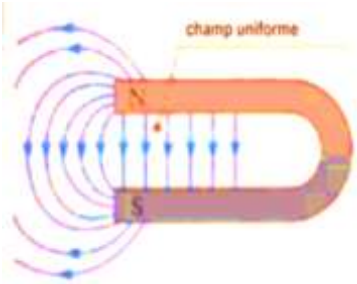
INSPECTION D'ACADEMIE DE DAKAR

PHYSIQUE TERMINALE S



RECUEIL D'EXERCICES

T^{le} S



Mouhammed DIAGNE

Professeur de sciences physiques au Lycée des parcelles Assainies U13 & au CEIDI de sicap Mbao

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

Matériel nécessaire

- 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.

Méthode de travail

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.
   Attention: 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.

Les sciences physiques ne s'acquièrent que par le travail et l'assiduité : on ne polit pas les diamants en les frottant avec du coton.

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/

M.Mouhammed Diagne professeur d'enseignement secondaire au Lycée des parcelle Assainies U13 et au Complexe Islamique Daroul Imane

Contacts : WhatsApp :775219860 Email : diagnensis@yahoo.fr

CINEMATIQUE DU POINT

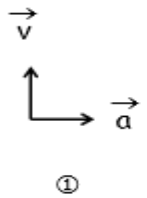
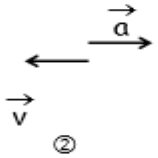
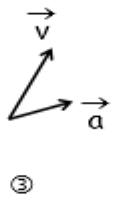
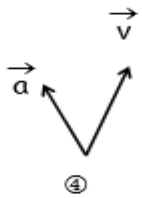
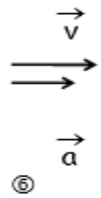
Connaissance du cours

1 Répondre par vrai (V) ou faux (F) en cochant la bonne case

On considère le mouvement d'un mobile décrivant une trajectoire curviligne ou non.

	V	F
a) Le vecteur vitesse est toujours tangent à la trajectoire au point considéré.		
b) Dans un mouvement curviligne, le vecteur accélération peut être tangent à la trajectoire au point considéré.		
c) Une accélération tangentielle nulle implique un mouvement uniforme.		
d) Si $\vec{a} \cdot \vec{v} < 0$, le mouvement est retardé.		
e) Une accélération tangentielle constante implique toujours un mouvement rectiligne uniformément retardé ou accéléré.		
f) Le vecteur accélération normal est toujours dirigé vers l'intérieur d'une trajectoire curviligne		
g) Si, à l'instant t, la vitesse d'un mobile est nulle, alors son accélération est aussi nulle		

2 Sur différentes portions de trajectoires, on a représenté le vecteur vitesse $\vec{v}$ et le vecteur accélération $\vec{a}$ d'un point mobile. A chacun des 6 cas de figures suivantes, remplir la case correspondante en indiquant la nature de la trajectoire (rectiligne, curviligne, circulaire) et la nature du mouvement (uniforme, uniformément accéléré, uniformément retardé, incohérent).

	①	②	③	④	⑤	⑥
						
Nature de la trajectoire						
Nature du mouvement						

3 Répondre par vrai (V) ou faux (F) en cochant la bonne case

Dans un mouvement rectiligne uniforme

	V	F
a) la norme du vecteur vitesse $\|\vec{v}\|$ est constante.		
b) le vecteur vitesse $\vec{v}$ est constant		
c) la norme du vecteur accélération est constant et strictement positive.		
d) le vecteur accélération est normal à la trajectoire au point considéré.		

4 Répondre par vrai (V) ou faux (F) en cochant la bonne case

Dans un mouvement circulaire uniforme

	V	F
a) la norme du vecteur vitesse $\|\|\vec{v}\|\|$ est constante.		
b) le vecteur vitesse $\vec{v}$ est constant.		
c) le vecteur accélération $\vec{a}$ est constant.		
d) l'accélération tangentielle a_T est nul.		
e) la norme du vecteur accélération $\|\|\vec{a}\|\|$ est constante.		
f) le vecteur accélération $\vec{a}$ est normal à la trajectoire au point considéré.		
g) le vecteur accélération est centripète.		
h) la période T du mouvement est proportionnelle à la vitesse V.		

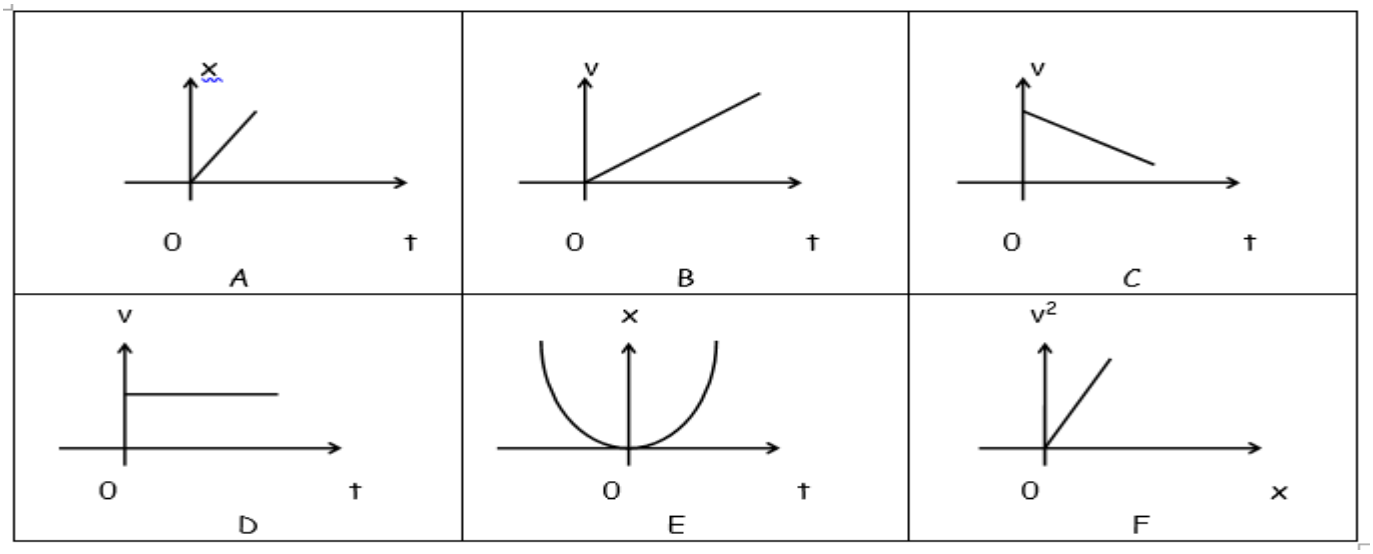
Objectif BAC

Exercice 0 : Chercher dans les représentations graphiques suivantes :

1) Celles qui correspondent à un mouvement uniforme.

2) Celles qui correspondent à un mouvement uniformément accéléré.

3) Celles qui correspondent à un mouvement uniformément retardé.



Exercice1 :

La position d'un mobile M dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ est donner à chaque instant par le vecteur position $\overrightarrow{OM}$ tel que : $\overrightarrow{OM} = (t^2 + 4\ )\vec{i} + (t^2 + 2)\vec{j}$, avec $t > 0$.

1- Montrer que le mouvement est plan et préciser le plan du mouvement.

2- Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire.

3- Donner l'allure du mouvement

Exercice2 :

Les équations paramétriques (en unités S.I.) d'un mobile M se déplaçant dans un plan muni d'un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$ sont : $\begin{cases} x = 3t \\ y = -t^2 + 2t \end{cases}$

1) Établir l'équation cartésienne de la trajectoire du mobile ; quelle est la nature de la trajectoire ?

2) Calculer la vitesse du mobile au sommet de sa trajectoire.

3) Calculer la vitesse du mobile au point d'ordonnée y = 1 m.

4) Calculer l'accélération du mobile. Pour quelle(s) valeur(s) de t le mouvement est-il accéléré ? retardé

Exercice 3

Les équations paramétriques (en unités S.I.) d'un mobile M se déplaçant dans un plan muni d'un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$ sont : $\begin{cases} x = 3t \\ y = t^2 - 1 \end{cases}$

1) Calculer la vitesse du mobile à l'instants t = 2 s.

2) Calculer les composantes tangentielle a_T et normale a_N de l'accélération $\vec{a}$ du mobile dans la base de Freinet $(M, \vec{T}, \vec{N})$ à l' instants t = 2 s. En déduire la valeur du rayon de courbure ρ de la trajectoire à t = 2 s.

Exercice 4

Un mobile M décrit une trajectoire rectiligne munie d'un repère d'espace $(o, \vec{i})$.Son vecteur accélération est constant pendant toute la durée du mouvement qui est fixée t_F =5s. A l'instant t_0=0 le mobile part du point M_0 d'abscisse x_0=-0.5 m avec une vitesse v_0= -1 m/s. Puis il passe en M_1 d'abscisse x_1 = 5 m/s avec la vitesse v_1=4.8 m/s

3-1) Calculer l'accélération du mobile.

3-2) Calculer la date t_1 à la quelle le mobile passe au point M_1.

3-3) Donner l'équation horaire du mobile.

3-4) A la date t=2s un deuxième mobile M' part de l'abscisse x'_1 =5m avec un mouvement rectiligne uniforme à la vitesse v'=4 m/s

3-4-1 Calculer la date t_R de rencontre des deux mobiles.

3-4-2 Calculer l'abscisse x_R ou aura lieu cette rencontre.

Exercice 5 :

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

*A l'instant **t_0 = 0 s**, le mobile passe par un point **M_0** d'abscisse **x_0 = - 0,5 m**, avec une vitesse **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.

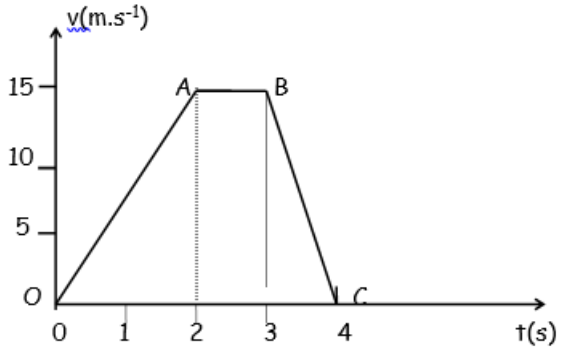
*4/ A la date **t = 2 s**, un deuxième mobile **M'** passe par le point d'abscisse **x_1 = 5 m**, avec un mouvement rectiligne uniforme de vitesse **v' = 4 m.s^{-1}**.*
*a) Calculer la date **t_r** de la rencontre des deux mobiles.*
*b) En déduire l'abscisse **x_r** de cette rencontre.*

Exercice 6 :

On donne l'intensité de la pesanteur g = 10m.s^{-2}
1/ A la date t=0s on lance une bille O vers le haut à la vitesse V_{OA}=15ms^{-1}.
a) Ecrire l'équation horaire du mouvement de A dans le repère (O, $\vec{i}$)
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, $\vec{i}$)
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 ?

EXERCICE7

Le diagramme temporel de la vitesse d'un point décrivant une trajectoire rectiligne est donné par le diagramme ci- contre.



1) Déterminer graphiquement la distance parcourue par le point mobile pendant les deux premières secondes. Pour cela montrer que la distance correspond à la valeur de l'aire limitée par OA, l'axe des abscisses et l'ordonnée du point A.
2) Calculer également la distance totale parcourue aux dates t = 3 s et t = 4 s.
3) Déterminer les accélérations (éventuelles) du point et tracer le diagramme a = f(t).

Exercice8

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.

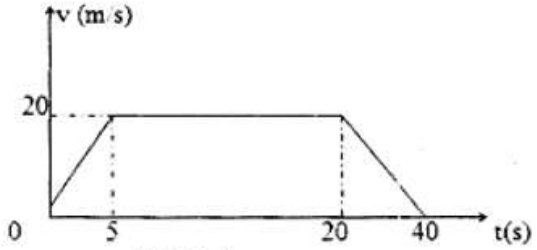


Figure 1

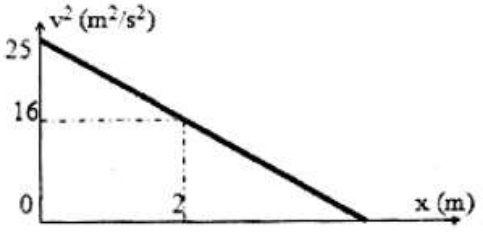


figure 2

Exercice 9

Un mobile ponctuel M est animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal de période T = 0, 314 s autour d'un point O.

9-1 En choisissant le point O comme origine des espaces déterminer l'équation horaire du mouvement de M sachant qu'à t = 0 son abscisse est égale à $\sqrt{3}$ cm et se dirige vers l'élongation maximale du mouvement qui est égale à 2cm .
9-2 Quelle est sa vitesse maximale ? en quel point ?
9-3 Quelle est sa vitesse à la date t = 1s ? Dans quel sens se déplace-t-il ?
9-4 Quelle est son accélération à t = 1s. Quel est le sens du vecteur accélération ?
9-5 Pour quelle date le mobile passe pour la première fois par x =1cm?

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

Déterminer sa nouvelle équation horaire si à t=Os le mobile passe à l'origine avec une vitesse positive

Exercice 11: On donne l'équation horaire d'un mobile M par rapport au repère (O, $\vec{\imath}$, $\vec{\jmath}$)

$\begin{cases} x = A\cos\omega t \\ y = A\sin\omega t \end{cases}$; A=10 cm ; ω=2 π 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 12

Un mobile ponctuel M à une trajectoire circulaire de rayon R dans le repère (M, $\vec{T}$, $\vec{N}$) , d***'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.*

3/ Etablir la loi horaire du mouvement de M sachant qu'à t=0s la vitesse angulaire est nulle.

Exercice 13

Les parties A et B sont indépendantes

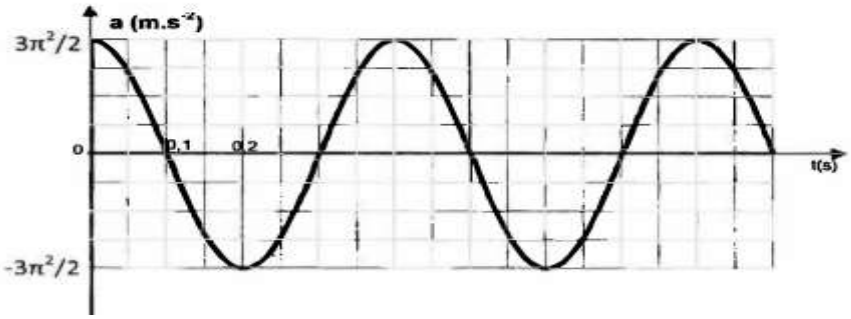
A. Un mobile M, animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal, met 0,1s pour décrire un segment de longueur 48cm. A la date t=0 il est à l'élongation maximale. Choisir la bonne réponse :

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.



Exercice14

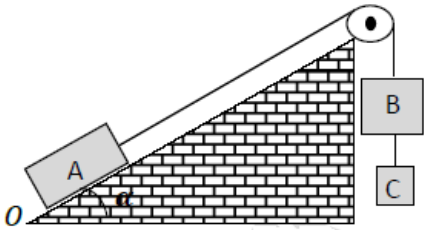
Un mobile est animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal. L'axe xx' est le support de la trajectoire, l'origine O est le centre du mouvement. La période du mouvement est T=2,0s. A l'instant choisi pour origine des dates, l'abscisse du mobile est x_o= 1,2cm, sa vitesse est nulle.

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 :

Un corps A de masse m_A = 1200 g peut glisser sans frottement sur un plan OP, incliné d'un angle α = 30° par rapport à l'horizontal. Ce corps est relié par un fil inextensible et de masse négligeable à un corps B de masse m_B = 400g , auquel est suspendu un autre corps C de mase m_C = 275g. Le fil passe par la gorge d'une poulie de masse négligeable sans frottement. (Voir figure)



1. A l'instant t = 0s, le système est abandonné à lui-même, le corps A se trouvant en O, au bas du plan incliné est entrainé sans vitesse initiale par l'ensemble constitué par les corps B et C.

a. Quelle est l'accélération a prise par l'ensemble ?

b. Ecrire l'équation horaire x(t) du corps A sur le plan incliné.

c. Combien de temps faudrait-il au corps A pour monter d'une hauteur h = 0,9 m par rapport au point O ?

d. Quelle est la vitesse du corps A à cet instant ?

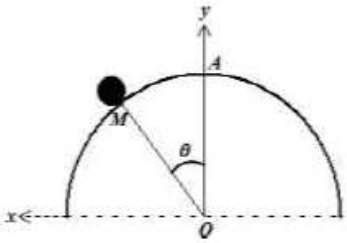
e. Quelles sont les tensions des fils liant A à B et B à C ?

2. Après que le corps A a parcouru une distance d =1,8m sur le plan incliné, le corps C dans sa descente bute sur un obstacle et se décroche.

Calculer la nouvelle accélération prise par l'ensemble.

EXERCICE 2 :

Un solide (S) assimilable à un point matériel de masse m = 250 g est situé au sommet A d'un dôme demi-sphérique de centre O et de rayon r = 1,25 m. On lâche du point A sans vitesse initiale le solide (S). Sa position sur le dôme est repérée par l'angle $\alpha = \widehat{BOM}$. On n'admet que (S) glisse sans frottements. On donne : $g = 10 m.s^{-2}$.



1. Représenter les forces s'exerçant sur le solide (S) au point M.

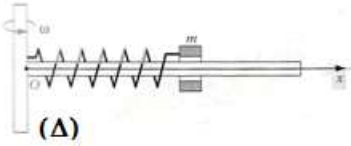
2. Exprimer la vitesse V du mobile au point M en fonction de g, r et θ. Vérifier l'hypothèse faite sur la valeur de la vitesse au point A.

3. En appliquant T.C.I au solide (S) placé au point M, déterminer l'expression de la réaction R du support en fonction de m, V, g, r et θ puis en fonction de m, g et θ.

4. Déterminer la valeur de l'angle θ à l'instant où le solide décolle du dôme. Déterminer la vitesse du solide (S) à cet instant.

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.

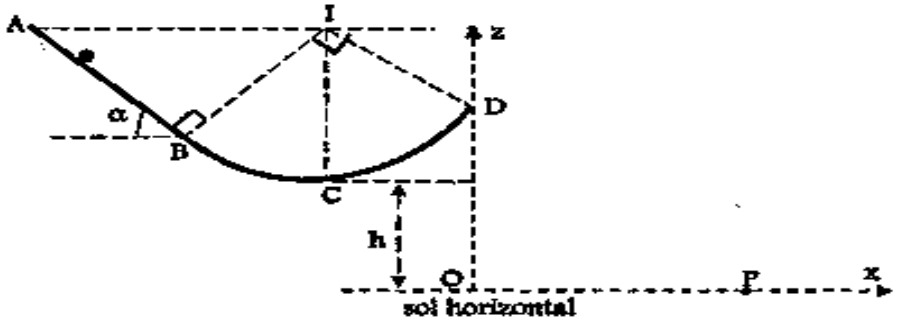
c) Etablir les équations horaires de la vitesse $V(t)$ et de l'abscisse x (t) de la bille puis préciser la nature du mouvement de la bille dans l'air.
d) Au bout d'un parcours de 50 cm depuis le point O, la bille acquiert une vitesse de $3{,}16\ m.s^{-1}$.
Montrer que cette information confirme l'approximation 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, ρ_{ac} (masse volumique de l'acier) et ρ_h (masse volumique de « l'huile moteur ») puis exprimer τ 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 ».

Données :

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 $V_B = \frac{4}{3}\pi r^3$; $g = 10\ N.kg^{-1}$

Exercice5

On donne: g = 10 m.s⁻²
Un solide de masse m = 50 g, de dimension négligeable, peut glisser sur une piste ABCD située dans un plan vertical:
▶ AB est la ligne de plus grande pente d'un plan incliné d'un angle α = 30° par rapport à l'horizontale ; AB = 1,6 m.
▶ BCD est le quart d'un cercle de centre I et de rayon r = 0,9 m ; C est situé sur la verticale passant par I.
1/ On néglige les frottements. (S) part du point A sans vitesse.
a/ Calculer sa vitesse en B, en C et en D.
b/ Calculer l'intensité de la force $\vec{R}$ exercée par la piste sur (S) en C et en D. Donner les caractéristiques du vecteur vitesse $\vec{V}_D$ de (S) au point D.
2/ On néglige la résistance de l'air. A partir du point D, (S) tombe dans le vide avec la vitesse $\vec{V}_D$ précédente. Le point C est situé à la hauteur h = 1,55 m du sol horizontal.
a/ Donner l'équation cartésienne de la trajectoire du mouvement de (S) à partir du point D, dans le repère (O, x, z).
b/ Jusqu'à quelle hauteur H au-dessus du sol horizontal monte le solide (S) ?
c/ Calculer la distance OP où P est le point d'impact de (S) sur le sol horizontal.
d/ Déterminer les caractéristiques du vecteur vitesse $\vec{V}_P$ de (S) au point P.
e/ En réalité, le sol n'est pas horizontal mais incliné vers le haut, autour de O, d'un angle β = 15°. Déterminer les coordonnées du point d'impact P' de (S) sur le sol incliné.



Exercice6 (Bac S2 2018)

Le triple saut est une discipline sportive appartenant à l'athlétisme, dont le nom donne une indication sur sa pratique. Les athlètes ont une course d'élan pour gagner de la vitesse et prennent leur impulsion avant une planche (située à 13 m, 11 m ou 9 m du sable). Ils enchaînent trois sauts en ne touchant le sol qu'avec un seul pied ; on a dans l'ordre un « saut à clochepied ou saut initial », une « foulée bondissante » et un « saut final » (figure 1)

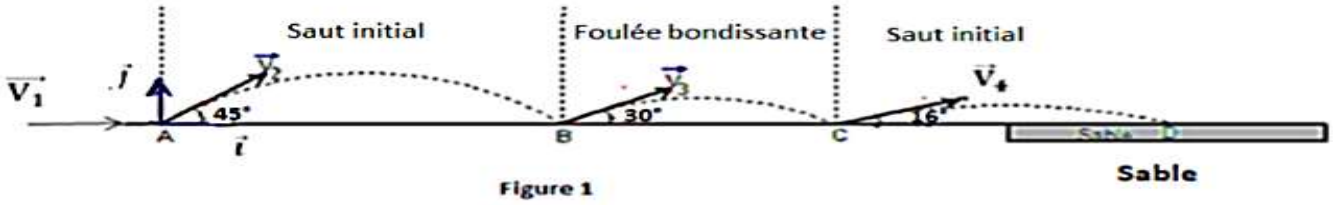


Figure 1

On se propose d'étudier la performance de l'athlète sénégalaise Kène NDOYE effectuant le triple saut aux Jeux Olympiques de Pékin en 2008. Pour simplifier nous assimilons l'athlète à un corps ponctuel. Le sol est horizontal. On néglige les forces de frottement.

1- La « course d'élan »

Dans la course d'élan l'athlète, partie sans vitesse initiale, parcourt 32 m pour arriver au point A de la ligne d'envol avec une vitesse horizontale $\vec{V_1}$ de norme 8 m.s^{-1}.

Le mouvement est supposé rectiligne uniformément varié pour cette phase. Evaluer l'accélération du mouvement et le temps mis par l'athlète sur ce parcours.

2- Le « saut initial »

Arrivée en A, l'athlète « s'envole » avec une vitesse $\vec{V_2}$ (de norme V_2 = 9,13 m.s^{-1}) faisant un angle α = 45° avec l'horizontale. Dans cette phase le mouvement est rapporté à un repère (A,$\vec{i}$, $\vec{j}$) de plan vertical. L'origine des espaces est prise en A et l'origine du temps t = 0 au début du saut.

2.1 Etablir les équations horaires du mouvement pendant cette phase. En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire du mobile au cours du « saut initial ».

2.2 A l'issue du saut initial l'athlète touche le sol en B. Calculer la distance AB. En déduire la durée de ce saut.

2.3 Montrer que la valeur de la vitesse finale du « saut initial » est égale à 9,13 m.s^{-1}.

3- La « foulée bondissante »

On suppose que la valeur de la vitesse initiale $\vec{V_3}$, de la « foulée bondissante » est égale à celle de la vitesse finale du « saut initial ». Le vecteur- vitesse $\vec{V_3}$ fait un angle de 30° avec l'horizontale.

3.3.1 Quelle est la nature de la trajectoire décrite par le mobile dans la foulée bondissante ?

3.3.2 A l'issue de la « foulée bondissante » l'athlète touche le sol en un point C tel que BC = 2 m.

Calculer la durée de cette phase.

4- Le « saut final »

4.1 L'athlète entame le « saut final » avec une vitesse $\vec{V_4}$ (de norme 9,13 m.s^{-1}) faisant un angle de 16° avec l'horizontale. Calculer la distance totale parcourue par Kène NDOYE à l'issue du « triple saut », distance représentant la performance de l'athlète.

4.2 Avec quelle vitesse aurait-elle dû s'élancer dans « le saut final » (l'angle gardant la même valeur) pour égaler le record olympique de 15,39 m détenu par la camerounaise Françoise MBANGO ? On donne : g = 9,8 m.s^{-2}

<u>Exercice 7 (Bac S1 2018)</u>

La viscosité d'un liquide caractérise à la fois la force de résistance qu'il exerce sur un objet en chute et sa résistance à l'écoulement. Avec un dispositif approprié, il est possible de suivre l'évolution du mouvement de chute d'une bille dans un tube vertical contenant le liquide à étudier et de déduire la viscosité dudit liquide à partir de la vitesse limite de chute.

Une bille sphérique homogène S, de masse m et de rayon r, pénètre verticalement dans un bassin de stockage supposé infiniment profond, rempli d'un liquide de masse volumique μ (figure 1).

Le centre de la bille arrive à l'instant $t = 0$ en O, à la distance r de la surface libre du liquide à l'intérieur du bassin, avec une vitesse verticale de plongée $\vec{V_0}$.

L'étude du mouvement se fera suivant l'axe Ox vertical dirigé vers le bas.

La bille est soumise à trois forces :

- le poids $\vec{P}$;
- la force de viscosité $\vec{f}$ opposée au déplacement, proportionnelle à la vitesse et supposée appliquée au centre d'inertie G de la bille : $\vec{f} = -k\vec{V}$, relation où k est une constante positive liée à la viscosité du liquide;
- la poussée d'Archimède $\vec{F} = -\mu \times \frac{4\pi r^3}{3} \times \vec{g}$.

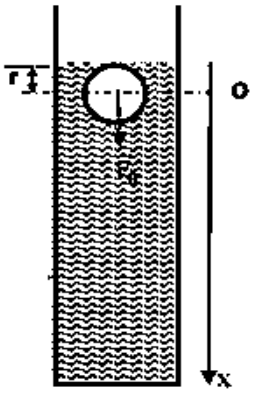


Figure 1

3.1. Représenter, à un instant t donné, la bille et les forces extérieures appliquées au centre d'inertie.

3.2. En appliquant le théorème du centre d'inertie, montrer que l'équation différentielle du mouvement relative à la vitesse $V = \dot{x}$ du centre d'inertie de la bille s'écrit : $\frac{dV}{dt} + \frac{k}{m}V = (1 - \frac{4\pi\mu r^3}{3m})\,g$

3.3. Montrer que la vitesse du centre d'inertie atteint une limite V_L dont on donnera l'expression en fonction de k, m, μ, r et g. Sachant que $V_L = 24\ m.s^{-1}$ en déduire la valeur de k.

3.4. La solution générale de l'équation différentielle précédente est de la forme : $V = A + B\,e^{-\frac{kt}{m}}$, relation où A et B sont des constantes.
Etablir les expressions de A et B respectivement en fonction de V_L et de V_0 et V_L en se plaçant aux conditions limites ($t = 0$ et $t \to \infty$). Donner alors l'expression de la vitesse instantanée V du centre d'inertie de la bille en fonction de V_0, V_L, k, m et le temps t

3.5. Déterminer la loi horaire x(t) du mouvement vertical du centre d'inertie de la bille dans le liquide en fonction de V_0, V_L, k, m et le temps t.

3.6. Evaluer, à l'issue de 10 s de chute, le bilan des travaux des forces appliquées à la bille. En déduire le travail de la force de viscosité pour cette durée.

On donne : $m = 1{,}4$ kg ; $r = 3{,}5$ cm ; $\mu = 860\ kg.m^{-3}$; $V_0 = 2$ m/s ; $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$.

Exercice 8 (santé militaire 2020)

Un condensateur plan formé par deux plaques verticales identiques P_1 et P_2, de longueur commune L= 25 cm, placées à une distance d= 20 cm l'une de l'autre.
On applique entre P_1 et P_2 une d.d.p. $U_{P_1P_2} = U_0 > 0$ créant ainsi un champ électrique $\vec{E}$ uniforme, horizontal.
(voir figure 1).

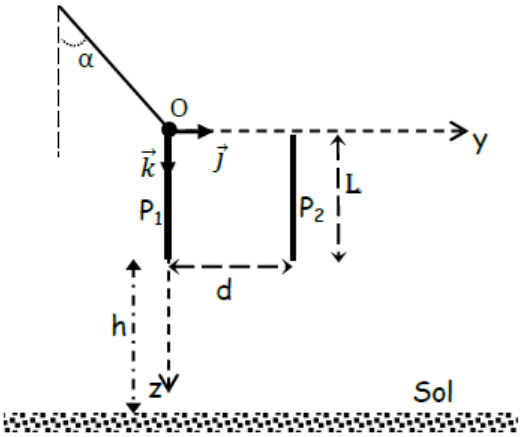


Figure 1

1.1. On apporte à l'aide d'un fil isolant non chargé une boule métallisée supposée ponctuelle de masse m= 8 g possédant une charge $q = +3.10^{-6}$ C près du bord supérieur de la plaque P_1 en O sans toutefois la toucher. On prendra $g = 10\ N.kg^{-1}$.

1.1.1. Faire le bilan des forces extérieures appliquées à la boule à l'équilibre puis les représenter.

1.1.2. Exprimer l'angle α que fait le fil avec la verticale, dans cette position d'équilibre, en fonction des grandeurs notées q, m, g, d et U_0. Calculer l'angle α pour $U_0 = 4.10^3 V$.

1.2. On coupe ensuite le fil libérant ainsi sans vitesse initiale, à partir du point O, la boule de masse m= 8 g ayant une charge électrique $q = +3.10^{-6}$ C.

1.2.1. Faire le bilan des forces appliquées à la boule puis par application du théorème du centre d'inertie, déterminer les composantes de son accélération dans le repère R $(O, \vec{j}, \vec{k})$.

1.2.2. Etablir les équations horaires, y=f(t) et z= f(t), du mouvement de la boule .

1.2.3. Déduire l'équation cartésienne de sa trajectoire dans l'espace plan $(O, \vec{j}, \vec{k})$ limité par les deux plateaux P_1 et P_2. Préciser la nature de cette trajectoire.

1.2.4. Montrer qu'il existe une valeur maximale U_{0max} de la tension U_0 pour que la boule sort du condensateur sans heurter les plaques. Calculer cette tension maximale U_{0max}.

1.3. Déterminer pour la tension $U_0 = 4.10^3 V$ les coordonnées du point S de sortie de la boule lorsque celle-ci quitte le condensateur.

1.4. Calculer, dans ces conditions, la durée du parcours OS.

1.5. Calculer la valeur V_s du vecteur vitesse de la boule à la sortie en S.

1.6. Sachant que la partie inférieure de ce condensateur se trouve à une hauteur h =25 cm du sol, déterminer :

1.6.1. les coordonnées du point d'impact J de la boule avec le sol

1.6.2. la valeur Vj de son vecteur vitesse en ce point.

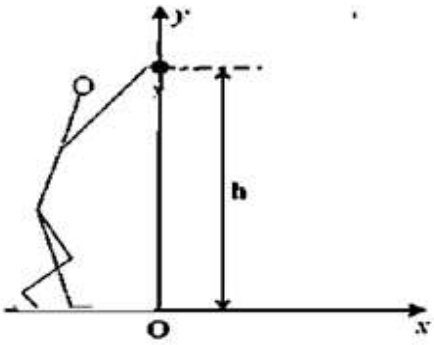
EXERCICE 9 :

Lors des derniers championnats du monde d'athlétisme qui eurent lieu à Paris en août 2003, le vainqueur de l'épreuve du lancer de poids a réussi un jet à une distance D = 21,69 m.

L'entraîneur de l'un de ses concurrents souhaite étudier ce lancer.
Il cherche à déterminer les conditions initiales avec lesquelles cette performance a pu être réalisée par le vainqueur de l'épreuve.
Il dispose pour cela d'enregistrements relatifs à la vitesse du boulet (nom donné au « poids »).
Pour simplifier, l'étude porte sur le mouvement du centre d'inertie du boulet dans le référentiel terrestre où on définit le repère d'espace (O,x,y) où :

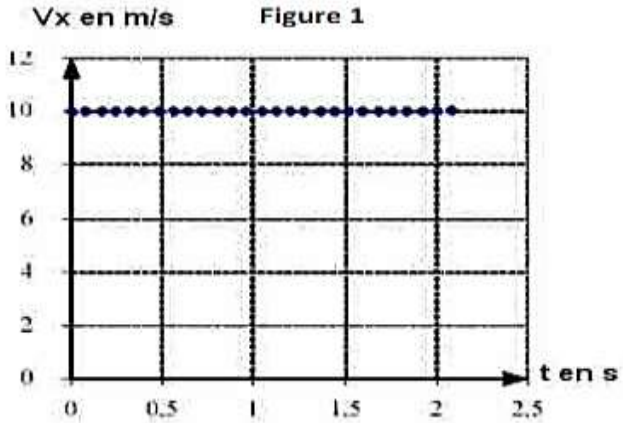
- Oy est un axe vertical ascendant passant par le centre d'inertie du boulet à l'instant où il quitte la main du lanceur.
- Ox est un axe horizontal au niveau du sol.

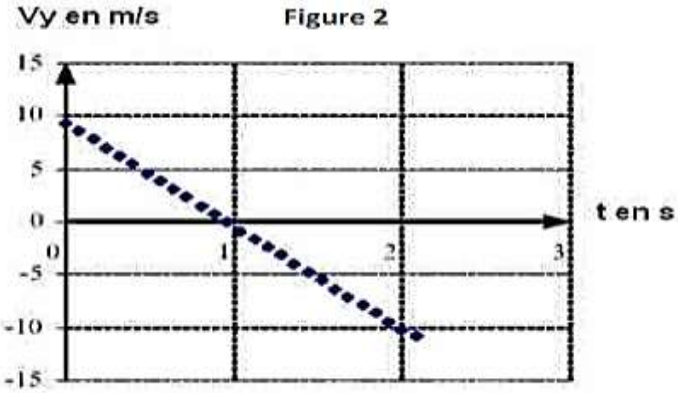
L'origine des temps t = 0 est prise au moment du lancer du boulet où son centre d'inertie est situé à la distance verticale h = 2,62 m du sol.



3.1 Exploitation des enregistrements.

L'entraineur a obtenu les graphes, en fonction du temps, des composantes horizontale v_x et verticale v_y du vecteur-vitesse instantanée (figures 1 et 2 ci-dessous).
Pour chacun des graphes, les dates correspondant à deux points successifs sont séparées par le même intervalle de temps.





3.1.1 En utilisant la figure 1, déterminer :

-a) la composante v_{0x} du vecteur-vitesse du centre d'inertie du boulet à l'instant de date t = 0 s.

b) la nature du mouvement de la projection du centre d'inertie du boulet sur l'axe Ox.

3.1.2 En utilisant la figure 2, déterminer :

a) la composante v_{0y} du vecteur-vitesse à l'instant de date t = 0 s.

b) la nature du mouvement de la projection du centre d'inertie du boulet sur l'axe OY.

3.1.3 Exprimer les composantes v_{0x} et v_{0y} en fonction de la valeur V_0 du vecteur-vitesse initiale et de l'angle α de ce vecteur avec l'horizontale.

3.1.4. En déduire la valeur de V_0 et celle de l'angle α.

3.2 Etude théorique du mouvement.

3.2.1 Par application du théorème du centre d'inertie, dans le référentiel terrestre supposé galiléen, déterminer le vecteur-accélération du centre d'inertie du boulet lors du mouvement.

3.2.2 En déduire les équations, en fonction du temps, des composantes Vx et Vy du vecteur-vitesse instantanée $\vec{V}$. Ces équations sont-elles en accord avec les graphes des figures 1 et 2 ?

3.2.3 Etablir les équations horaires x(t) et y(t) du mouvement. En déduire l'équation de la trajectoire. Représenter cette trajectoire et le vecteur-vitesse $\vec{V}_0$ au point de départ du boulet.

On prendra : g = 9,8 m.s^{-2}

Exercice 10

Pour déterminer la charge massique d'une particule, on utilise un dispositif de déflexion électrique constitué de deux plaques conductrices A et B planes, horizontales, parallèles, de longueur ℓ, distantes de d.
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 à partir d'une vitesse nulle pour atteindre cette vitesse V_0.

2/ Un champ électrique uniforme $\vec{E}$ est créé par une tension constante $U_{AB} < 0$ appliquée entre les plaques A et B. On pose $|U_{AB}| = U$.

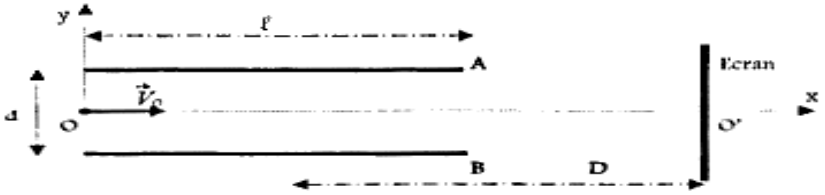
a/ Recopier la figure et représenter le vecteur champ électrique $\vec{E}$ entre les plaques.
b/ Le mouvement est rapporté au repère (Ox, Oy). Etablir l'équation de la trajectoire de la particule dans le champ électrique.
c/ Exprimer l'ordonnée du point de sortie S de la particule du champ électrique 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 placé perpendiculairement à l'axe Ox, à 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 à 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.

c/ Etablir l'expression de la charge massique $\frac{q}{m}$ de la particule en fonction de Y, ℓ, D, d, U et V_0.

d/Calculer le rapport $\frac{q}{m}$ et identifier la particule.

Données : ℓ = 8cm ; d = 2cm ; D = 40cm ; $V_0 = 1{,}6.10^6$ m.s^{-1} ; U = 400V ; Y= O'P= 1,5 cm.

Particule	H^+	Li^+	He^{2+}
Charge massique (10^7 C.kg^{-1})	9,58	1,36	4,77



Exercice 11

1 Un solide supposé ponctuel, de masse m = 200 g, est lancé à partir d'un point O sur un plan incliné d'un angle α = 30° par rapport à l'horizontale avec une vitesse v_0 = 2,5 m/s. Le solide glisse sans frottement le long de la ligne de plus grande pente du plan.
Ce plan incliné se raccorde en A à une piste circulaire (figure 1).

1.1. Etablir l'expression de l'accélération du solide entre O et A. En déduire la nature du mouvement du solide

1.2. Etablir l'équation horaire du mouvement du solide sur le plan incliné. L'origine du temps t = 0 est prise au moment où le solide est en O. Le mouvement sera rapporté à un axe X'X d'origine O, dont le support est le segment OA, axe orienté dans le sens du mouvement.

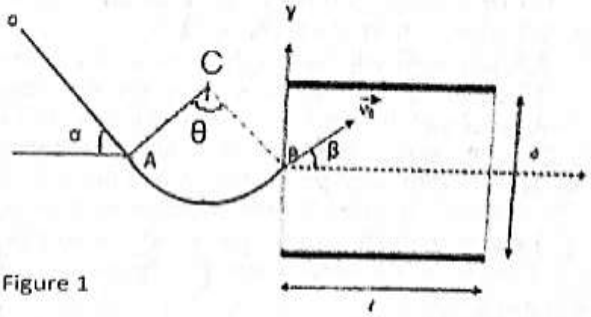


Figure 1

1.3. Déterminer la date d'arrivée du solide au point A et sa vitesse en ce point.

1.4. La piste circulaire disposée dans le plan vertical contenant la droite OA, a un rayon r = 1 m et l''angle au centre vaut θ = 60°. La piste circulaire s'arrête au point B situé sur l'horizontale du point A. Déterminer la valeur de la vitesse du solide en B.

2. En réalité, les frottements ne sont pas négligeables sur la piste OAB. Ils sont équivalents à une force tangente à la trajectoire et opposée au mouvement, d'intensité constante f = 0,3 N.
Déterminer la vitesse du solide lors de son passage en A puis en B.

3 Du fait des frottements sur la piste OAB, le solide s'électrise et acquiert une charge $q = -10^{-7}$C.
Le solide pénètre en B à l'intérieur d'un condensateur plan, avec un vecteur-vitesse de valeur $V_B = 2$ m/s faisant un angle $\beta = 10°$ avec l'horizontale. Le condensateur est constitué de deux plaques métalliques rectangulaires horizontales P et Q de longueur ℓ et distantes de d. Le solide ressort en B' comme l'indique la figure 1. Entre les plaques, on maintient une tension positive $U_{PQ} = U > 0$.

3.1. Représenter à un instant donné les forces qui s'exercent sur le solide dans l'espace compris entre les plaques. A l'intérieur du condensateur on considèrera que le mouvement se fait sans frottement et le poids du solide n'est pas négligeable.

3.2. Etablir les équations horaires du mouvement du solide dans l'espace compris entre les plaques puis en déduire l'équation cartésienne de sa trajectoire.

3.3. Quelles conditions doit vérifier la tension U pour que le solide sorte du champ électrostatique au point B' situé sur l'axe (B,x). Calculer la valeur de la tension U.

3.4. La tension U ayant la valeur calculée précédemment, calculer la hauteur maximale atteinte par le solide au-dessus de l'axe (B,x) à l'intérieur du condensateur.

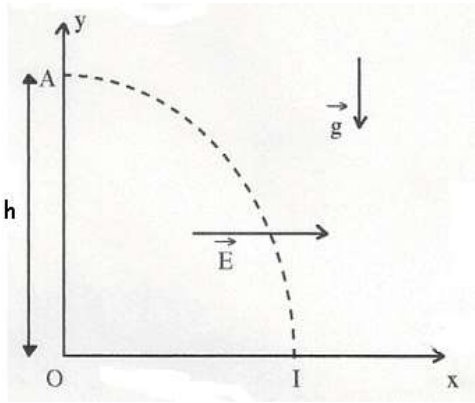
Données : $\ell = 20$ cm ; d = 10 cm ; L = OA = 1,5 m ; $g = 10$ m.s^{-2} ; $q = -10^{-7}$ C

Exercice 12

Dans tout l'exercice, on supposera l'existence d'un champ de pesanteur uniforme g = 10 m.s^{-2}. Les expériences ont lieu dans le vide où tous les frottements sont négligeables.

Une petite sphère S de masse m = 5 g porte une charge électrique $q = 4.10^{-7}$ C. S part de A à vitesse nulle et se déplace dans une zone où, en plus du champ $\vec{g}$, règne un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ ($E = 10^4$ V.m^{-1})

On donne h = 0,5 m.



1) Comparer les valeurs de la force électrostatique F_e et du poids P. Conclure.

2) Etablir les équations horaires du mouvement. En déduire la nature de la trajectoire.

3) Calculer la position du point I à la date t_I.

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 à partir d'une vitesse nulle pour atteindre cette vitesse V_0.

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.

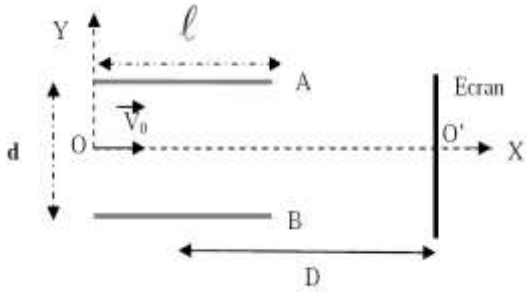


Figure 2

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 à la sortie des plaques ? Justifier

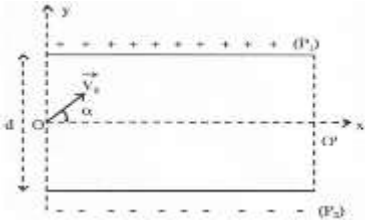
b) Exprimer la déviation Y= O'P de la particule en fonction de m, q, U, d, l, D et V_0.

Exercice 14

Données : Charge élémentaire : $e = 1{,}6.10^{-19}\,C$; Masse de la particule α : $m = 6{,}64.10^{-27}\,kg$.

Un faisceau de particules α ($ions\ He^{2+}$) 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.

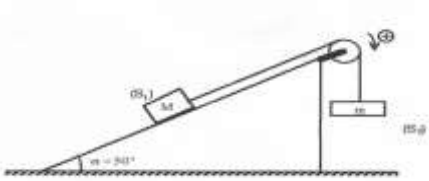
3) Quelle est la condition d'émergence d'un faisceau de particules α ? (Valeur de U pour que le faisceau ne rencontre pas l'une des armatures du condensateur).

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'.

Exercice 15 (S1 uniquement)

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 $J_\Delta = \frac{1}{2}.m_0r^2$.

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

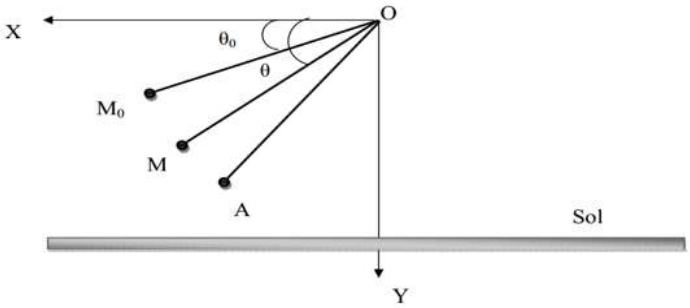
Exercice16(S1 uniquement)

Depuis Galilée, les pendules pesants ont été l'objet d'études approfondies, car ils ont constitué du XIXe au XXe 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 θ_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 θ=$(\overrightarrow{Ox},\overrightarrow{OM})$



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 , θ et θ_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, θ et θ_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 valeurv'_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

<u>Exercice 17</u> (Bac S1 2019)

Au cours d'une sortie pédagogique, des élèves se proposent d'appliquer leurs connaissances en dynamique à l'étude du mouvement de chute libre. Du haut d'une colline dont le versant a la forme d'un plan incliné faisant un angle α avec l'horizontale, ils lancent un projectile supposé ponctuel, de masse m, à partir d'un point O avec une vitesse initiale $\vec{V}_0$ faisant un angle β avec le plan incliné (β > α). L'origine des dates t_0=0 est prise au moment du lancer du projectile en O. L'étude du mouvement est rapportée au repère d'espace (OX, OY) muni des vecteurs unitaires $\vec{\imath}$ et $\vec{\jmath}$ pris dans le plan vertical contenant $\vec{V}_0$ et la ligne de plus grande pente du plan incliné (figure 1). On néglige l'action de l'air sur le projectile.

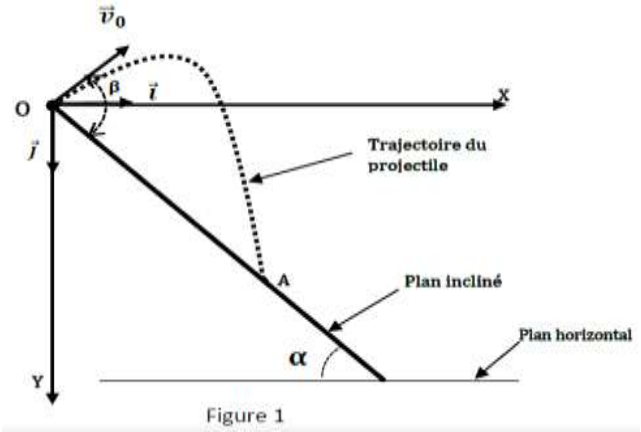


Figure 1

1-Par application du théorème du centre d'inertie, établir les équations horaires x(t) et y(t) du mouvement du projectile.

2 Etablir l'expression de la date t_A à laquelle le projectile tombe sur le plan incliné au point A en fonction de α, β, v_0 et de l'intensité de la pesanteur g.

3 Montrer que la distance d = OA, appelée portée sur le plan incliné, peut se mettre sous la forme :

$$d = \frac{2v_0^2 \sin\beta \cos(\beta-\alpha)}{g(\cos\alpha)^2}$$

4 Le groupe d'élèves effectue des tirs avec des vitesses initiales de même valeur v_0.

4.1 Etablir, en fonction de α, l'expression de la valeur β_L de l'angle β pour laquelle la portée prend une valeur maximale d_{max}.

4.2 En déduire l'expression de cette portée d_{max} en fonction de g, α et v_0.

5 On considère un lancer de vitesse initiale v_0= 12 m.s^{-1} avec α = 60°

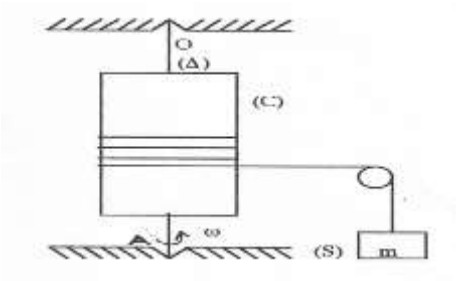
5.1 Calculer β_L et d_{max}

5.2 Calculer Le temps mis par le projectile pour tomber sur le plan incliné pour β = β_L.**On prendra** : g = 9,8 m.s-2

Exercice 18(S1 uniquement)

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).

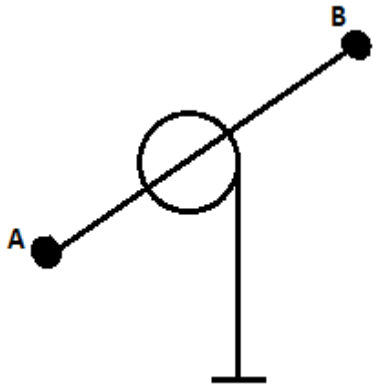
4) Montrer que l'expression de l'accélération angulaire théorique du cylindre (C) peut se mettre sous la forme : $\ddot{\theta}_{exp} = \frac{mgR}{J_\Delta + mR^2}$. Calculer sa valeur.

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.

Exercice19 (S1 uniquement)

Un cylindre de rayon R, mobile autour de son axe de révolution(Δ) horizontal est solidaire d'une tige AB rigide de masse négligeable, fixée suivant un diamètre du cylindre.

Le milieu de la tige coïncide avec le centre du cylindre. Le moment d'inertie du cylindre par rapport à l'axe (Δ) est J_1 =4, 0.10^{-2} kg.m^2. On donne AB=1m, R=10cm.



En A et B sont fixés deux solides assimilables à des masses ponctuelles m_1=m_2=100g (voir croquis)

Sur le cylindre est enroulé un fil inextensible de masse négligeable. Le fil est fixé par une extrémité sur la circonférence du cylindre. A l'autre extrémité D est appliquée une force $\vec{F}$ verticale telle que F=9,0N.

1) Calculer l'accélération angulaire du cylindre en supposant négligeable les frottements
2) On supprime la force $\vec{F}$ et on accroche à cette extrémité du fil une charge de masse M afin d'avoir la même
   a) Déterminer la valeur de M
   b) Le système étant abandonné sans vitesse, quelle serait le temps Δt nécessaire pour que la charge M parcoure une distance d=2m ?
3) Une étude expérimentale montre qu'en réalité, il faut utiliser une charge de masse M_2=1,20kg pour qu'elle descende de 2m pendant la durée Δt précédente. Cet écart entre la théorie et la pratique est due à un couple de force occasionné par les frottements au niveau du cylindre. Quel est le moment supposé constant de ce couple ?

GRAVITATION UNIVERSELLE

Exercice 1 :

1 Le tableau ci-dessous comporte des données relatives à deux types de satellites artificiels de la Terre, lancés dans le plan équatorial.

Dates de lancement	Météosat 1977 1981	Spot 1986 1990
Altitude en km	$35{,}8.10^3$	820
Période en min	$1{,}44.10^3$	101
Champ d'observation au sol	Pratiquement la moitié de la surface terrestre	Carré de 3600 km^2

1.1 L'un des satellites est dit géostationnaire. Indiquer lequel et justifier votre réponse par le calcul.

1.2 L'autre satellite est appelé un $\ll satellite$ à $défilement \gg$. Donner une explication pour ce terme.

2 Connaissant l'altitude de chacun de ces satellites, on se propose de vérifier par le calcul leur période de rotation. La valeur du champ de pesanteur $(attraction\ terrestre)$ à l'altitude h est donnée par : $g_h = g_0 \frac{R^2}{(R+h)^2}$ avec : g_0 : attraction terrestre au sol ; R : rayon de la terre.

2.1 En appliquant la loi de dynamique au mouvement circulaire uniforme du satellite, déterminer l'expression de la vitesse de chaque satellite sur son orbite.

2.2 Définir la période de rotation de chaque satellite, et donner son expression en fonction de $g_0, R\ et\ h$.

2.3 Application numérique : calculer la période de chacun des deux satellites connaissant leur altitude, R=6400km $et\ g_0 \approx 9{,}8\ m.s^{-2}$.

Exercice 2 : bac S2 2010

Données : Constante de gravitation $G = 6{,}67.10^{-11}\ SI$, masse de la Terre $M = 6.10^{24}\ kg$, Rayon de la terre R=6400km , distance Terre-Soleil $d = 1{,}5.10^8\ km$.

3.1 Deux corps ponctuels A et B, de masses respectives m et m', séparés par une distance d, s'attirent selon la loi de la gravitation universelle. Rappeler l'expression de l'intensité des forces d'interaction gravitationnelle, s'exerçant entre les corps A et B.

3.2 Dans l'espace, le soleil, la Terre et autres astres, peuvent être considérés comme des corps ponctuels. Le Soleil exerce sur la Terre une force de gravitation d'intensité $F = 3{,}5.10^{22}\ N$. Déterminer la valeur de la masse du Soleil.

3.3 Dans le champ de gravitation, un satellite de la Terre, en mouvement dans le plan de l'équateur, y effectue un mouvement circulaire uniforme à l'altitude $h_1 = 400\ km$.

3.3.1 Préciser le référentiel d'étude du mouvement de ce satellite.

3.3.2 Exprimer la vitesse linéaire V de ce satellite, puis calculer sa valeur.

3.3.3 Etablir les expressions littérales de la période T et de la vitesse angulaire ω du satellite dans ce même repère. Faire l'application numérique.

3.4 Entre autres conditions, un satellite de la Terre est géostationnaire si la période de son mouvement vaut $86400\ s$. Justifier cette valeur de la période.

3.5 Exprimer puis calculer l'altitude h d'un satellite géostationnaire.

Exercice 3 : bac S2 2019

En 1997 a été effectuée une mission spatiale destinée à l'exploration de Saturne. Huit ans plus tard la sonde d'exploration s'est posée sur Titan le plus gros des satellites de Saturne. Le tableau ci-après rassemble les données relatives à Titan et à trois autres satellites de Saturne.

Satellite	Distance moyenne au centre de Saturne r (en km)	Période de révolution T	Rapport $\frac{T^2}{r^3}$
Janus	159.10^3	17 h 38 min	
Encelade	238.10^3	1 j 8 h 53 min	
Dione	377.10^3	2 j 17 h 41 min	
Titan	1220.10^3	15 j 22 h 41 min	

3.1 On s'intéresse à l'étude du mouvement d'un satellite supposé ponctuel de masse m en orbite circulaire de rayon r autour de Saturne. Le mouvement est étudié dans un référentiel lié à Saturne qui sera considéré comme un référentiel galiléen. On suppose que le satellite est soumis à la seule action de Saturne. On assimile Saturne à un corps sphérique de masse M possédant une répartition sphérique de masse.

3.1.1 Après avoir rappelé la loi de la gravitation universelle, faire un schéma où seront représentés Saturne, le satellite et la force de gravitation exercée par Saturne sur le satellite. On notera K, la constante de gravitation et on prendra K = $6{,}67.10^{-11}$ $N.m^2.kg^{-2}$.

3.1.2 Par application de la deuxième loi de Newton déterminer les caractéristiques du vecteur accélération du mouvement du satellite.
3.1.3. Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.
3.1.4. Etablir la relation entre la période de révolution T du satellite et le rayon r de sa trajectoire.
3.2 Recopier le tableau ci-dessus et le compléter par les valeurs du rapport $\frac{T^2}{r^3}$.
La 3ème loi de Kepler est-elle vérifiée ?
NB : On utilisera les unités du système international pour le calcul du rapport $\frac{T^2}{r^3}$
3.3 Déterminer la masse M de Saturne.
3.4 On définit l'énergie potentielle d'interaction gravitationnelle Ep entre Saturne et le satellite par :
$\frac{dE_P}{dr}$= F(r) ; relation où F(r) est l'intensité de la force de gravitation que l'un exerce sur l'autre
3.4.1 En choisissant Ep = 0 quand r tend vers l'infini, déterminer l'expression de Ep
3.4.2. Comparer l'énergie potentielle Ep avec l'énergie cinétique EC du satellite.
3.4.3. Déterminer l'énergie mécanique totale E_m du satellite en fonction de k, M, m et r. La calculer pour Titan de masse m = $1{,}35.10^{23}$ kg.

Exercice 4 : bac S1 1996 S A T E L L I T E S D E L A T E R R E

1 On suppose que la Terre a une distribution de masse à symétrie sphérique de centre **O**.
1.1 Donner l'expression de l'intensité $\mathbf{g_h}$ du champ gravitationnel $\vec{g}_h$, créé par la Terre à une altitude **h**, en fonction de : G, constante de gravitation universelle, $\mathbf{R_T}$, rayon terrestre, **h** et $\mathbf{M_T}$, masse de la Terre.
1.2 En déduire l'expression littérale de $\mathbf{M_T}$ en fonction de $\mathbf{g_0}$, G et $\mathbf{R_T}$.
1.3 Calculer numériquement $\mathbf{M_T}$.
2 On admet qu'un satellite de la Terre, assimilé à un point matériel **S** de masse $\mathbf{m_S}$, est soumis uniquement à la force gravitationnelle $\vec{F}$ exercée par la Terre. Il est supposé décrire, à l'altitude **h**, dans le référentiel géocentrique, une trajectoire circulaire de centre **O**.
2.1 Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.
2.2 Exprimer la norme $\mathbf{V_S}$ de la vitesse du satellite et sa période $\mathbf{T_S}$ en fonction de : $\mathbf{M_T}$, G, $\mathbf{R_T}$ et **h**.
2.3 Faire l'application numérique pour : **h** = $\mathbf{R_T}$.
2.4 On pose : **r** = $\mathbf{R_T}$ + **h**. Montrer que le rapport : $\frac{r^3}{T_S^2}$ est égal à une constante que l'on exprimera en fonction de $\mathbf{M_T}$ et de G et que l'on calculera numériquement.
3.Le tableau ci-dessous comporte des données relatives à deux types de satellites artificiels de la Terre, supposés en mouvements circulaires uniformes dans le référentiel géocentrique.

Nom du satellite	***Météosat***	***Spot***
Dates de lancement	1977 et 1981	1986 et 1990
Altitude (en km)	35 800	832
Période de révolution(min)	1 436	102
Champ d'observation au sol	Moitié de la surface terrestre	Carré de 3 600 km²

3.1 L'un de ces satellites est dit *géostationnaire*. Indiquer lequel et justifier la réponse.
3.1Quel est le plan de la trajectoire de ce satellite et son sens de rotation. Justifier les réponses.
3.2 Quelles utilisations a-t-on de ce type de satellites ?
4. Exprimer l'énergie mécanique du satellite géostationnaire (on prendra comme état de référence l'infini). Faire l'application numérique on prendra m=1t.
4.1 Avec quelle vitesse devrait-on lancer un tel satellite depuis l'altitude géostationnaire pour qu'il échappe à l'attraction terrestre ?
4.2 Définir et calculer la vitesse de libération d'un satellite depuis le sol terrestre.

Données : G : constante de gravitation universelle = $6{,}67.10^{-11}$ u S.I.
$\mathbf{R_T}$: rayon moyen de la Terre = 6 380 km ; $\mathbf{g_0}$ = 9,81 m.s^{-2}.
$\mathbf{T_T}$: période de rotation sidérale de la Terre = 86 164 s.

Exercice 5 :

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 6 (concours santé militaire 2020)

Données : Constante de la gravitation universelle, G = $6{,}67\times10^{-11}$ S.I. Rayon de l'orbite de Titan r = $1{,}22\times10^{6}$ km. Rayon de la planète Saturne R = $6{,}0\times10^{4}$ km. Période de rotation de Saturne sur elle-même Ts = 10 h 39 min. Masse de Saturne $M_S = 5{,}69\times10^{26}$ kg.

En Juillet 2004, la sonde européenne Cassini-Huygens a photographié Titan de masse m, le plus gros satellite de Saturne, situé à une distance r du centre de Saturne.

Dans cet exercice, on se place dans le référentiel saturno-centrique, supposé galiléen. On considère que la planète Saturne et ses satellites sont des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique. Les rayons des orbites des satellites sont supposés grands devant leurs rayons respectifs.

2.1. Rappeler les caractéristiques de la force de gravitation $\vec{F}$exercée par Saturne sur le satellite Titan. On donnera l'expression de son intensité. Faire un schéma clair et annoté.

2.2. Etablir l'expression de l'intensité du champ de gravitation $\vec{g}$ créé par Saturne au point où se trouve le satellite Titan en fonction de G, M_S et r. Représenter le vecteur champ de gravitation $\vec{g}$ sur le schéma précédent.

2.3. Montrer qu'au voisinage de Saturne, à l'altitude h (h <<< R) que l'intensité du champ de gravitation qu'il crée, peut se mettre sous la forme : $\boldsymbol{g = g_0 - \frac{2hg_0}{R}}$ avec g_o intensité du champ de gravitation créé par Saturne au niveau de sa surface.

2.4. Déterminer la nature du mouvement du satellite Titan dans le référentiel d'étude.

2.5. Montrer que l'angle de rotation de Saturne pendant une révolution de Titan peut s'écrire sous la forme :

$$\Delta\theta = \frac{4\pi^2}{T_s}\sqrt{\frac{r^3}{G.M_s}}.$$

2.6. Pourquoi dit-on qu'un tel satellite est un satellite à défilement ?

2.7. Titan se déplaçant dans le même sens que Saturne. Etablir l'expression de l'intervalle de temps Δt qui sépare deux passages successifs de Titan à la verticale d'un point donné de l'équateur de Saturne en fonction de $T_s$et T_T la période de rotation de Titan autour de Saturne.

2.8. Quelles sont les conditions que Titan devrait satisfaire pour être un satellite saturnostationnaire de Saturne. Calculer dans ce cas son altitude h_G.

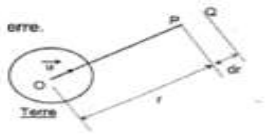
2.9. Etablir les expressions de l'énergie potentielle et de l'énergie mécanique du système Saturne-Titan ainsi que celle de l'énergie cinétique du satellite en fonction de, m, r R et g_o. On choisira la surface de Saturne comme état de référence pour l'énergie potentielle.

2.10. Montrer que la variation d'énergie mécanique ΔE du satellite Titan est liée à la variation Δh de son altitude par la relation $\boldsymbol{\Delta E = A.\Delta h}$. Exprimer A en fonction de m, r et T_T.

Exercice 7 : (concours santé militaire 2007)

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 $T_0 = 86164\ s$.



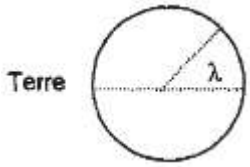
1) Soit un point P situé à l'altitude z, donner, dans le repère $(O.\vec{u})$ l'expression de vecteur champ de gravitation $\vec{G}(z)$ créé en P par la terre.

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 λ.
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) <u>Application numérique</u> : $z = 600\ m$. Calculer $V\ et\ E$.

5) Montrer que l'énergie ΔE 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.

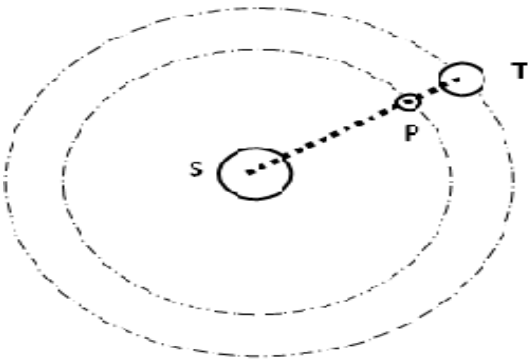
<u>Exercice 8 : bac S2 2017</u>

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 $t = 15\ s$.



d = TS et ℓ = TP

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 $365{,}25\ jours$.

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 <u>constamment</u> 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 située 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 $d = 1{,}50.10^8 km$; Constante de gravitation $G = 6{,}67.10^{-11}\ N.m^2.kg^{-2}$; intensité du champ de gravitation terrestre au sol, $g_0 = 9{,}80\ m.s^{-2}$.

Exercice9 Bac S2 2020 session d'octobre

On suppose que la Terre, de masse M, de rayon R et de centre O, est une sphère et qu'elle présente une répartition de masse à symétrie sphérique. Un satellite artificiel S, de masse m, décrit une orbite circulaire de rayon r autour de la Terre. Le satellite peut être assimilé à un point matériel ; on suppose qu'il est soumis uniquement à la force gravitationnelle exercée par la Terre. On notera K, la constante de gravitation universelle.

3.1 Exprimer l'intensité du champ de gravitation terrestre g(h) en fonction de M, R, h et K.

3.2 Montrer que le mouvement du satellite dans le référentiel géocentrique est uniforme.

3.3 En déduire l'expression de la vitesse v du satellite en fonction de K, M et r puis celle de sa période T de révolution.

3.4 Le tableau suivant rassemble les valeurs numériques des périodes de révolution T et des rayons r des orbites de quelques satellites artificiels de la Terre.

Base de lancement	Kourou	Baïkonour	Chine	Etats-Unis
Satellite	Intelsat-V	Cosmos-197	Feng-Yun	USA-35
T	23 h 56 min	11 h 14 min	102,8 min	12 h
r (10^4 km)	4,22	2,55	0,73	2,66

3.4.1 Vérifier, à partir des valeurs numériques du tableau, que le rapport $\frac{T^2}{r^3}$ est une constante que l'on déterminera

3.4.2 A partir de la troisième loi de Kepler que l'on établira et de la valeur du rapport $\frac{T^2}{r^3}$, calculer la masse M de

On donne : K = $6{,}67.10^{-11}$ SI.

3.5 A partir du travail élémentaire $dW = \vec{F}.\overrightarrow{dr}$ de la force de gravitation $\vec{F}$ exercée par la terre sur le satellite, montrer que le travail de $\vec{F}$, lors de son déplacement du sol jusqu'à l'orbite de rayon r est donné par :

$$W = K\,m\,M\,(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}).$$

3.6 En déduire l'expression de l'énergie potentielle du système terre - satellite en fonction de K, M, m et r. On choisira le niveau du sol comme état de référence pour l'énergie potentielle.

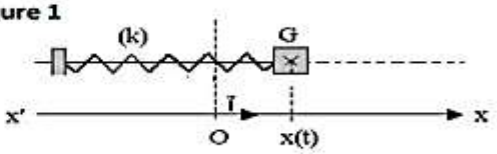
3.7 Exprimer l'énergie cinétique de S en fonction de m, K, r et M. Déduire l'expression de l'énergie mécanique totale.

OSCILLATION MECANIQUE

EXERCICE 1

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.

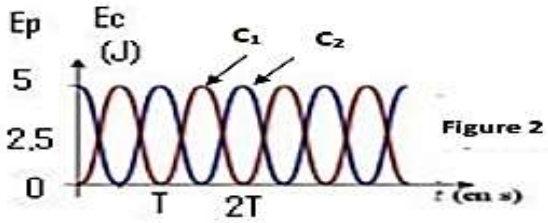


Figure 2

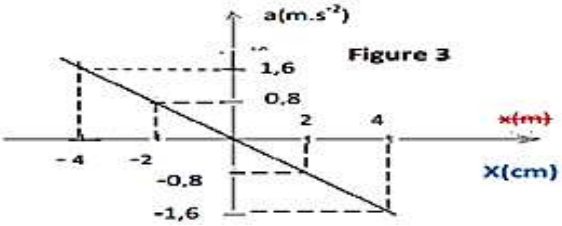
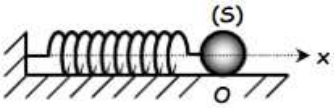


Figure 3

EXERCICE 2

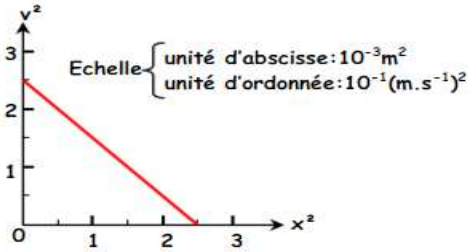
L'extrémité d'un ressort (R), est liée à un solide ponctuel de masse m, l'autre extrémité étant fixe. Ce solide peut glisser sans frottement sur un plan horizontal. Le ressort est à spires non jointives de masse négligeable et de constante de raideur k. On allonge le solide(S) de sa position d'équilibre 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 ω_0 et l'amplitude x_0 du mouvement de (S)

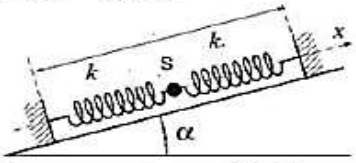
c) Etablir l'équation horaire du mouvement

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)

EXERCICE 3

3-1 Deux ressorts identiques, de longueur à vide L_o = 10 cm, de raideur k = 20 N.m^{-1} sont tendus et fixés à deux supports P_1 et P_2, distants de L = 30 cm, sur un plan incliné d'un angle $\alpha = 30^o$
Un solide ponctuel S de masse m = 100 g est fixé aux deux ressorts (fig 1).

3-1-1 Recopier la figure, puis représenter les forces qui s'exercent sur le solide ponctuel S, à l'équilibre.



(fig 1)

3-1-2 Calculer, le solide ponctuel S étant en équilibre, les allongements respectifs des ressorts (R_1) et (R_2).

3-2 On associe à cet ensemble un repère constitué d'un axe (X'X) orienté vers le haut et parallèle à la direction des ressorts. L'origine de ce repère coïncide avec la position du solide S, au repos. A la date t_o = 0, le solide S est déplacé de sa position d'équilibre, le long de l'axe, vers le bas, de 2 cm, puis lâché sans vitesse initiale.
Le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur coïncide avec la position du solide S en équilibre.

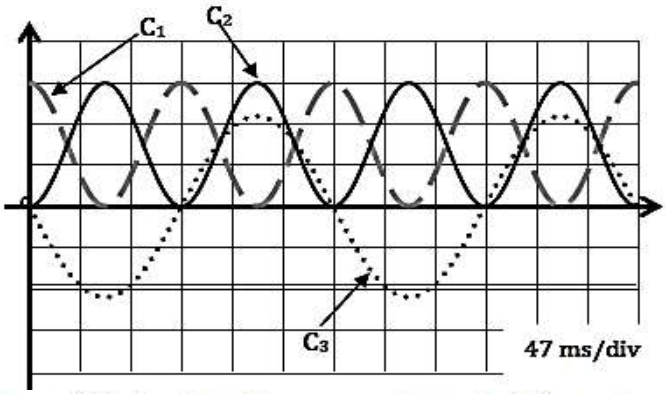
3-2-1 En négligeant l'action de l'air, établir à partir d'une étude dynamique, l'équation différentielle du mouvement du solide S.

3-2-2 Préciser la nature du mouvement du solide S ; exprimer ensuite la période propre, T_o, de ce mouvement.

3-2-3 Etablir l'expression de l'énergie potentielle du système «ressorts, solide S et terre».

3-3 On néglige toujours les forces de frottement. On note x la position du solide S et $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$ sa vitesse.
Montrer que ces deux paramètres d'évolution du solide S, la position et la vitesse, obéissent à une relation de la forme : $\dot{x}^2 + A^2\,x - B^2 = 0$, où A et B sont des constantes positives dont on précisera les expressions.

3-4 Grâce à des capteurs on peut enregistrer l'évolution temporelle de la position x du solide ponctuel S puis tracer les courbes qui donnent son énergie cinétique Ec et de l'énergie potentielle Ep du système «ressort-solide (S)-terre» en fonction du temps.

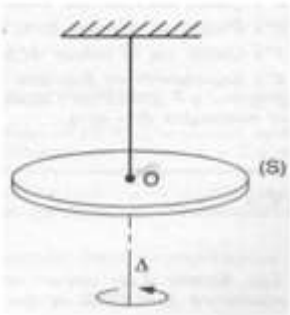


3-4-1 Identifier, en justifiant, la courbe relative à la vitesse du solide, celle relative à son énergie cinétique et celle relative à l'énergie potentielle du système « ressorts-solide S et terre ».

3-4-2 Déterminer graphiquement les valeurs des périodes T et T_0, respectives, de l'énergie potentielle Ep et de la position instantanée x du solide S. Les comparer.

3-5 Déterminer, en millijoules, la valeur de chaque division de l'axe des énergies.
En déduire la vitesse maximale du solide S.

EXERCICE 4 : Pendule de torsion

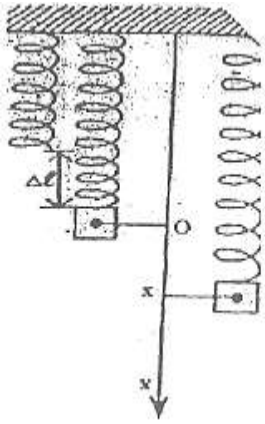


On considère le dispositif représenté ci-dessous. Le fil vertical a pour constante de torsion C = 4,50.10^{-4} N.m.rad^{-1}.
Il est lié au centre O du disque (S) horizontal, homogène, de moment d'inertie par rapport à l'axe Δ, J_Δ =3,8.10^{-3} kg.m^2.
A la date t = 0, le disque (S), en rotation autour 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.

1) En négligeant tout frottement, établir l'équation différentielle du mouvement du disque (S).
2) En déduire l'équation horaire de ce mouvement

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

EXERCICE 5 :



On fixe l'une des extrémités d'un ressort à spires non jointives de raideur K et de masse négligeable comme l'indique la figure.
Le ressort s'allonge de Δl=2cm lorsqu'on suspend à son autre extrémité une masse ponctuelle m=400g.

1. Calculer la valeur de la constante de raideur K du ressort.
2. Le point matériel effectue des oscillations et à un instant t quelconque ce point matériel a pour abscisse x et pour vitesse V.

On prend pour origine des énergies potentielles de pesanteur le plan horizontal passant par l'origine O des abscisses et pour origine des énergies potentielles élastiques l'énergie potentielle du ressort lorsqu'il n'est ni comprimé ni allongé.

2.1 Exprimer l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} en fonction de m, g et x.

2.2 Exprimer l'énergie potentielle élastique du ressort Epe en fonction de m, g, x et K.

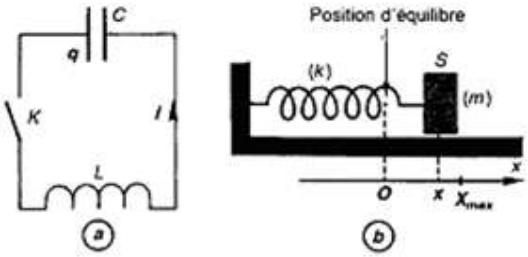
3. Exprimer l'énergie mécanique E_m du système (ressort-masse-terre) en fonction de m, g, x,V et K.

4. Déterminer la nature du mouvement et écrire son équation horaire si à l'instant t=0, x_0=0 et V_0= -2m/s.

5. Calculer la valeur de E_m,

EXERCICE6:

On réalise le circuit de la figure ci-contre ; la bobine, de résistance négligeable, a une inductance L = 50 mH ; la capacité du condensateur vaut C = 5 μF.



1) On ferme l'interrupteur K Quel phénomène se produit dans le circuit ?
En utilisant le sens positif du courant de la figure a, établir l'équation différentielle liant la charge q de l'armature de gauche du condensateur à sa dérivée seconde par rapport au temps

2) En déduire l'expression littérale de la période propre T. du circuit, ainsi que sa valeur numérique.

3) On réalise maintenant un pendule élastique horizontal en accrochant, à l'extrémité d'un ressort de raideur k, un solide S de masse m = 100 g, qui peut se déplacer sans frottement sur un support horizontal (fig. b).
On écarte le solide S d'une distance X_{max} par rapport à sa position d'équilibre O et on le lâche sans vitesse à la date t = 0.

3.a- Soit x l'élongation, à l'instant t, du centre d'inertie G du solide S. Exprimer, à chaque instant, en fonction de k, m, x et $\frac{dx}{dt}$, l'énergie cinétique E_c, l'énergie potentielle E_p et l'énergie mécanique E du système ressort + solide S.
Que peut-on dire de E ? Pourquoi ?

3.b- À partir de l'étude énergétique ou de la relation $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{f}$, établir l'équation différentielle liant l'abscisse x de G à sa dérivée seconde par rapport au temps.

3.c- En déduire l'expression littérale de la période T_0 des oscillations du pendule.
Application numérique : k = 25 $N.m^{-1}$.

3.d- En comparant les équations qui régissent les deux systèmes étudiés, mettre en évidence une analogie entre les grandeurs mécaniques et électriques.
Préciser les grandeurs mécaniques correspondant, respectivement :
- à la charge q ;
- à la capacité C ;
- à l'intensité i du courant ;
- à l'inductance L de la bobine.

Utiliser cette analogie pour trouver l'expression de l'énergie E emmagasinée dans le circuit (L , C) à chaque instant.

Exercice7 (sante millitaire 2020)

On considère le dispositif représenté à la figure 2 ci-contre.
Le solide A de masse m_1 = 200 g glisse sans frottement sur le plan incliné d'un angle α = 30° par rapport à l'horizontal.
Il est relié au solide B de masse m_2 = 420 g par l'intermédiaire d'un fil inextensible, de masse négligeable passant sur la gorge d'une poulie (P), de masse négligeable, mobile sans frottement autour d'un axe horizontal. Un ressort (R) à spires non jointives, de masse négligeable, de longueur à vide ℓ_0 =25 cm et de constante de raideur k = 40 N.m^{-1} est fixé en E et est lié au solide A.

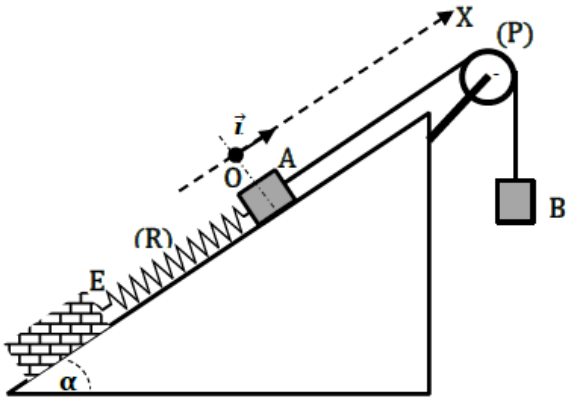


Figure 2

Le centre d'inertie du solide A et le centre d'inertie du solide B sont dans le même plan horizontal à l'équilibre.
La position du centre d'inertie du solide A, à l'équilibre, est prise comme état de référence pour les énergies potentielles de pesanteur. Pour l'énergie potentielle élastique, la référence est prise au niveau de la position de l'extrémité supérieure du ressort, au repos, étant ni allongé ni comprimé. (g = 10 m.s^{-2}).

3.1. On considère que les solides A et B sont en équilibre.

3.1.1. Faire le bilan des forces extérieures qui s'exercent sur le solide A. En déduire l'état (allongé ou comprimé) du ressort.

3.1.2. Représenter les forces qui s'exercent sur le solide A. Déterminer l'allongement x_0 et la longueur l du ressort.

3.2. Partant de sa position d'équilibre, on déplace le solide B verticalement, vers le bas d'une longueur d = 4 cm puis on l'abandonne sans vitesse à la date t = 0.

3.2.1. Par une étude dynamique, montrer que l'équation différentielle régissant le mouvement du centre d'inertie du solide A est de la forme : $\ddot{x} + \frac{k}{m_1 + m_2} x = 0$.

3.2.2. La solution de cette équation différentielle est de la forme $x = x_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$

2.2.1. Exprimer la pulsation propre ω_0 du mouvement en fonction de k, m_1 et m_2. En déduire l'expression et la valeur de la période propre du mouvement de A.

2.2.2. Etablir l'équation horaire du mouvement du solide A. On prendra pour origine des espaces la position de A à l'équilibre. On suppose que les deux brins du fil, reliant les solides A et B, restent toujours tendus et que le fil ne glisse pas sur la poulie.

3.2.3. Montrer que l'énergie cinétique et l'énergie potentielle du solide A sont exprimées par des fonctions sinusoïdales de même pulsation ω_e, que l'on exprimera en fonction de la pulsation ω_0.

3.2.4. Etablir l'expression de l'énergie mécanique du système «ressort-solide A-solide B-Terre» à tout instant en fonction de m_1, m_2, x, x_0 et $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$.

3.2.5. En déduire son expression en fonction de k, x_0 et x_m amplitude du mouvement du solide A.

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 $I = 500\ mA$.

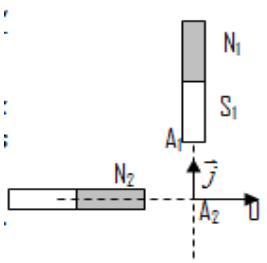
1) Après l'avoir justifié, donner l'expression et la valeur du champ magnétique au centre de la bobine. On donne : $\mu_0 = 4\,\pi.10^{-7}S.I$.

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_1étant 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.

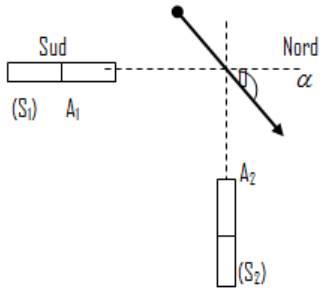


Figure 3

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_o 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 : $B_H = 2.10^{-5}\ T$

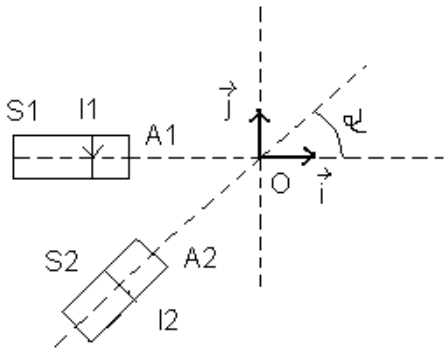
Exercice 6

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 α = 45°.

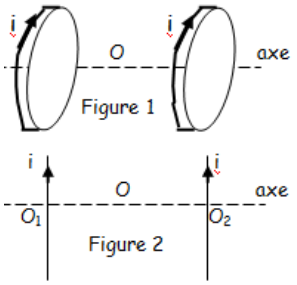
1- Le solénoïde S_1 crée en O un champ magnétique $\vec{B_1}$ de valeur 4,0.10^{-3} T, lorsqu'il est parcouru par un courant d'intensité I_1. Préciser le sens et la direction de $\vec{B_1}$. La face A_1 est-elle sud ou nord ?

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 $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2}$ crée par les deux solénoïdes en O ait même direction que $\vec{j}$? Quel est alors le sens du champ $\vec{B_2}$? 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.

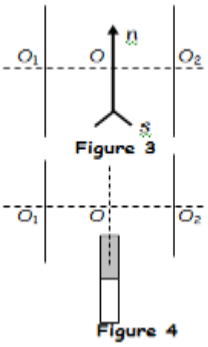
a) Recopier la figure 2 et représenter le vecteur le champ magnétique résultant B, créé par les bobines au point O. Justifier cette représentation.

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, μ_0 représente la perméabilité magnétique du vide. En utilisant la relation établie en 1.b), déterminer la valeur de μ_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 α' = 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.

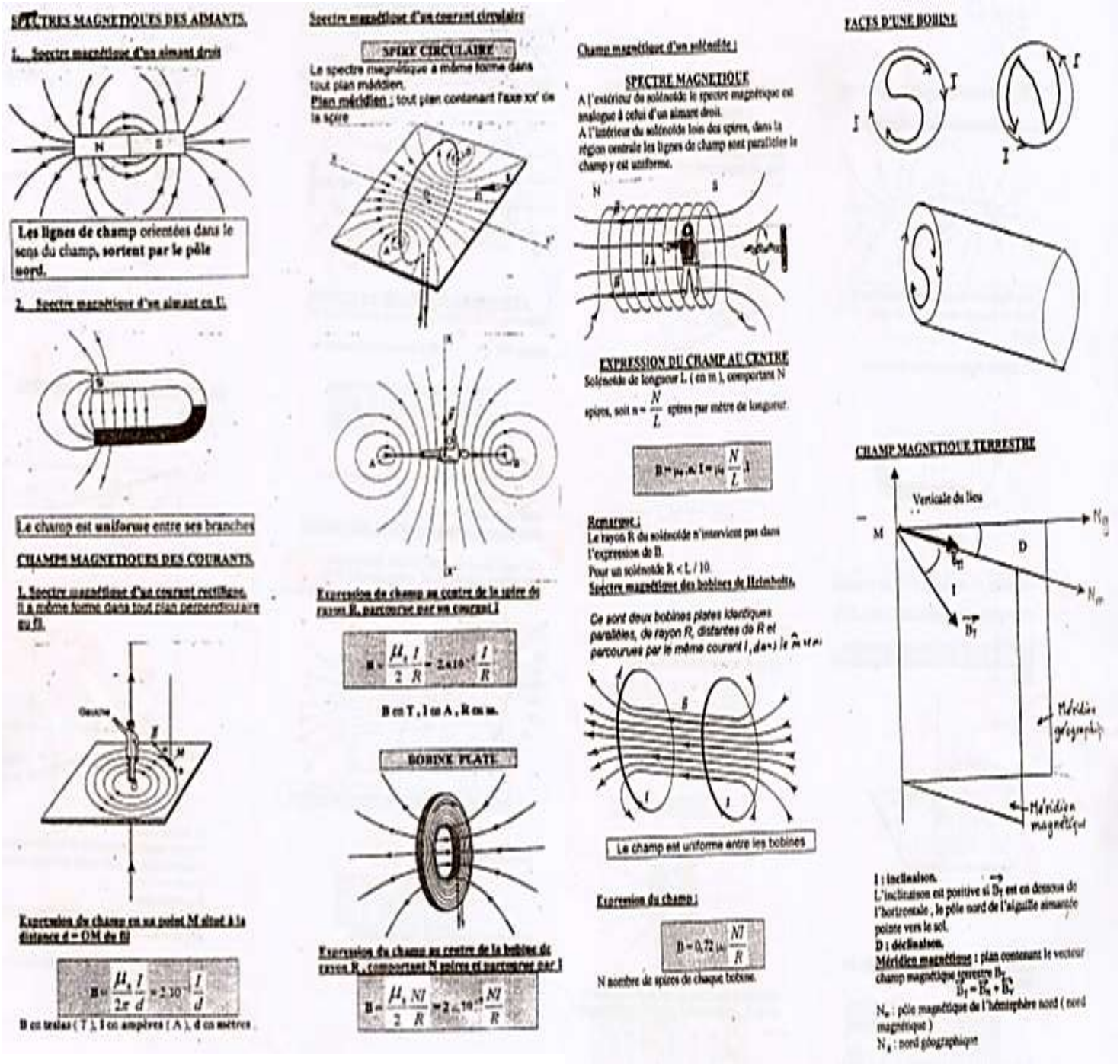
Déterminer l'intensité I_0 de ce courant.

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

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

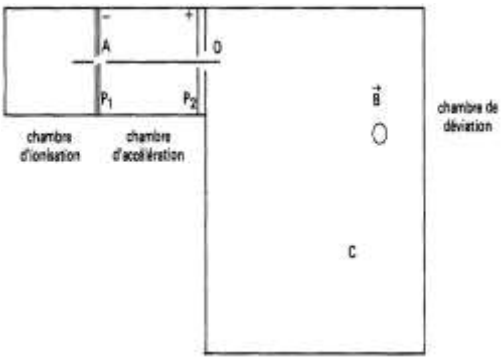
5- La composante verticale $\vec{B}_V$ du champ magnétique terrestre qui n'intervenait pas ci-dessus vaut $4{,}2 \times 10^{-5}$ T. En déduire l'inclinaison β du champ terrestre par rapport à l'horizontale.

Support de cours sur les généralités sur le champ magnétique



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 $V.m^{-1}$.

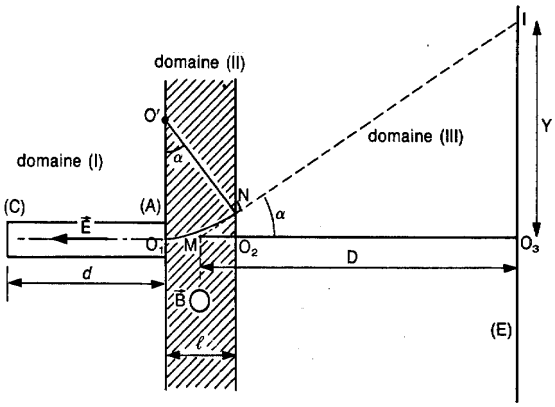
Dans tout l'exercice, on négligera le poids de l'électron devant les autres forces qui agissent sur lui.

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 $\vec{E}$.
   b) Quelle est la nature du mouvement de l'électron entre la cathode (C) et l'anode (A) ?
   c) 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.

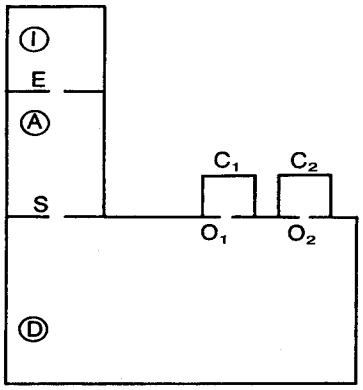
Exercice 3 : **Spectrographe de masse**

$|U_0|$ = $4{,}00.10^3$ 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.

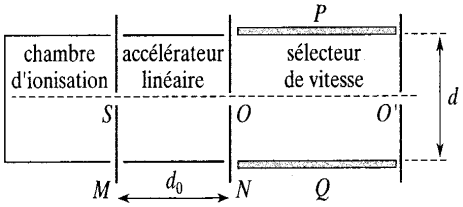
b) Calculer la distance entre les entrées O_1 et O_2 des deux collecteurs C_1 et C_2 chargés de récupérer les deux types d'ions.

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 : $^3_2He^{2+}$: $m_1 = 5{,}0.10^{-27}kg$; $^4_2He^{2+}$: $m_2 = 6{,}7.10^{-27}\ kg$; $^6_2He^{2+}$: m_3

1) Une chambre d'ionisation produit des noyaux d'hélium $^3_2He^{2+}, ^4_2He^{2+}, ^6_2He^{2+}$ 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 $^3_2He^{2+}, ^4_2He^{2+}, ^6_2He^{2+}$.

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 $^4_2He^{2+}$ 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.

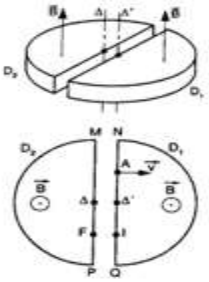
b) On règle la valeur de U de façon que le mouvement des ions $^4_2He^{2+}$ soit rectiligne uniforme de trajectoire OO'. Exprimer U en fonction de B, v_2 et d.

4) Comment seront déviés les ions $^3_2He^{2+}, ^4_2He^{2+}, ^6_2He^{2+}$?

On se contentera de donner l'allure des trajectoires sans préciser leur nature et sans faire de calcul.

Exercice 5 : 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 ?

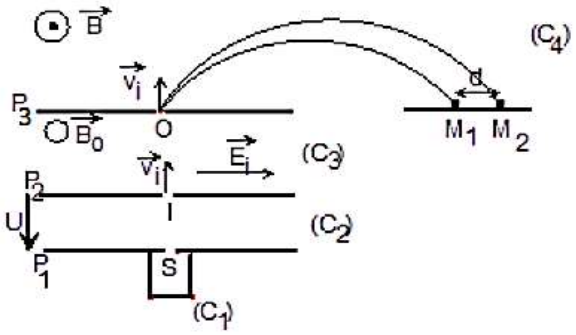
Calculer la période T et la fréquence N de la tension U, en négligeant la durée de transfert dans l'intervalle entre les deux dées.

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> : bac S2 2020 session d'octobre

On se propose d'identifier des ions hydrogène ${}^{A_1}_{1}H^+$ et hélium ${}^{A_2}_{2}He^{2+}$ produits simultanément par la chambre d'ionisation (C_1) d'un spectrographe de masse. Ces ions pénètrent, avec une vitesse initiale négligeable, par un point S dans une chambre (C_2) où ils sont accélérés par une tension U appliquée entre les plaques P_1 et P_2. Au point I chaque type d'ions acquiert une vitesse $\vec{v_1}$ (On attribue l'indice i = 1 à l'ion ${}^{A_1}_{1}H^+$ et l'indice i = 2 à l'ion ${}^{A_2}_{2}He^{2+}$).

Cette vitesse est maintenue constante dans un sélecteur (C_3) délimité par les plaques P_2 et P_3 où règnent simultanément un champ électrique uniforme $\vec{E_1}$ réglable et un champ magnétique uniforme $\vec{B_0}$. Au-delà du trou O, les ions sont déviés dans une chambre (C_4) où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ et collectés sur une plaque déflectrice.



3.1 La chambre d'accélération (C_2).

<u>3.1.1.</u> En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, exprimer l'intensité v_i de la vitesse $\vec{v_1}$ d'un ion (i) à la sortie de (C_2) au point I, en fonction de sa masse m_i, de sa charge q_i et de la tension U.

3.12. Montrer que le rapport des masses $\frac{m_2}{m_1} = 2\,\frac{v_1^2}{v_2^2}$

3.2. Le sélecteur (C_3) ou filtre de vitesses

On règle l'intensité du champ électrique $\vec{E_1}$ à une valeur E_1 pour faire passer un type d'ions par le trou O.

<u>3.2.1.</u> Reproduire sur la copie le sélecteur(C_3), puis représenter la force électrique $\overrightarrow{Fe_1}$ et la force magnétique $\overrightarrow{Fm_1}$ qui s'appliquent sur l'ion (1). Justifier la direction et le sens de $\overrightarrow{Fm_1}$

<u>3.2.2.</u> Indiquer le sens du vecteur champ magnétique $\vec{B_0}$. Justifier.

<u>3.2.3.</u> Etablir l'expression de la valeur v_1 de la vitesse $\vec{v_1}$ en fonction de E_1 et B_0.

3.3. La chambre de déviation (C_4).

<u>3.3.1.</u> Chaque type d'ions effectue dans le plan de la figure un mouvement circulaire uniforme. Montrer que le rayon R_i de la trajectoire d'un ion (i) a pour expression $R_i = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2\,m_I\,U}{q_i}}$.

<u>3.3.2.</u> Les deux types d'ions rencontrent la plaque déflectrice aux points M_1 et M_2 tel que la distance $M_1M_2 = d = 1,5$ cm. Déterminer les masses m_1 et m_2 puis identifier les isotopes étudiés

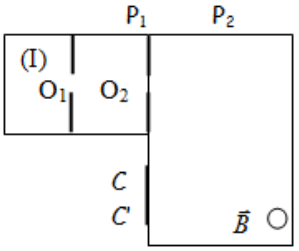
N.B. Le sélecteur de vitesse a permis de calculer la valeur du rapport des vitesses $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{2}$.

Données : U = 980 V ; B = 0,25 T ; l'unité de masse atomique : 1 u = $1,67.10^{-27}$ kg ; masse d'un atome : m = Au

<u>Exercice 7 :</u>

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.

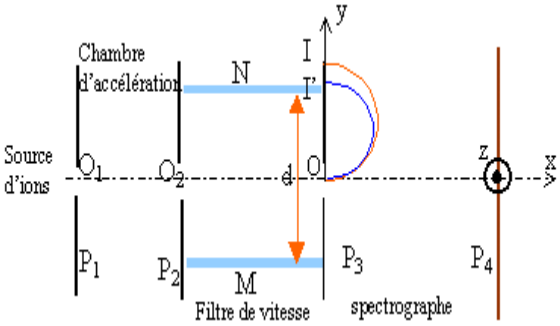
b) Montrer que les trajectoires des ions sont planes ; établir la nature du mouvement ainsi que la forme de ces trajectoires.

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 inter plaques 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. Quel doit être la valeur de B' du champ magnétique pour que les ions $^{x}Zn^{2+}$ traversent le dispositif sans subir de déviation.

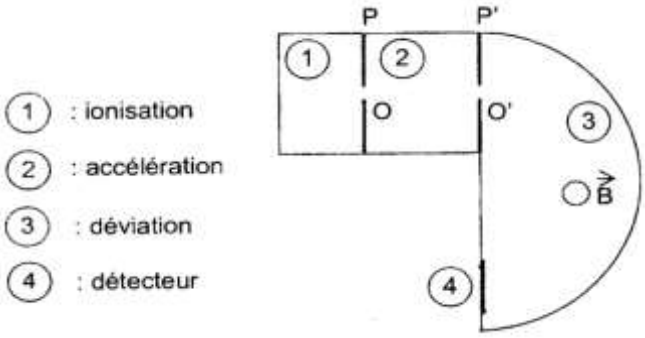
III- SPECTROGRAPHE DE MASSE :

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.

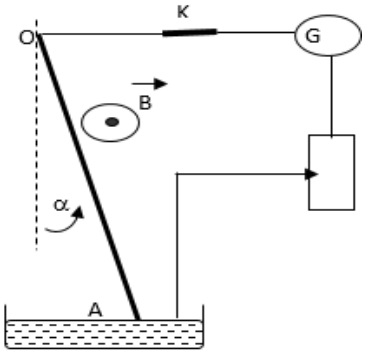
	$N_1(^{12}C)$	$N_2(^{13}C)$	R=$\frac{N_2}{N_1}$	δ
Athlète A	2231	24		
Athlète B	2575	27		
Etalon standard	2307	25		

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 δ 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 Δ, 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.

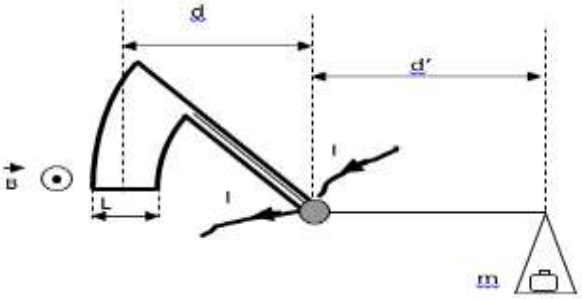


1) Représenter les forces exercées sur le fil.
2) Indiquer sur le schéma le sens du courant électrique.
3) En appliquant la condition d'équilibre à la tige, Calculer l'angle α que fait le fil conducteur avec la verticale. On donne I = 5A, l=25 cm, m=8g et B = 0,05 T

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 :

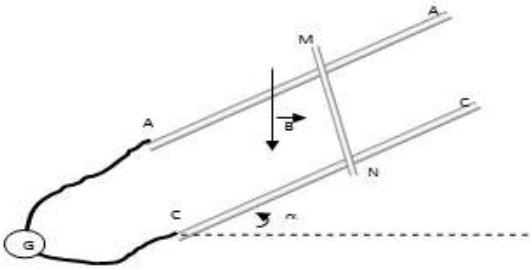
I(A)	0	2	4	6	8	10
m(g)	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2



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 α= 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 α. 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 α pour que la tige MN reste en équilibre. Calculer la nouvelle valeur de α.

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).

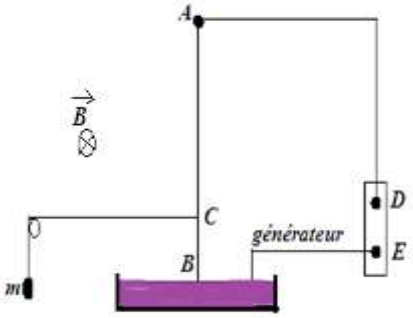


figure3

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

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.

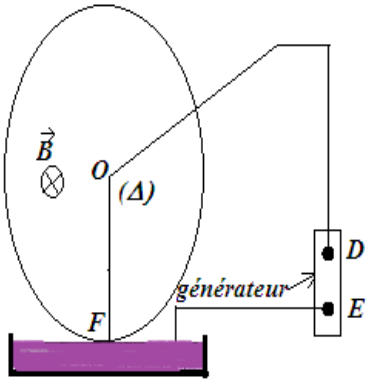


figure 4

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

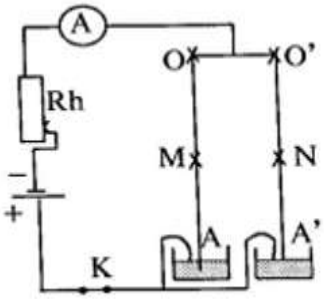
On donne :le rayon de la roue R=6,0cm ; ω=2,5tours.min^{-1} ; on a toujours I=8,0A et B=2,3. 10^{-2}T

Exercice 5

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.

Données : formule donnant B dans ces conditions : B= μ_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 $\vec{F}_1$.

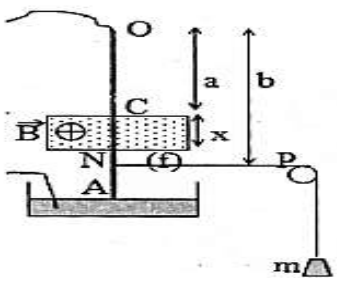
c) Représenter le vecteur $\vec{B}_2$, champ magnétique produit par O'A' en M. Calculer $\vec{B}_2$.

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 ?

Exercice 6

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 α. Calculer α.

On supposera que α 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 (TS1 uniquement)

Pour créer un champ magnétique uniforme on utilise les bobines de Helmholtz. Ce sont deux bobines plates identiques, coaxiales, séparées par une distance égale à leur rayon R et parcourues par des courants de même intensité I et de même sens. Dans l'espace entre les bobines règne un champ magnétique uniforme horizontal $\vec{B}$ (figures a et b)

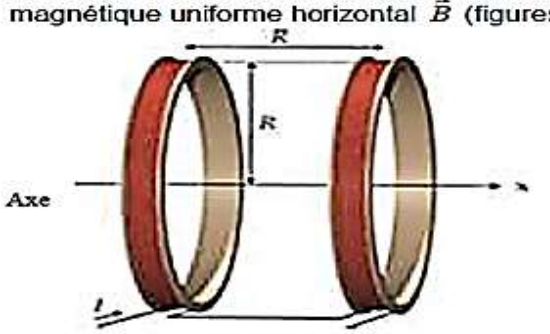


Figure a

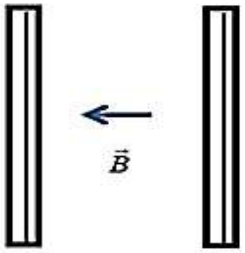


Figure b (vue de face)

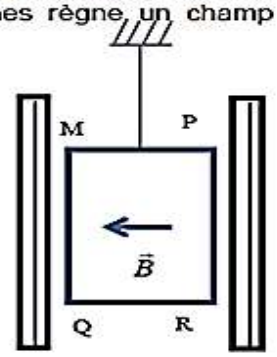


Figure c

4.1 Sur la figure b est représenté le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ créé par les bobines. Recopier cette figure, indiquer le sens des courants dans les bobines et représenter trois lignes de champ.

4.2 Pour étudier le mouvement d'une particule chargée dans $\vec{B}$, on place entre les deux bobines une ampoule contenant un canon à électrons. En faisant pivoter l'ampoule on peut donner une orientation au vecteur vitesse $\vec{v_0}$ des électrons sortant du canon. On négligera dans la suite le poids de l'électron.

4.2.1 Donner l'expression vectorielle de la force subie par un électron animé d'une vitesse $\vec{v_0}$ dans le champ magnétique.

4.2.2 L'ampoule est orientée de sorte que la vitesse $\vec{v_0}$ des électrons soit parallèle à $\vec{B}$. Déterminer la nature du mouvement de ces électrons. Justifier.

4.2.3 L'ampoule est maintenant orientée de sorte que $\vec{v_0}$ soit orthogonale à $\vec{B}$. Déterminer dans ce cas la nature du mouvement des électrons.

4.3 On place maintenant entre les deux bobines de Helmholtz une bobine plate rectangulaire de cotés MP = QR = a = 4 cm et MQ = PR = b = 6 cm comportant N = 40 tours de fil conducteur. Elle est suspendue par un fil de constante de torsion C, vertical, passant par le milieu de MP (figure c).

La bobine plate est en équilibre de telle sorte que $\vec{B}$ soit parallèle aux cotés horizontaux.
On fait passer dans la bobine plate un courant d'intensité constante I' = 0,5 A.

4.3.1 Préciser la nature et le nom des forces exercées par le champ magnétique sur les côtés de la bobine. Donner les caractéristiques de la force agissant sur chaque côté en faisant un schéma clair où figureront les sens du courant I', de $\vec{B}$ et de la force éventuellement.

On prendra $B = 4.10^{-2}$T.

4.3.2 La bobine plate quittera-t-elle sa position d'équilibre initiale ? Justifier.

4.3.3 Sachant que la bobine plate tourne d'un angle de $\frac{\pi}{6}$ rad et s'immobilise à nouveau, exprimer la somme des moments des forces par rapport à l'axe du fil de suspension.
En déduire la constante de torsion C du fil.

4.4 La bobine plate est en équilibre et placée de telle sorte son plan soit orthogonal au vecteur champ magnétique $\vec{B}$; on y fait passer un courant d'intensité I' = 0,5 A.

4.4.1 Donner les caractéristiques de la force agissant sur chaque côté en faisant un schéma clair où figureront les sens du courant I', de $\vec{B}$ et de la force.

4.4.2 La bobine quittera –t- elle sa position d'équilibre ? Justifier la réponse.

INDUCTION MAGNETIQUE –ETUDE D'UN DIPOLE R,L

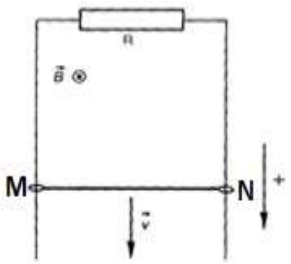
Exercice 1 :

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.

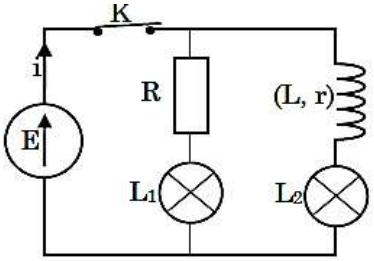
b) Appliquer le théorème du centre d'inertie à la tige. Quelle est la nature du mouvement de cette dernière ?

EXERCICE 3

Un groupe d'élèves effectue trois expériences décrites ci-dessous :

Expérience 1 :

4.1. Ils réalisent le circuit électrique qui comporte une bobine de résistance r, un générateur idéal de tension de f.é.m. E, un conducteur ohmique de résistance R = r, deux lampes identiques (L_1 et L_2) et un interrupteur K. (figure 3)



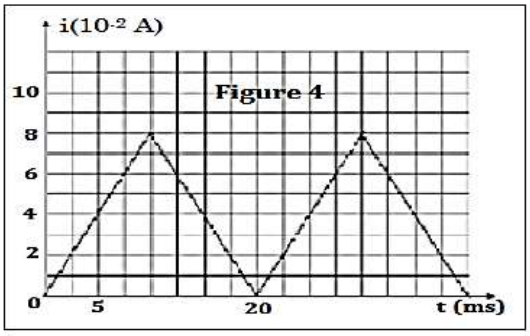
(Figure 3)

4.1.1. Qu'observent-t-ils lorsqu'ils ferment l'interrupteur K ? Quel est le phénomène physique mis en évidence dans cette expérience ?

4.1.2. Comparer les luminosités des lampes (L_1 et L_2), une fois le régime permanent établi ?

Expérience 2 :

4.2. La bobine précédente est insérée dans un autre circuit électrique. Elle est parcourue par un courant dont l'intensité varie en fonction du temps comme le montre la courbe de la figure 4.



4.2.1. Etablir les expressions de l'intensité i du courant électrique en fonction du temps dans les intervalles [0, 10 ms] et [10 ms, 20 ms].

4.2.2. Déterminer la valeur de l'inductance L de la bobine sachant que dans l'intervalle de temps [0, 10 ms], la f.é.m. d'auto-induction a la valeur e_1 = - 280 mV.

4.2.3. En déduire la valeur e_2 de la f.é.m. d'auto-induction dans l'intervalle [10 ms, 20 ms].

4.2.4. Calculer l'énergie magnétique emmagasinée dans cette bobine à la date t =10 ms.

Expérience 3 :

4.3. Ils réalisent maintenant le circuit électrique représenté sur la figure 5, comportant un générateur de tension continue, la même bobine de résistance r et d'inductance L et un conducteur ohmique de résistance R = 100 Ω

À partir de la date t = 0, ils enregistrent l'évolution des tensions visualisées sur les voies Y_A et Y_B lors de la fermeture de l'interrupteur.

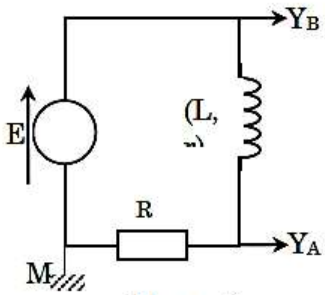


Figure 5

4.3.1. Faire correspondre à chacune des courbes (1) et (2) de la figure 6 la voie de la tension qui permet sa visualisation.

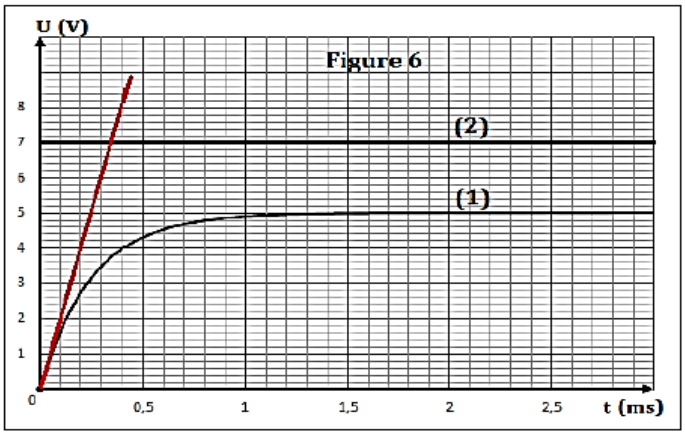
4.3.2. En utilisant les oscillogrammes de la figure 6 :

4.3.2.1 Déterminer l'intensité I_P du courant lorsque le régime permanant est établi.

4.3.2.2 Quelle est la valeur de la tension aux bornes de la bobine en régime permanant.

4.3.2.3 En déduire la valeur de la résistance r de cette bobine.

4.3.2.4 Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ du circuit. En déduire l'inductance L de la bobine.



4.3.3. Etablir l'équation différentielle relative à l'intensité i(t) du courant.

4.3.4. La solution de cette équation différentielle est de la forme : $\mathbf{i(t) = Ae^{\alpha t} + B}$.

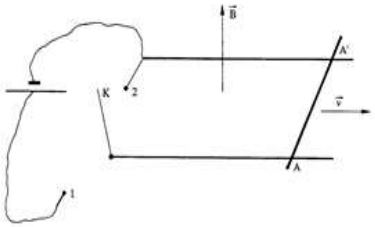
Etablir les expressions de i(t) et de U_{bobine}= $U_b(t)$ en fonction de R, L, r et de la tension E délivrée par le générateur.

Exercice 4 :

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

1.a- K en position 1 et la tige est immobile.

1.b- 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 :

$\frac{dv}{dt} + \frac{I^2B^2}{mR} v = \frac{EI\ B}{mR}$ Vérifier que $v = \frac{E}{BI}\left[1 - \exp(-\frac{I^2B^2}{mR})t\right]$ 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).

Exercice 5 :

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 : $i = \frac{U}{R}\left(1 - \exp(-\frac{R}{L})t\right)$ (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 = τ ?

Exercice 6

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

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

3) Déterminer à l'instant t = 3τ 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.

Quel 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 7

Le montage électrique schématisé sur la figure -3- est constitué d'une bobine d'inductance L et de résistance r, en série avec un résistor de résistance R=875Ω, alimentés par un générateur basse fréquence (GBF), délivrant une tension en créneau.

1- On visualise, simultanément sur l'écran d'un oscilloscope bicourbe, les tensions u_G et u_R. On obtient les deux oscillogrammes suivants:

a- compléter les branchements avec l'oscilloscope pour visualiser u_G sur la voie Y_1 et u_R sur la voie Y_2.

b- Expliquer que la courbe (2) de la figure - 4 - permet de connaître les variations de l'intensité i du courant dans le circuit.

2- On considère la première demi-période où u_G=E=4V : Alors le GBF est équivalent à un générateur de tension idéal de f.é.m. E=4V.

a- Montrer que l'équation différentielle vérifiée par i s'écrit : $\frac{di}{dt} + \frac{R+r}{L} i = \frac{E}{L}$

b) Vérifier que $i(t)=I_0(1-e^{-t/\zeta})$ est une solution de cette équation avec $I_0=E/(R+r)$ et $\zeta=L/(R+r)$

c) Donner la raison pour la quelle le courant électrique s'établit dans la bobine avec un retard par rapport à l'instant initial.

3- Soit I_0 l'intensité du courant en régime permanant. Déterminer, à partir de la courbe (2) de la page 4 la valeur de I_0 puis r.

4- On admet que la tension u_R atteint 63% de sa valeur maximale au bout d'une durée τ appelée constante du temps.

a- Montrer que τ est une constante du temps.

b- Déterminer τ à partir de la courbe (2). Déduire L.

4) a) Donner l'expression de l'énergie emmagasinée par la bobine E_L.

b) Calculer sa valeur lorsque le régime permanent s'établit.

c) Montrer que $dE_L/dt=E.i-(R+r)i^2$

Figure -3-

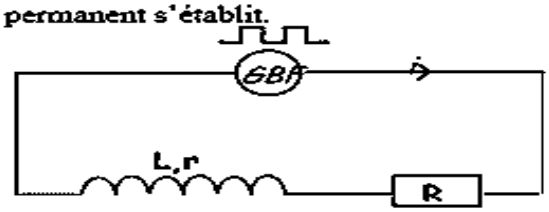
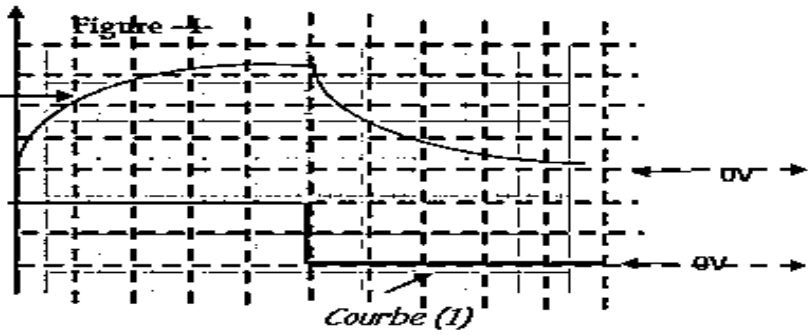
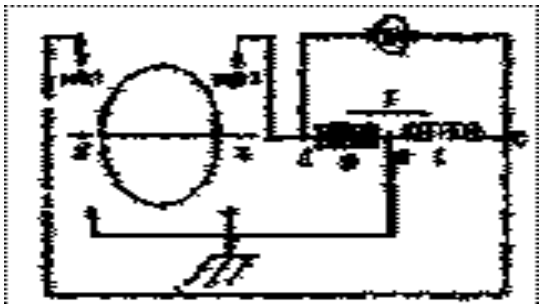


Figure -4-



Exercice 8



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.

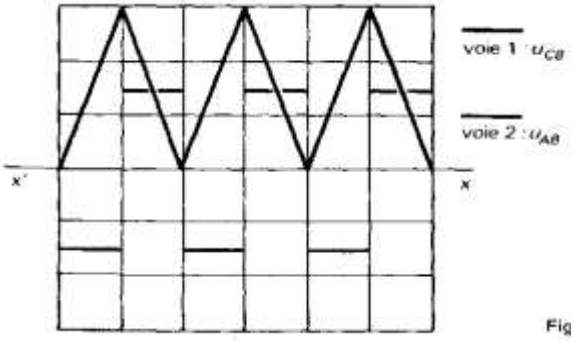
Ce circuit est alimenté par un générateur de tension délivrant des signaux triangulaires. On applique :

- 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 10

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

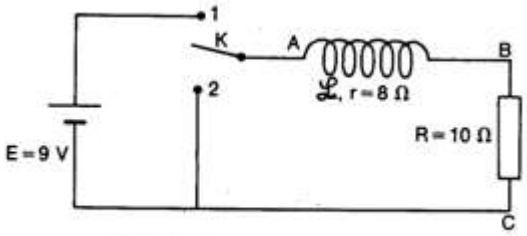


Figure 1

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. 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 :

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

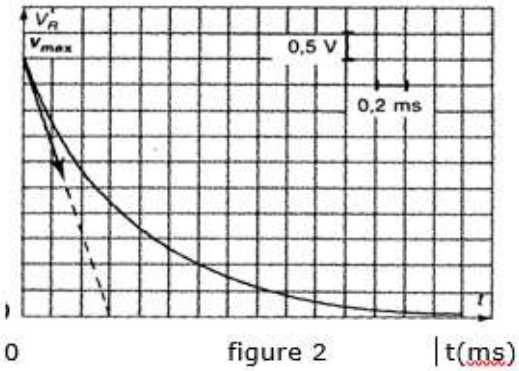


figure 2

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 τ.
A partir de la courbe $V_R = f(t)$ représentée (fig. 2), déterminer t_d et en déduire la valeur de τ.

ETUDE D'UN DIPOLE RC

Exercice1 :

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 τ 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 $R = 2.10^6\ \Omega$, en déduire la capacité C du condensateur.

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_o. 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 $\tau_r = 4{,}6$ t.

Exercice 3 : 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).

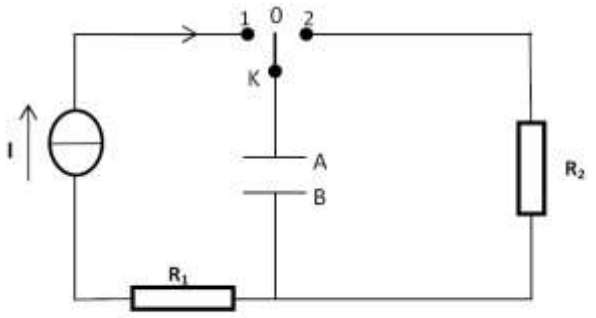


Figure 1

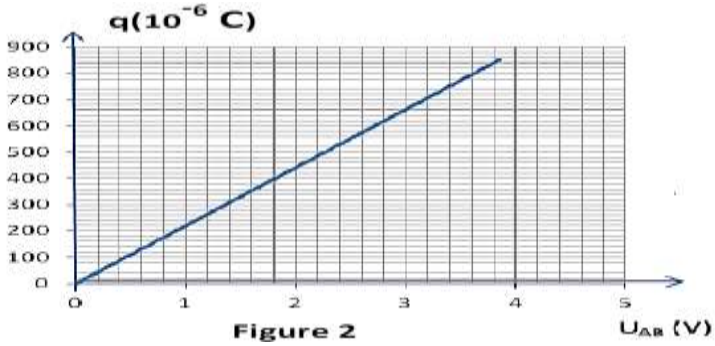


Figure 2

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 β 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 α 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 4

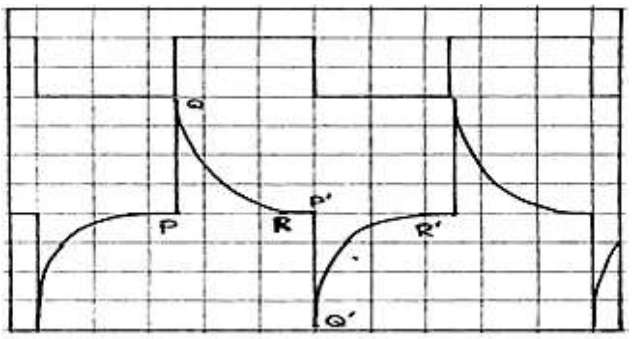
Afin d'étudier la charge et la décharge d'un condensateur, on réalise un circuit comportant en série (voir figure) :

- 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 : $u(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$.

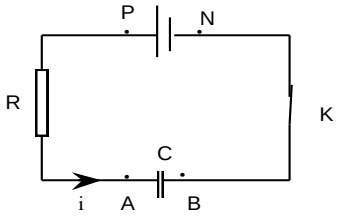
L'origine des dates t = 0 est prise au point O. Dans les conditions de l'expérience, on admet que la tension s'annule dès que $u(t) = \frac{U_0}{40}$

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.

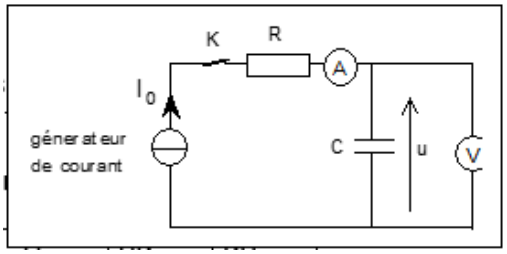
4) Soit t_1 le temps au bout duquel u_C atteint 10% de sa valeur maximale et soit t_2 le temps au bout duquel u_C atteint 90% de sa valeur maximale. Exprimer, en fonction de t, le temps de montée t_d défini par $t_d = t_2 - t_1$. Déterminer la valeur de t. La comparer à la valeur obtenue à la question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

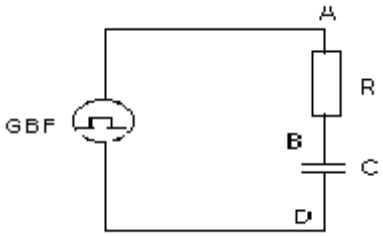
2) Déduire de la courbe tracée la valeur de la capacité C du condensateur.

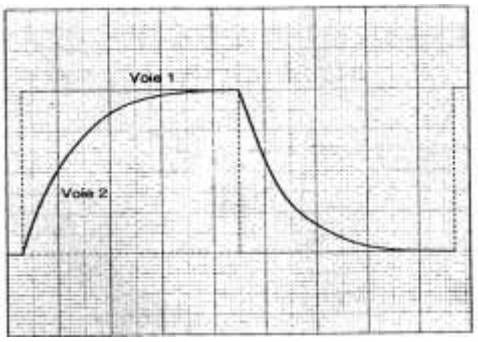
Exercice 7

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 τ 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 : Bac S1 2018

Pour étudier la charge et la décharge d'un condensateur on réalise le circuit de la figure 2 représentée ci-contre.

Données : E = 4 V ; $R_1 = 1\ k\Omega$; $R_2 = 400\ \Omega$; C = 1µF ; L = 0,4 H.

La résistance du générateur et celle de la bobine sont supposées négligeables.

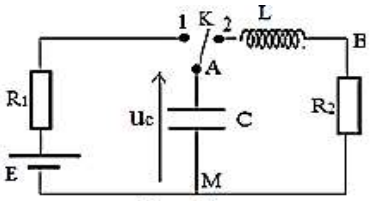


Figure 2

4.1 ***Etude de la charge du condensateur***

Le condensateur étant initialement déchargé, on ferme l'interrupteur K en position 1 à l'instant $t = 0$. On note par $u_c(t)$ la tension aux bornes du condensateur et i(t) l'intensité du courant dans le circuit.

4.1.1 Etablir l'équation reliant les tensions instantanées aux bornes des trois composants du circuit. En déduire l'équation différentielle relative à la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur.

4.1.2 Vérifier que l'expression $u_c(t) = E\,(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ avec $\tau = R_1C$ est solution de l'équation différentielle établie à la question précédente. Donner la signification de τ et calculer sa valeur.

4.1.3 Déterminer l'expression de l'intensité du courant I_0 à $t = 0$; faire l'application numérique.

4.1.4 Déterminer les expressions, à l'instant t, de la puissance fournie par le générateur et de la puissance reçue par le condensateur en fonction de E, R_1, t et τ .

4.1.5 Montrer que le rapport de l'énergie emmagasinée par le condensateur $\mathcal{E}(c)$ sur l'énergie fournie par le générateur $\mathcal{E}(G)$ entre l'instant de fermeture du circuit et une date quelconque $t = x\,\tau$ (x est un nombre positif) est donné par : $\frac{\mathcal{E}(c)}{\mathcal{E}(G)} = \frac{1-e^{-x}}{2}$

4.1.6 Pour différentes dates $t = x\tau$ où x est donné dans le tableau ci-dessous, reproduire le tableau sur la feuille de copie et le compléter.

X	0	0,01	0,10	1	5	10	100	$+\infty$
e^{-x}								
$\frac{\mathcal{E}(c)}{\mathcal{E}(G)}$								

4.1.7 En exploitant le tableau, montrer que l'énergie fournie par le générateur n'est pas totalement reçue par le condensateur. Expliquer pourquoi.

4.1.8 En se servant du tableau, déterminer la quantité de chaleur totale dégagée par effet joule au cours de la charge du condensateur.

4.2 ***Etude de la décharge.***

A la fin de la charge du condensateur, on bascule l'interrupteur K de la position 1 à la position 2.

Cet instant est choisi comme nouvelle origine des dates t = 0.

Les courbes (1) et (2) de la figure 3 représentent dans un ordre quelconque la tension u_{BM} aux bornes du conducteur ohmique de résistance R_2 et la tension u_{AM} aux bornes du condensateur.

4.2.1 Recopier la figure 2 et y indiquer les branchements pour visualiser les tensions u_{AM} à la voie 1 et u_{BM} à la voie 2 d'un oscilloscope.

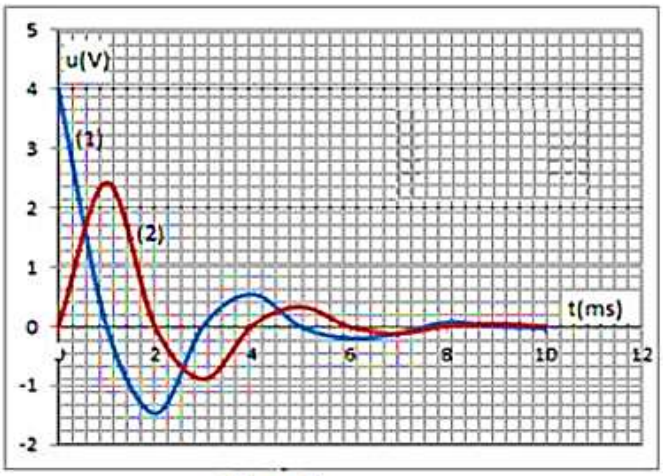


Figure 3

4.2.2 Affecter à chaque courbe la tension correspondante. Justifier.

4.2.3 Expliquer l'allure des courbes. Quelle est la courbe qui montre les variations de l'intensité du courant ? Justifier.

4.2.4 En exploitant la figure 3, déterminer l'énergie restante dans le circuit à la date t = 2 ms. La comparer avec l'énergie du condensateur à $t = 0$.

OSCILLATION ELECTRIQUE LIBRE ET OSCILLATION ELECTRIQUE FORCEES

Exercice 1

1) Un condensateur de capacité C_1 est chargé sous une tension constante U_1 (fig. 1).
Calculer la charge Q_1 portée par l'armature A ainsi que l'énergie emmagasinée E_1.
A.N. : $C_1 = 10^{-6}$ F; $U_1 = 40$ V.

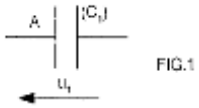


FIG.1

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).

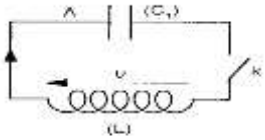


FIG.2

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.

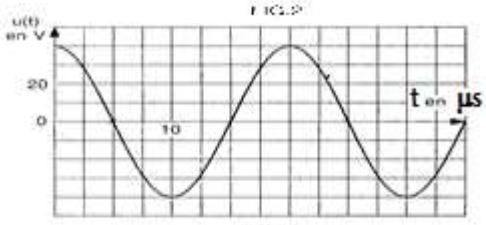
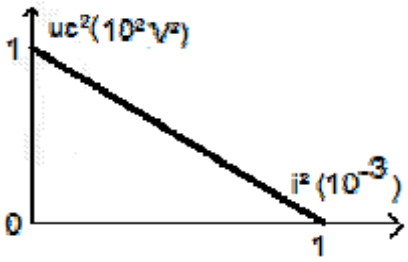


FIG.3

Exercice 2

Un condensateur de capacité C est chargé sous une tension $U_0 = U_{AB} > 0$.
A un instant qu'on choisit comme origine des dates, on relie les bornes A et B du condensateur à celle d'une bobine d'inductance L=1H et de résistance négligeable.

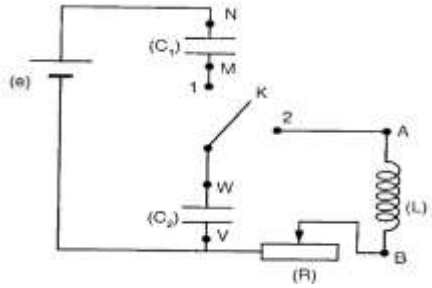
1°) a/ Exprimer l'énergie totale E du circuit en fonction de L,C ,u_c ($u_c = u_{AB}$) et i (intensité du courant dans le circuit)
b /Justifier, très brièvement, pourquoi l'énergie E est constante. L'exprimer en fonction de C et U_0.
2°) Déduire l'équation différentielle relative à uc
3°) a/ Déterminer l'expression de uc^2 en fonction de i^2 , U_0^2 , L et C
b/ On donne ci-contre la courbe représentant la variation de uc^2 en fonction de i^2 . Déterminer les valeurs de
α) U_0, ; β) C : γ) ω_0 ; δ) E



4°) Calculer la valeur de u_c à $t=\frac{T_0}{8}$

Exercice 3 :

On réalise le montage schématisé par la figure ci-contre. Le générateur a une f.é.m. E = 6 V ; les condensateurs ont respectivement pour capacité C_1 et C_2 telles que C_1 = 3 µF, C_2 = 6 µF ; la bobine a une résistance nulle et une inductance L = 2. 10^{-2} H. On note R la résistance du rhéostat.

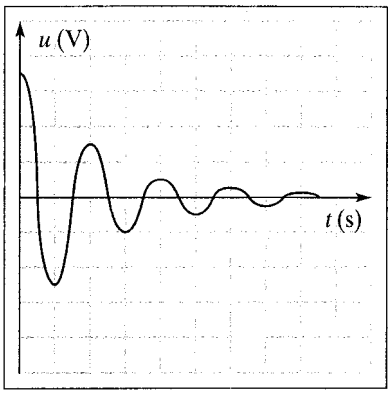


1) Initialement les deux condensateurs sont déchargés. Que se passe-t-il quand l'interrupteur K est mis en position 1 ?
Déterminer la charge et l'énergie acquises par chaque condensateur.
2) À l'instant t = 0 l'interrupteur est mis en position 2.
2.a- Après avoir expliqué, en quelques mots, le phénomène physique qui a lieu, établir l'équation d'évolution de la charge q du condensateur C_2 en précisant le sens positif choisi pour le courant i passant dans l'inductance.
2.b- Montrer que dans le cas où R = 0 l'équation différentielle obtenue a une solution de la forme :
q = Qcos (ωt + φ). Préciser la valeur de φ, calculer les valeurs de Q et ω. Exprimer l'intensité i = f(t) du courant.
Comment est répartie l'énergie dans le circuit à la date t = 2,2 ms ?

Exercice 4:

Un circuit série comprend une bobine d'inductance L et de résistance R, et un condensateur de capacité C.
La figure représente la visualisation sur l'écran d'un oscilloscope, de la tension u en fonction du temps t aux bornes du condensateur au cours de la décharge de celui-ci dans le circuit :

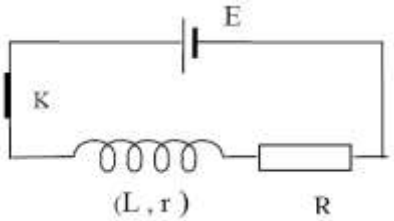
- sensibilité horizontale : 100 µs/div
- sensibilité verticale : 2 V/div



1) Déterminer la période et la fréquence des oscillations électriques pseudo-périodiques.
2) Quelle est la cause de l'amortissement des oscillations ?
3) On admet que l'amortissement ne modifie pas sensiblement la fréquence des oscillations.
Calculer la capacité du condensateur si l'inductance de la bobine est L = 0,1 H.
4) Calculer l'énergie initiale E_e du condensateur.
Calculer l'énergie dissipée E_J par effet Joule lors de la première oscillation.

Exercice 5

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 de force électromotrice E = 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'intensité i du 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

2) Quel est le phénomène physique responsable du retard de l'établissement du courant dans le circuit? Expliquer brièvement.

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 exprimé en fonction de L, R et r.

è_/*-+a) Définir τ et donner sa signification physique. Déterminer graphiquement la valeur de τ.

b) En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine.

<u>Exercice 6</u> (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.

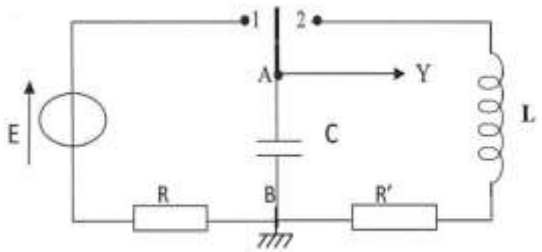


Figure 1

Un oscillographe permet de visualiser la tension aux bornes du 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 ?

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.

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

d) Déterminer graphiquement τ et en déduire la capacité C du condensateur.

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.

b) En déduire l'équation différentielle vérifiée par la tension u.

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

d) Calculer l'énergie maximale emmagasinée par le condensateur.

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.

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

d) Faire correspondre chaque figure à une des trois expériences en justifiant.

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

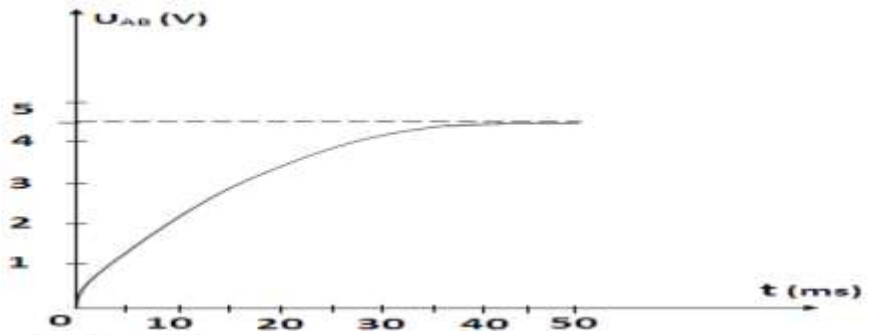


Figure 2

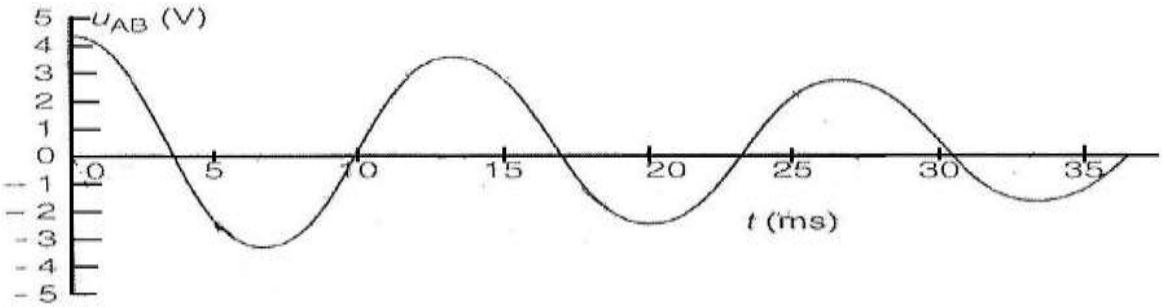


Figure 3

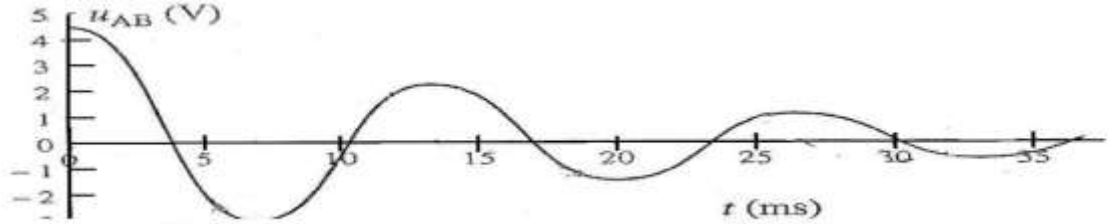


Figure 4

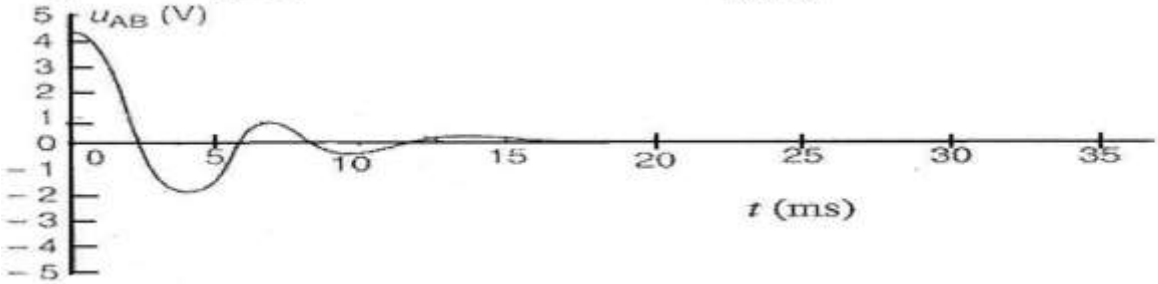


Figure 5

<u>Exercice 7</u> (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.

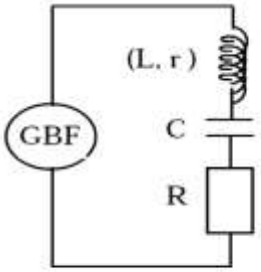


Figure 4


Figure 5a

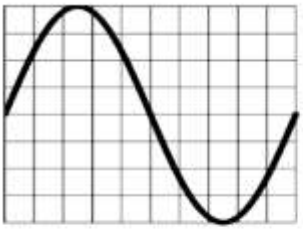


Figure 5b

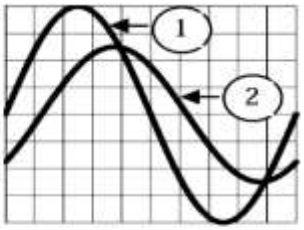


Figure 5d

Exercice 8 (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 résistance 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 9 (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).
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 $U_0 = 3\ V$.

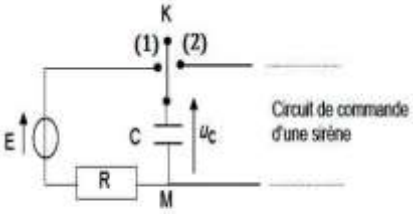


Figure 3

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.

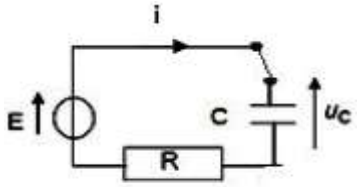


Figure 4

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 ?

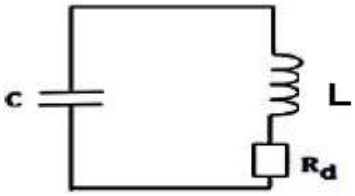


Figure 5

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 $u_c(t) = Kcos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$ 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.

<u>Exercice 10</u> (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.

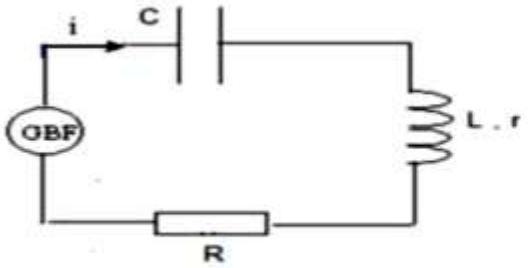


Figure 1

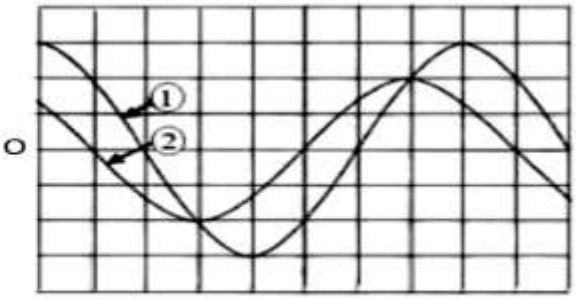


Figure 2

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 11

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.

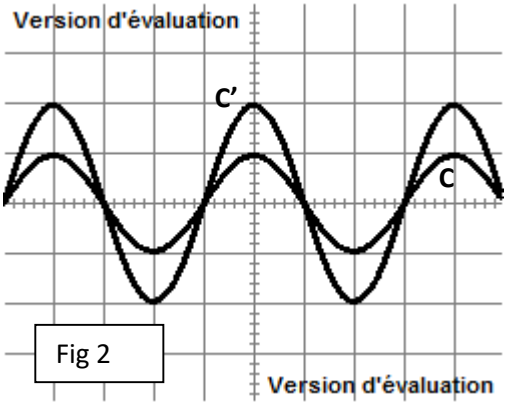


Fig 2

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.

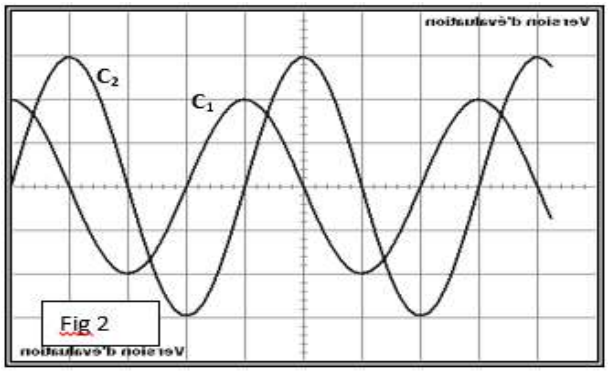


Fig 2

a- Préciser la courbe qui correspond à u(t). Quelle est la nature du circuit ?
b- Montrer que U_{max} = r Imax. 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.

Exercice12 :(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.

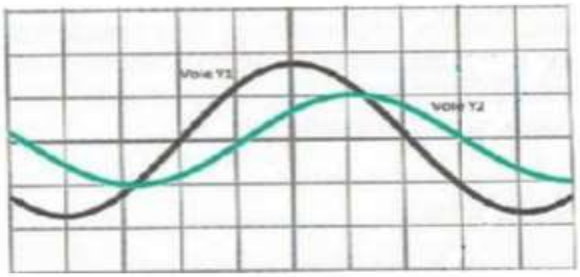
4.2.2 Déterminer le déphasage de la tension aux bornes du générateur sur l'intensité du courant.

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).

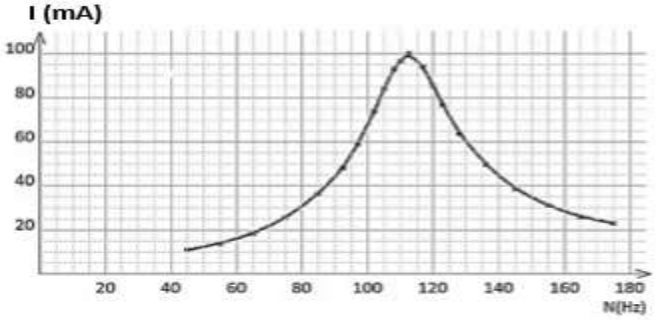
4.3 En maintenant la tension maximale aux bornes du générateur constante, les élèves ont fait varier la fréquence N du GBF et relevé l'intensité efficace I du courant à l'aide d'un ampèremètre.
Les mesures ainsi réalisées leur ont permis de tracer la courbe I = f(N) du document 2.

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.



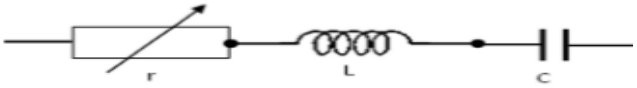
Document 1



Document 2

Exercice13 :(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 φ 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.

Exercice14 :(BAC S2 2020)

Un groupe d'élèves se propose de déterminer expérimentalement certaines caractéristiques d'un dipôle (R, L, C), puis d'en déduire la puissance moyenne consommée ainsi que le facteur de qualité.

Pour cela il monte en série un résistor de résistance $R_0 = 10\ \Omega$, une bobine d'inductance $L = 0{,}1\ H$ et de résistance r, et un condensateur de capacité C. Ensuite il applique aux bornes du dipôle une tension alternative $u(t) = U_m \sin(2\pi N t)$ de fréquence N réglable.

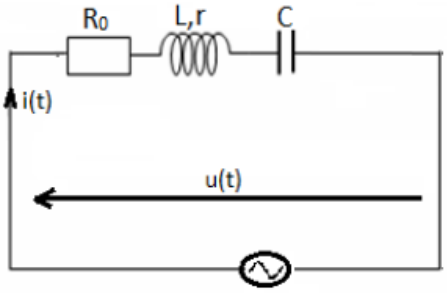


Figure 1

4.1 Le groupe visualise simultanément, à l'aide d'un oscilloscope bicourbe, les deux tensions $u_{R_0}(t)$ et $u(t)$ respectivement aux bornes du résistor R_0 et aux bornes du dipôle (R,L ,C) (figure 1).

Il obtient la figure 2 ci-dessous où sont reproduits les oscillogrammes visualisés.

Les sensibilités verticale et horizontale sont indiquées sur la figure 2 et valent respectivement 2 V / division et $\frac{5}{6}$ ms /division

4.1.1 Montrer que la courbe (a) représente l'évolution de la tension aux bornes du dipôle (R, L, C).

4.1.2 Reproduire le schéma du montage en indiquant les branchements à effectuer pour visualiser les tensions à l'oscilloscope bicourbe.

4.2 A partir des oscillogrammes déterminer :

4.2.1 la fréquence N de la tension $u(t)$ appliquée aux bornes du dipôle (R, L, C) série.

4.2.2 la valeur maximale I_m de l'intensité du courant débitée dans le circuit puis en déduire l'impédance Z du dipôle (R, L, C).

4.2.3 le déphasage de l'intensité du courant $i(t)$ par rapport à la tension u(t) et en déduire l'expression de $i(t)$. Le circuit est-il inductif ou capacitif ? Justifier,

4.3 A partir des résultats précédents, déterminer :

4.3.1 La résistance r de la bobine,

4.3.2 La capacité C du condensateur,

4.3.3 La puissance moyenne consommée par le dipôle (R, L, C).

4.4 Le groupe d'élèves règle maintenant la fréquence du générateur à la valeur N_0, fréquence propre du dipôle (R,L,C), déterminer :

4.4.1 la fréquence N_0.

4.4.2 l'intensité maximale du courant.

4.4.3 le facteur de qualité Q. Conclure

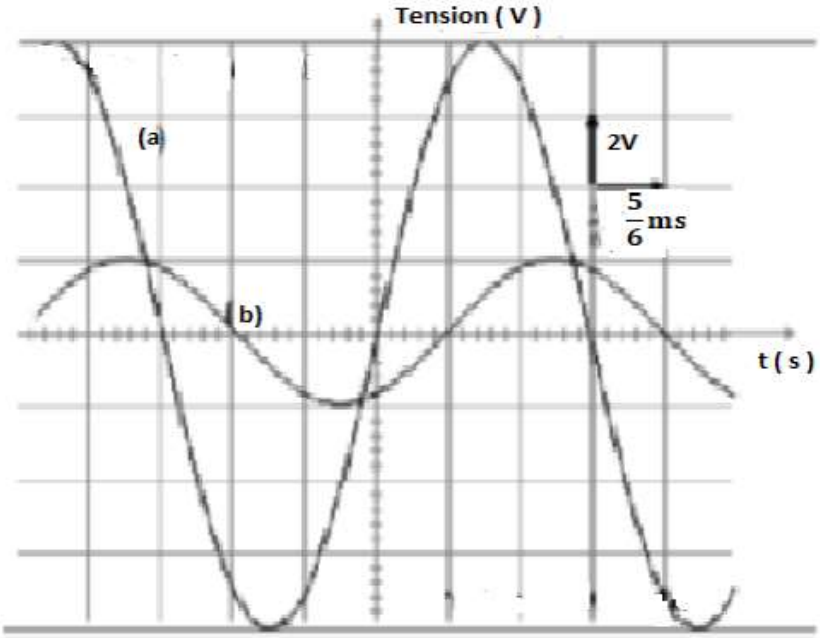


Figure 2

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 : δ_M = 10 µm. 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

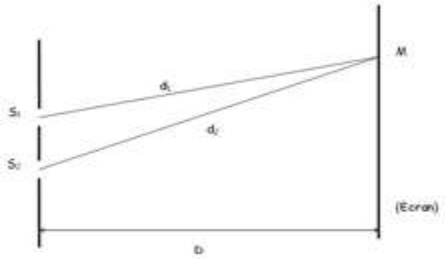
Deux sources lumineuses issues des points S_1 et S_2 interfèrent au point M distant de d_1 et d_2 de ces sources.

On pose $\delta = d_2 - d_1$.

La longueur d'onde de la lumière est λ = 600 nm.

Lorsque δ = 0, il y a une frange brillante d'ordre zéro.

Calculer δ pour la dixième frange brillante.



Exercice 3 : Trous d'Young

On réalise des interférences optiques avec le dispositif des trous de Young. Les ondes lumineuses émises par les sources secondaires S_1 et S_2 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 λ 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 δ 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 λ.

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) Déterminerλ.

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 $d_2 - d_1 = 2{,}5.10^{-6}\ m$.

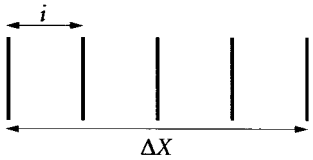
Au point M les interférences sont-elles constructives ou destructives ?

2) Les sources émettent à présent toutes les radiations visibles de longueur d'onde λ_1 = 400 nm et λ_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 fente



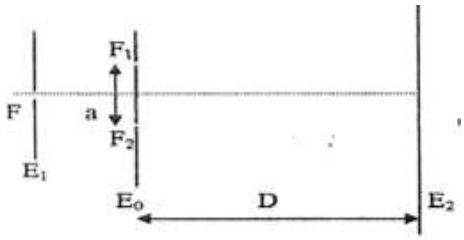
1) Calculer l'écart a entre les fentes.

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.

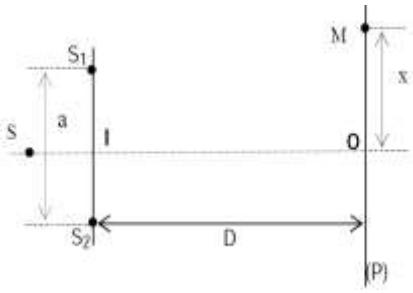
On les éclaire grâce à une troisième fente F percée dans un écran E_1 derrière lequel est placée une lampe à vapeur de sodium.



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 λ_0, D et a puis calculer i.
5) On remplace la source précédente par une source monochromatique dont la longueur d'onde est λ_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 λ_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_1S_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 $S_1M + S_2M \approx 2D$.
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 λ_1 *et* λ_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 λ_1 et λ_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.

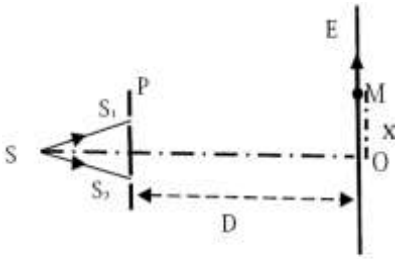


Figure 3

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_2sur l'écran (figure 3).

Etude théorique

1) Recopier la figure, représenter les faisceaux diffractes par les sources S_1 et S_2et 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 ω, 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 $2S_0 cos\left(\frac{\pi\delta}{\lambda}\right)$ 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 λ_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 λ_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 λ_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 λ_1. La frange centrale est notée zéro (0).

Déduire de cette expérience la longueur d'onde λ_2 de la lumière rouge-orangée.

Exercice 11 : (Bac TS_2 2017)

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 :
$\delta = d_2 - d_1 = \frac{ax}{D}$. 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 λ, 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 λ 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}

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.

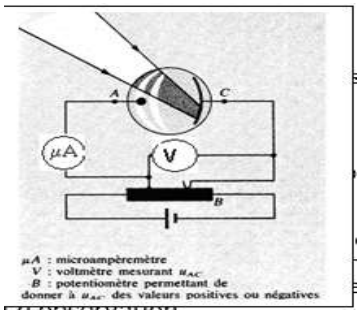
a $(10^{-3}m)$	0,10	0,20	0,30	0,40
i $(10^{-3}\ m)$	6,5	3,3	2 ,2	1,6
i . a				

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 λ_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 λ = 0,150 µm. 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 λ_1 = 0,60 µm, l'autre rouge de longueur d'onde λ_2 = 0,75 µm éclaire une cellule photoélectrique à vide à cathode de césium dont le seuil photoélectrique est λ_0 = 0,66 µm.
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 λ et on détermine l'énergie cinétique maximale des électrons émis pour chaque valeur de λ. On obtient les résultats suivants :

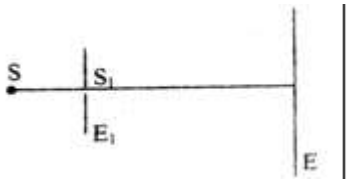
E_c (10^{-19} J)	0,45	1,00	1,77	2,43	3,06

λ (10^{-6} m)	0,500	0,430	0,375	0,330	0,300

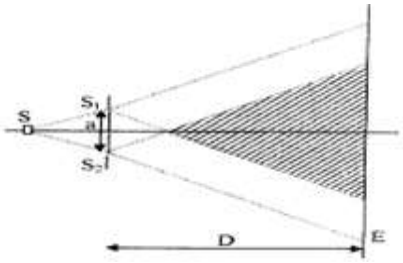
1) En choisissant une échelle convenable, tracer le graphe
$Ec = f(\nu)$ où ν est la fréquence de la radiation monochromatique.
2) A partir du graphe, déterminer la fréquence seuil ν_0 (que l'on définira) et la constante de Planck h.

Exercice 7 : Dualité onde-corpuscule

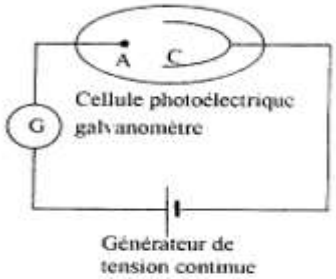
1) On réalise l'expérience représentée par la figure ci-contre.



S est une source lumineuse qui émet une lumière monochromatique de longueur d'onde λ. 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 $1 = 5{,}85\ mm$. Calculer la longueur d'onde λ, 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 : $E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$ $(E_n\ en\ eV\ et\ n \in \mathbb{N}^*)$

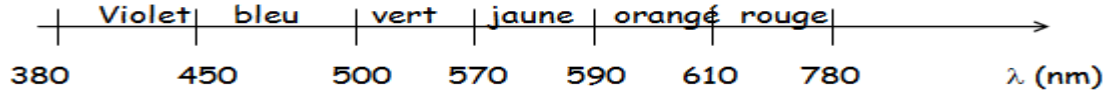
1) Représenter les cinq premiers niveaux sur un diagramme (échelle 1 cm ↔ 1 eV). Quelle est l'énergie minimale de l'atome d'hydrogène ? A quoi correspond-elle ?
2) Donner l'expression littérale de la longueur d'onde $\lambda_{p,m}$, de la radiation émise lors de la transition électronique du niveau n = 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 λ_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 (λ_0) correspondante.
2) a) Dire dans quel(s) cas la lumière de longueur d'onde λ_i est capable

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

b) Parmi les longueurs d'onde λ_i suivantes lesquelles sont susceptibles d'ioniser l'atome ? En déduire l'énergie cinétique de l'électron éjecté : λ_1 = 88 nm ; λ_2 = 121 nm ; λ_3 = 146 nm
c) Quelles sont les longueurs d'onde absorbables par l'atome parmi les longueurs d'onde λ_1, λ_2 et λ_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 : λ_1).
b) Du niveau d'énergie E_2 au niveau d'énergie E_1 (longueur d'onde λ_2).
c) Du niveau d'énergie E_3 au niveau d'énergie E_2 ; (longueur d'onde λ).
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 λ_1, λ_2, λ, 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 λ 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 λ_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.

Exercice 7 (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 $+Z\ e$.

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 ?

Exercice 8 : (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 λ_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 (Bac S2 2019)

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ où n est un entier tel que n ≥ 1 et E_0 = 13,6eV .

Le diagramme de la figure 1 représente sans souci d'échelle quelques niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

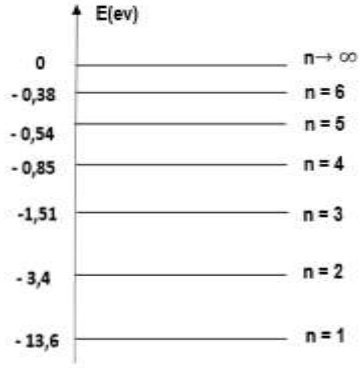


Figure 1

1. Comment qualifie-t-on l'état dans lequel se trouve l'atome d'hydrogène lorsque n = 1 ? Lorsque n > 1 ?

2. On considère l'atome d'hydrogène dans l'état n = 2. On l'expose à une lumière dichromatique de longueurs d'onde λ_R = 657 nm et λ_V = 520 nm. Seule l'une des radiations est absorbée ; identifier la en justifiant.

3. L'électron dans l'atome d'hydrogène passe du niveau n au niveau inférieur p (p < n).

3-1 Montrez que pour une transition de l'électron du niveau n au niveau p, la longueur d'onde du photon émis est donnée par la relation : $\frac{1}{\lambda_{n,p}} = R_H\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2}\right)$ Où R_H est la constante de Rydberg qu'on exprimera.

3-2 Calculer la valeur de cette constante RH ainsi que la longueur d'onde λn,p en nanomètres pour n = 4 et p = 3.

4. Une cellule photoélectrique reçoit le même rayonnement lumineux issu d'une source S de longueur d'onde $\lambda_{4,3}$. L'énergie d'extraction d'un électron du métal qui constitue la cellule est W_0 = 0,5 eV.

4-1 Définir l'effet photoélectrique. Montrer que cet effet est observé pour la cellule ainsi éclairée

4-2 Quel est le caractère de la lumière mis en évidence dans cette expérience ?

4-3 Calculer la vitesse maximale des électrons émis par la cellule.

Données : constante de Planck : h = $6{,}626.10^{-34}$ J .s ; masse de l'électron : m_e= $9{,}1.10^{-31}$ kg ; Célérité de la lumière dans le vide C = 3.10^8 m/s. ; 1 eV = $1{,}6.10^{-19}$ J

Exercice 10 : (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.

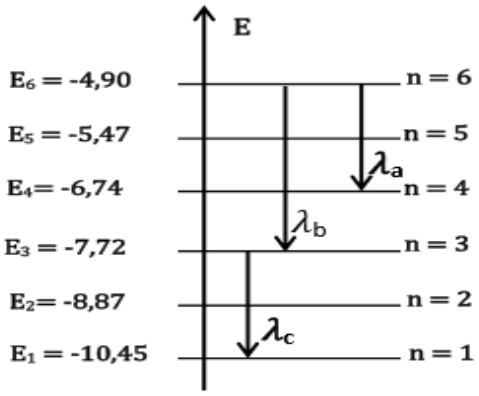
Le document ci-après représente quelques niveaux d'énergie de l'atome de mercure. L'énergie d'un niveau n est noté E_n ; le niveau n = 1 correspond à l'état fondamental.

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 λ_a, λ_b et λ_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 λ_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 δ entre deux rayons lumineux issus de F_1 et F_2 arrivant en un point M(x) en fonction de a, D et x.

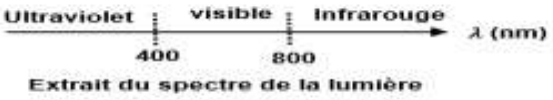
5.2.2.2. En déduire l'expression donnant les abscisses des points de l'écran situés sur une frange obscure.

5.2.2.3. La distance séparant la 5ème frange brillante et la 3ème frange sombre de part et d'autre de la frange centrale compté zéro est d = 1,024 mm. En déduire la valeur de λ_1 .

5.3. La source S émet simultanément la radiation de longueur d'onde λ_1 calculée précédemment et une autre radiation de longueur d'onde λ_2 telle que $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 1{,}5$.

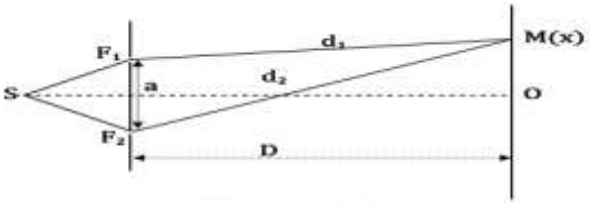
5.3.1. Au point O de l'écran, on a une superposition des franges brillantes correspondant aux deux radiations. A quelle distance ℓ_1 du centre O de l'écran a-t-on pour la première fois une superposition entre les franges brillantes ?

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



Extrait du spectre de la lumière

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

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

Exercice2 : (Bac S2 2018)

Le fer et le cobalt sont des métaux très utilisés dans l'industrie. Ils présentent des propriétés physiques assez voisines et sont des matériaux de base pour les aimants permanents.

Un laboratoire nucléaire décide de comparer d'abord la stabilité du noyau de **cobalt - 59** qui représente la quasi-totalité du cobalt naturel à celle du noyau de **fer - 59** radioisotope lourd utilisé comme traceur dans l'étude du métabolisme du fer, puis d'étudier la radioactivité du **fer - 59**.

5.1 Etude comparative de la stabilité des noyaux de Fer-59 ($^{59}_{26}Fe$) et de Cobalt-59 ($^{59}_{27}Co$)

5.1.1 Donner la composition de chaque noyau. Préciser ce que les deux noyaux ont en commun.

5.1.2 Calculer en MeV les énergies de liaison $E_\ell(^{59}_{26}Fe)$ du fer- 59 et $E_\ell(^{59}_{27}Co)$ du cobalt -59

L'énergie de liaison d'un noyau $^{A}_{Z}X$ de masse m(X) est donnée par : $E_\ell = [\, Z\, m_p + (A-Z)\, m_n - m(X)\,].C^2$

5.1.3 Les valeurs des énergies de liaison permettent-elles de comparer la stabilité des deux noyaux ? Justifier puis comparer la stabilité des noyaux $^{59}_{26}Fe$ et $^{59}_{27}Co$.

5. 2 Etude de la radioactivité du noyau de fer - 59

Le noyau de fer $^{59}_{26}Fe$ se désintègre spontanément en noyau de cobalt avec émission d'une particule $^{A}_{Z}X$

5.2.1 Ecrire, en précisant les lois utilisées, l'équation de désintégration du fer 59 ($^{59}_{26}Fe$).

5.2.2 Nommer la particule émise et expliquer son origine.

5.2.3 Pour déterminer l'activité initiale A_0 d'un échantillon de $^{59}_{26}Fe$ radioactif, le laboratoire dispose, à un instant pris comme origine du temps (t = 0), d'un échantillon de masse $m_0 = 1{,}5$ mg. La mesure de l'activité A(t) de cet échantillon chaque intervalle de dix jours, lui a permis de constater que

$\frac{A(t)}{A(t+10)} = 1{,}17$ (t est exprimé en jours)

5.2.3.1 Définir l'activité A (t) d'un échantillon radioactif et l'exprimer en fonction de A_0, de la constante radioactive λ et de la date t.

5.2.3.2 Calculer la valeur de λ et en déduire celle de la demi-vie T.

5.2.3.3 Calculer l'activité A_0.

5.2.4 Déterminer la masse de fer désintégrée à l'instant t = 10 jours.

Données : 1 u = 931,5 MeV/ C^2 = $1{,}66.10^{-27}$ kg ; vitesse de a lumière dans le vide : C = 3.10^8 m.s^{-1}

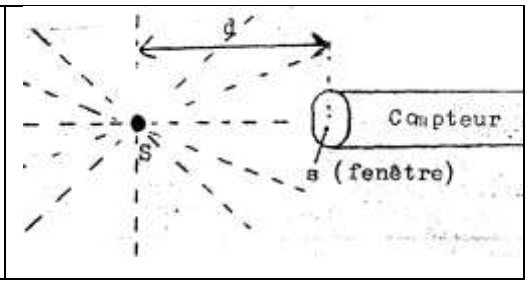
Masse des particules : Proton : m_p = 1,00728 u ; neutron : m_n = 1,00867 u ;

Masse des noyaux au repos : m($^{59}_{26}Fe$) = 58,9348755 u ; m($^{59}_{27}Co$) = 58,9331950 u.

Exercice 3 : Comptage de rayonnements radioactifs

Une source radioactive S était constituée initialement de vanadium $^{52}_{23}V$ pur. Ce nucléide radioactif est émetteur β^- . 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 des 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 λ 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 4 : 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 5: (Extrait Bac C 2020)

Il existe différents procédés pour dater des évènements anciens comme la mort d'un organisme, la formation d'une roche, etc.

La datation par carbone 14, de période 5 700 ans, n'est valide que pour déterminer des âges absolus de quelques centaines d'années, à environ 50 000 ans au plus.

5.1 Dans la haute atmosphère, des neutrons cosmiques interagissent avec des noyaux d'azote 14 selon la réaction nucléaire dont l'équation est : $^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{A}_{Z}X + ^{1}_{1}p$

5.1.1 Identifier la particule X en calculant A et Z.

Données : extrait du tableau de classification périodique des éléments

Extrait du tableau de classification				
Elément	C	N	O	F
Numéro atomique	6	7	8	9

5.1.2 L'étude de l'évolution de la population moyenne d'un ensemble de noyaux radioactifs, permet d'écrire la relation : $\Delta N = -\ \lambda N\ \Delta t$.

Cette relation conduit à la loi de décroissance radioactive : $N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$

Préciser la signification des grandeurs représentées par les lettres $N(t)$, N_0 et λ.

5.1.3. Définir la période radioactive T, puis établir la relation donnant λ en fonction de T

5.1.4. Etablir la relation $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$ donnant l'activité A(t) en fonction de l'activité initiale A_0 et λ.

5.1.5. On se propose de déterminer l'âge d'une poutre en bois d'une tombe ancienne. Pour cela on mesure l'activité radioactive du carbone 14 présent dans 1 g de ce bois et dans 1 g d'un échantillon de bois fraichement coupé.

On mesure une activité de 6,68 désintégrations par minute dans le bois ancien et une activité de 13,5 désintégrations par minute dans le bois frais. Déterminer l'âge t_b du bois de la tombe.

5.2 Pour dater des évènements plus anciens, il existe d'autres méthodes utilisant des noyaux radioactifs de plus grande période. Le potassium 40, par exemple, de période T'= 1,3 10^9 ans, est utilisé pour dater des minéraux volcaniques vieux de quelques centaines de millions à quelques milliards d'années. Le potassium 40 se désintègre en donnant l'argon 40. Une roche volcanique contient du potassium dont une partie est du potassium 40. Au moment de sa formation la roche ne contenait pas d'argon et le potassium 40 disparait en même temps que l'argon 40 apparait.

Un géologue analyse un échantillon de la roche et constate que les noyaux d'argon 40 y sont deux fois moins nombreux que les noyaux de potassium 40.

Calculer l'âge t_r de cette roche.

Exercice 6 : 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 :

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

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 7 : 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_α =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 β^-. Calculer le nombre de désintégrations α et β^-, 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 8 : Radioactivité β^- Activité

Le nucléide $^{108}_{47}Ag$ est radioactif β^-.

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.

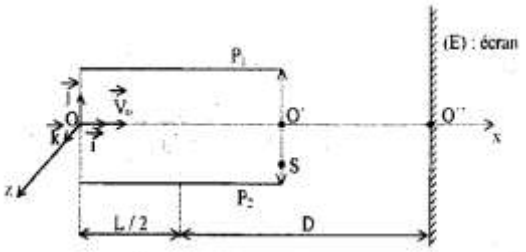
t (min)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
A (Bq)	89	73	63	52	46	39	33	29	24	21	18
lnA											

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 9 :</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 $(O, \vec{\imath}, \vec{\jmath}, \vec{k})$.
(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 $E_{c\alpha}$ 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)

Exercice 10: Radioactivité α. Données : 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.

3.a- 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 α 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 γ. Calculer sa longueur d'onde λ.

Exercice 11 : 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 β$^-$.

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 12: 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 β$^-$ 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).

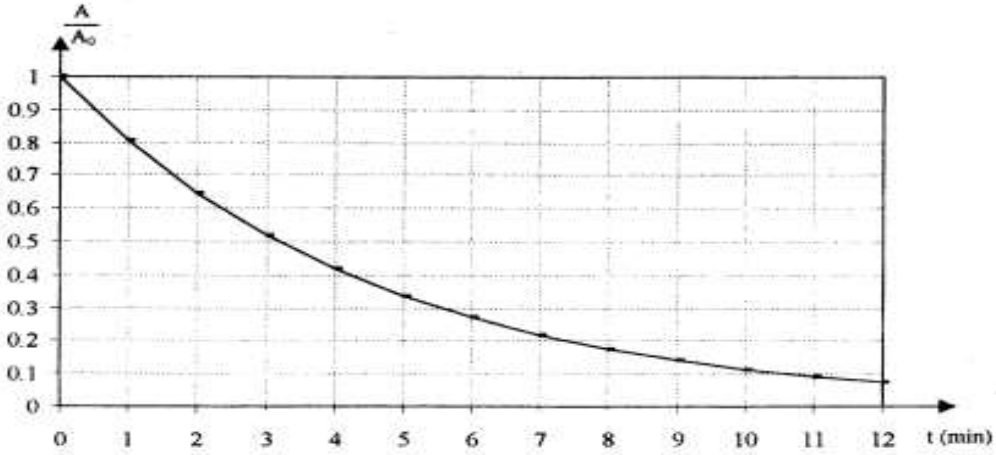
a) Ecrire l'équation bilan de la désintégration.

b) A l'aide d'un compteur, on détermine le nombre moyen de désintégration $\overline{N}$ pendant une durée constante Δt = 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 13 (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 $^{60}_{27}Co$

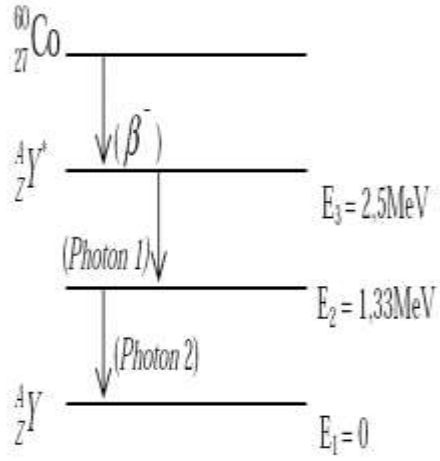
2) Le cobalt $^{60}_{27}Co$est radioactif β^- et a une constante radioactive $\lambda = 4.10^{-9}\ s^{-1}$.

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 $\boldsymbol{N_A = 6,02.10^{23}\ mol^{-1}}$; $\boldsymbol{M(^{60}_{27}Co) = 60\ g.mol^{-1}}$

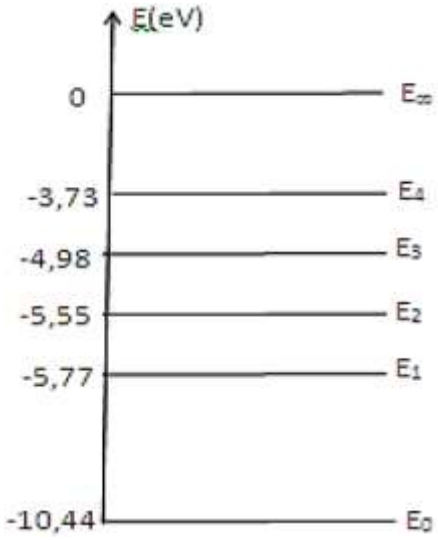
Célérité de la lumière $\boldsymbol{C = 3,00.10^8\ m.s^{-1}}$; Constante de Planck : $\boldsymbol{h = 6,62.10^{-34}\ J.s}$

Exercice 14: 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 $\left({}^{203}_{80}Hg\right)$ qui est un traceur isotopique.
Cet isotope est radioactif β^- ; sa période radioactive est T = 46,69 jours.
a) Rappeler la signification du terme ≪radioactivite β^- ≫ 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 : $N_0 = 2,96 \,.\, 10^{21}$ noyaux.
Déterminer l'activité A_0 de la source radioactive à la date $t_0 = 0$.
c) Déterminer la durée au bout de laquelle l'activité de la source radioactive diminue de $0,14\ A_0$.
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 $\lambda_1 = 253,6\ nm$ 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 λ_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 λ_3 de la radiation émise au cours de la transition $E_2 \longrightarrow E_1$ et établir la relation entre les longueurs d'onde $\lambda_1, \lambda_2\ et\ \lambda_3$
Données :
Constante de Planck : $h = 6,62 \,.\, 10^{-34}\ J.s$
Célérité de la lumière : $C = 3,00.10^8\ m.s^{-1}$
1 électron Volt : $1\ eV = 1,69.10^{-19}\ J$
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 15</u> (Bac TS_2 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 XXIème 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 ν_S.
a) Définir la fréquence seuil.
b) Lorsque le métal choisi est éclairé avec une lumière de fréquence ν, l'énergie cinétique maximale des électrons est $E_{c1} = 1,3\ eV$. Quand on utilise une lumière de fréquence $\nu' = 1,5\nu$ l'énergie cinétique maximale des électrons est $E_{c2} = 3,6\ eV$.
i) Définir le travail d'extraction W_{ext} de l'électron pour un métal donné.
ii) Donner la relation qui existe entre la fréquence ν de la lumière incidente, l'énergie cinétique maximale des électrons E_c et le travail d'extraction 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 $^{2}_{1}\boldsymbol{H}$ naturel et abondant et du tritium $^{3}_{1}\boldsymbol{H}$.

Dans un laboratoire, on provoque la réaction de fusion d'équation : $^{2}_{1}\boldsymbol{H} + {}^{3}_{1}\boldsymbol{H} \longrightarrow {}^{4}_{2}\boldsymbol{He} + {}^{A}_{Z}\boldsymbol{X}$

a) Définir la réaction de fusion nucléaire.

b) Identifier la particule $^{A}_{Z}\boldsymbol{X}$ 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.

Données

Célérité de la lumière dans le vide : $\boldsymbol{c = 3.10^{8}\ m.s^{-1}}$; constante de Planck : $\boldsymbol{h = 6,62.10^{-34}\ J.s}$;

charge élémentaire $\boldsymbol{e = 1,6.10^{-19}\ C}$; $\boldsymbol{1\ eV = 1,6.}10^{-19}\ J$

Masses des noyaux : $m(^{2}_{1}H) = 2{,}01355\ u$; $m(^{3}_{1}H) = 3{,}01550\ u$; $m(^{4}_{2}He) = 4{,}00150\ u$; $m(^{A}_{Z}X) = 1{,}00866\ u$

Unité de masse atomique : $1\ u = 1{,}67.10^{-27}\ kg = 931{,}5\ MeV/c^{2}$

Pouvoir calorifique du pétrole : $42\ MJ.kg^{-1}$

Exercice 16 : (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 α. 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.

Données : 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

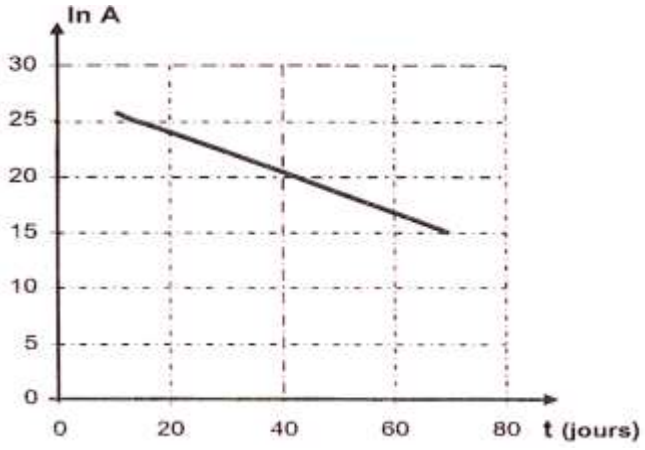
1. En vous servant des informations du texte et de l'extrait de classification périodique, écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondant à la désintégration du radon « radon 222 ».
On suppose que le noyau fils n'est pas produit dans un état excité.

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.

Données : $1bar = 10^{5}Pa$; $R = 8{,}314SI$; $PV = nRT$

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)		$\mathbf{1{,}65.10^{11}}$	$\mathbf{1{,}15.10^{11}}$	$\mathbf{2{,}73.10^{10}}$	$\mathbf{4{,}51.10^{9}}$	$\mathbf{7{,}46.10^{8}}$	$\mathbf{1{,}23.10^{8}}$	$\mathbf{2{,}03.10^{7}}$	$\mathbf{3{,}37.10^{6}}$

-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 λ.

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 λ 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 λ 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.

Exercice 16 : (Bac S_1 2018)

La radiothérapie est utilisée dans certains cas pour le traitement de tumeurs. Le rayonnement utilisé dans ces machines est constitué de particules légères béta moins (β^-) émise par une source de cobalt-60 (^{60}Co). Dans certains cas, il est nécessaire d'utiliser un rayonnement α (^4_2He) plus ionisant.

Le cobalt-60 est un élément radioactif obtenu à partir du cobalt-59 (^{59}Co) bombardé par un flux de neutrons.

Le cobalt-60 a une constante radioactive $\lambda = 3{,}60.10^{-4} jour^{-1}$.

Un condensateur de capacité C = 100 µF, initialement déchargé, est installé à la sortie du rayonnement émis par une source de cobalt-60 à une date prise comme origine des temps t = 0.

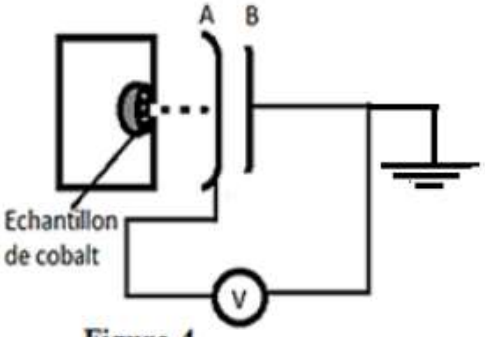


Figure 4

Un dispositif adéquat permet d'assurer que l'essentiel des particules émises arrivent sur l'armature A du condensateur en face de la source (figure 4). L'armature B est reliée à la terre. Un voltmètre indique à chaque instant la tension U_{BA} aux bornes du condensateur.

5.1 Donner la différence entre une réaction nucléaire naturelle et une réaction nucléaire artificielle.

5.2 Ecrire les équations des réactions nucléaires du cobalt citées dans le texte.

5.3 En considérant la réaction spontanée du cobalt, calculer en MeV et en joule l'énergie libérée lors de cette désintégration.

5.4 En déduire l'énergie libérée par désintégration de 1 mg de cobalt-60.

5.5 Au bout de quatre (04) heures, le voltmètre branché aux bornes du condensateur indique une tension $U_{BA} = 10$ V. Exprimer puis calculer :

5.5.1 la charge Q portée par l'armature A du condensateur.

5.5.2 la variation ΔN du nombre de noyau de cobalt-60.

5.5.3 l'activité initiale A_0 de l'échantillon de cobalt-60.

5.5.4 la masse initiale de cet échantillon de cobalt.

Données : Charge élémentaire : $e = 1{,}6.10^{-19}C$; masse molaire atomique du cobalt 60 : $M = 59{,}93\ g.mol^{-1}$;

Nombre d'Avogadro : $\mathcal{N} = 6{,}02.10^{23}\ mol^{-1}$; masse de l'électron : $m = 9{,}11.10^{-31}$ kg.

Masse en unité de masse atomique : $m(^{60}Co) = 59{,}95654$ u ; $m(^{60}Ni) = 59{,}95351$ u ;

$m(^{60}Fe) = 55{,}95614$ u ; Unité de masse atomique : $1u = 1{,}6605.10^{-27}\ kg = 931{,}5\frac{MeV}{C^2}$.

Vitesse de la lumière dans le vide : $C = 3.10^8\ m.s^{-1}$

Extrait du tableau de classification

$_{25}Mn$	$_{26}Fe$	$_{27}Co$	$_{28}Ni$	$_{29}Cu$