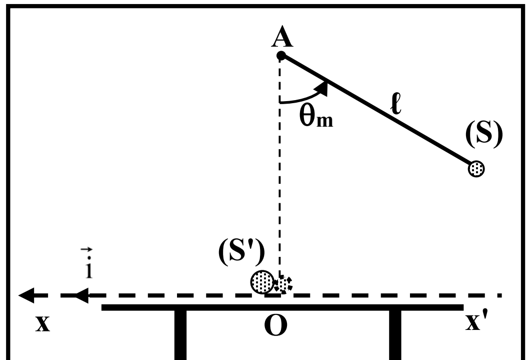
| | |
|---|---|
| مسابقة في مادّة الفيزياء | الاسم: |
| المدّة: ساعتان ونصف | الرّقم: |

يتكوّن هذا الامتحان من ستة تمارين، موزعة على ست صفحات. يجب اختيار **أربعة تمارين فقط**.
إقرأ الأسئلة كلّها بشكل عام وشامل، ومن ثمّ حدّد اختياراتك.
**ملاحظة:** في حال الإجابة عن أكثر من أربعة تمارين، عليك شطب الإجابات المتعلقة بالتمارين التي لم تعد من ضمن اختيارك، لأن التصحيح يقتصر على إجابات التمارين، الأربع الاولى غير المشطوبة، بحسب ترتيبها على ورقة الإجابة. يمكن الاستعانة بالآلة الحاسبة غير القابلة للبرمجة.

## Exercice 1 (5 pts)

### Energie et collision

Le but de cet exercice est de déterminer la hauteur maximale atteinte par un pendule simple suite à une collision frontale et élastique.
Dans ce but, on considère un pendule formé d'une sphère (S), assimilée à une particule, de masse m = 100 g et fixée à l'extrémité inférieure d'un fil inextensible, de longueur $\ell$ = 40 cm et de masse négligeable. L'extrémité supérieure du fil est fixée, en A, à un support.
On écarte le pendule de sa position d'équilibre d'un angle $\theta_m = 60^\circ$ dans un plan vertical ; le fil restant tendu, on abandonne (S) sans vitesse initiale à $t_0 = 0$. Lorsque le pendule passe par sa position d'équilibre, en O, (S) possède une vitesse $\vec{V} = V\,\vec{i}$ avec $\vec{i}$ le vecteur unitaire d'un axe horizontal x'x passant par la position d'équilibre du pendule (Doc. 1).



Doc.1

Négliger toutes les forces de frottement.
Prendre :
- le plan horizontal passant par O comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10\ m/s^2$.

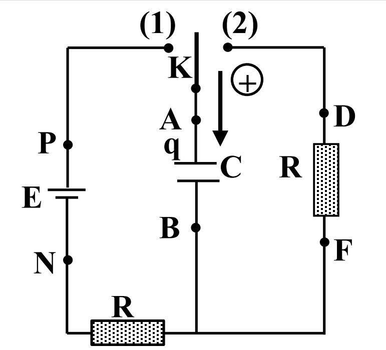
**1)** Déterminer la valeur de l'énergie mécanique Em du système (pendule, Terre).
**2)** Déduire que V = 2 m/s.
**3)** Déterminer la quantité de mouvement $\vec{P}$ et l'énergie cinétique $E_C$ de (S) au point O.
**4)** Lorsque le pendule passe par sa position d'équilibre, (S) entre en collision frontale et élastique avec une autre sphère (S'), assimilée à une particule de masse m', et initialement au repos sur une table horizontale (Doc. 1). Les vitesses de (S) et (S') juste après la collision sont colinéaires suivant x'x.
  **4.1)** Nommer deux grandeurs physiques qui sont conservées juste avant et juste après cette collision.
  **4.2)** Déterminer, en fonction de m', les expressions $v'_1$ et $v'_2$ des valeurs algébriques des vitesses $\vec{v'_1}$ et $\vec{v'_2}$ respectivement de (S) et (S') juste après cette collision.
  **4.3)** Calculer m', sachant que juste après la collision (S) et (S') se déplacent dans deux sens opposés avec des vitesses de même module $\|\vec{v'_1}\| = \|\vec{v'_2}\|$.
  **4.4)** Calculer $v'_1$ et $v'_2$.
**5)** Déterminer la hauteur maximale atteinte par le pendule après cette collision.

## Exercice 2 (5 pts)

### Charge et décharge d'un condensateur

Le but de cet exercice est de déterminer la capacité C d'un condensateur par deux méthodes différentes. Dans ce but on réalise le circuit du document 2, comportant :

- un condensateur, initialement non chargé, de capacité C ;
- deux conducteurs ohmiques identiques de résistance $R = 1\ k\Omega$ ;
- un générateur idéal de f.é.m. E ;
- un commutateur K.



Doc. 2

**1) Charge du condensateur**

À l'instant $t_0 = 0$, on place K à la position (1) et la phase de charge du condensateur commence. À un instant t, l'armature A du condensateur porte une charge q et un courant électrique d'intensité i traverse le circuit.

**1.1)** Etablir l'équation différentielle qui décrit la variation de la tension $u_{AB} = u_C$ aux bornes du condensateur.

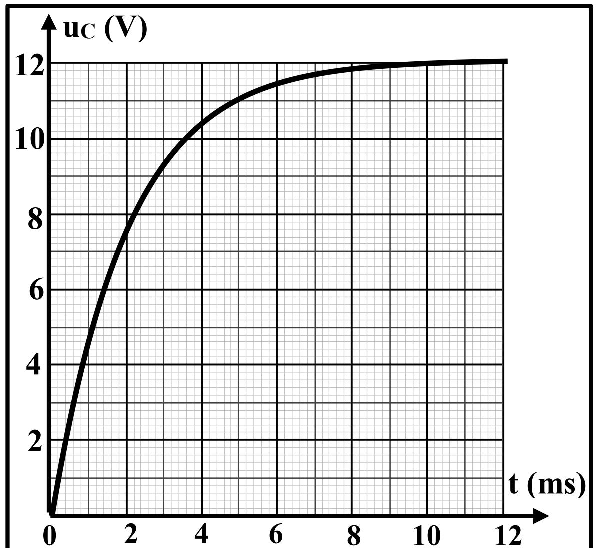
**1.2)** La solution de cette équation différentielle est de la forme : $u_C = a - a\,e^{\frac{-t}{\tau}}$ avec a et τ des constantes. Déterminer les expressions de a et de τ en fonction de E, R et C.

**1.3)** Le document 3 représente l'évolution de $u_C$ avec le temps. En utilisant le document 3 :

**1.3.1)** indiquer la valeur de E ;

**1.3.2)** déterminer la valeur de la constante de temps τ du circuit.

**1.4)** Déduire la valeur de C.



Doc. 3

**2) Décharge du condensateur**

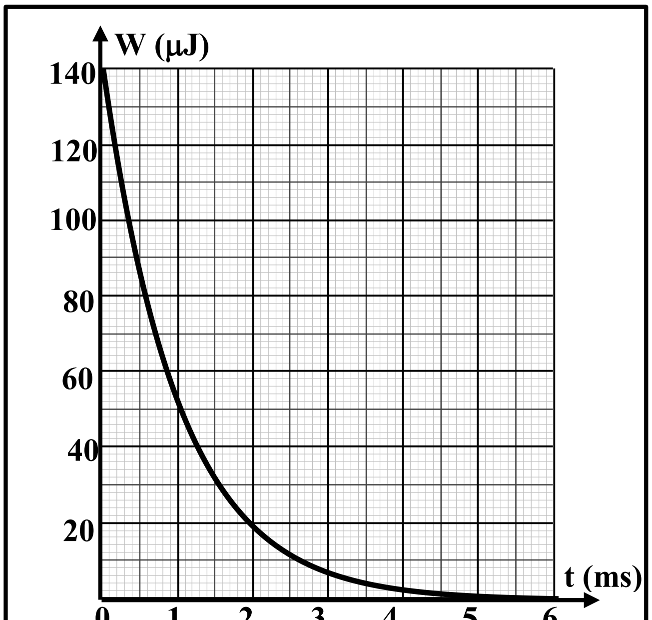
Le condensateur est complètement chargé. À un instant $t_0 = 0$, pris comme nouvelle origine de temps, K est placé à la position (2) et la phase de décharge du condensateur commence. La tension aux bornes du condensateur est :

$$u_{AB} = u_C = E\,e^{\frac{-t}{RC}}$$

**2.1)** Montrer que l'énergie W emmagasinée dans le condensateur, à un instant t, est $W = W_0\,e^{\frac{-2t}{RC}}$, $W_0$ étant une constante à déterminer en fonction de C et E.

**2.2)** Montrer qu'à $t_1 = RC$, l'énergie est $W = 0{,}135\ W_0$.

**2.3)** Le document 4 montre l'évolution de W avec le temps durant la décharge du condensateur. Déterminer la valeur de C, en utilisant le document 4 et le résultat de la partie 2.2.



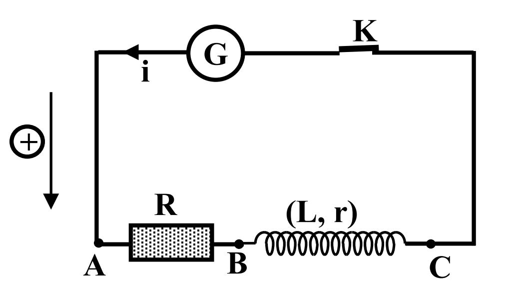
Doc. 4

## Exercice 3 (5 pts)

### Auto-induction

Le but de cet exercice est de déterminer les caractéristiques d'une bobine et de préciser son rôle dans un circuit. Dans ce but on réalise le circuit du document 5, comportant en série :

- un générateur (G) ;
- un conducteur ohmique de résistance $R = 18\ \Omega$ ;
- une bobine d'inductance L et de résistance r ;
- un interrupteur K.



Doc. 5

**1) Caractéristiques de la bobine**

Le générateur (G) délivre une tension constante E = 12 V. À l'instant $t_0 = 0$, K est fermé. À un instant t, le circuit est parcouru par un courant d'intensité i.

**1.1)** Etablir l'équation différentielle qui décrit la variation de $u_R = u_{AB}$ aux bornes du conducteur ohmique au cours du temps.

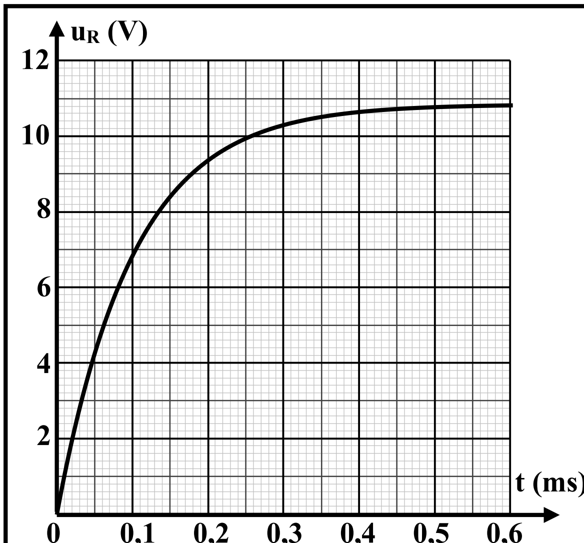
**1.2)** La solution de cette équation différentielle est de la forme : $u_R = a + b\,e^{\frac{-t}{\tau}}$, où a, b et τ sont des constantes. Déterminer les expressions de a, b et τ en fonction de R, r , E et L.

**1.3)** Le document 6 montre l'évolution de $u_R$ au cours du temps. En se référant au document 6, indiquer la valeur maximale de $u_R$ .

**1.4)** Déduire la valeur de r.

**1.5)** En utilisant le document 6, déterminer la valeur de τ.

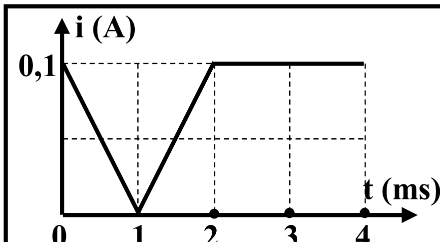
**1.6)** Déduire la valeur de L.



Doc. 6

**2) Rôle d'une bobine**

Le générateur (G) est réglé pour délivrer un courant électrique d'intensité « i » dont l'évolution entre 0 et 4 ms est représenté dans le document 7.



Doc. 7

**2.1)** En utilisant le document 7, recopier puis compléter le tableau suivant.

| Rôle de la bobine | Intervalle de temps | Valeur de la f.é.m d'auto-induction « e » dans la bobine |
|---|---|---|
| La bobine se comporte comme un conducteur ohmique | | |
| La bobine se comporte comme un générateur | | |
| La bobine se comporte comme un récepteur | | |

**2.2)** Justifier le rôle de la bobine dans chacun de ces trois intervalles de temps.

## Exercice 4 (5 pts)

### Spectre d'absorption

**On donne** : Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \times 10^8$ m/s ; Constante de Planck: $h = 6{,}62 \times 10^{-34}$ J.s ;
$1\ \text{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J ; Toutes les longueurs d'ondes dans cet exercice son prises dans le vide.

> La lumière émise par la surface d'une étoile est une lumière dont le spectre est continu. Cependant, en traversant l'atmosphère d'une étoile (la chromosphère), cette lumière est en partie absorbée par les différents éléments chimiques présents, d'où l'apparition de raies sombres dans le spectre relatif à la chromosphère de l'étoile.
> Il en résulte donc un spectre d'absorption dans lequel il est possible de repérer des séries de raies manquantes en identifiant leur longueur d'onde. Ces séries de raies constituent alors la « signature » de chacun des éléments de la chromosphère d'une étoile et permettent ainsi de déterminer sa composition chimique.
>
> **Doc. 8**

**1) Spectre d'absorption**

**1.1)** Indiquer une différence entre spectre d'absorption et spectre d'émission d'un élément.

**1.2)** En utilisant le document 8, indiquer la cause de la présence des raies sombres dans le spectre relatif à la chromosphère d'une étoile.

**1.3)** Chaque élément chimique, à l'état gazeux, possède un spectre d'absorption spécifique. Tirer du document 8 une expression qui confirme cette affirmation.

**2) Série de Balmer**

La série de Balmer est une série de raies spectrales de l'atome d'hydrogène. Chaque raie de cette série correspond à une transition d'un niveau supérieur d'énergie $E_n$ au niveau d'énergie $E_2$.
L'énergie du niveau n de l'atome d'hydrogène est donnée par :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2}\ ;\ \text{avec } E_0 = 13{,}6 \text{ eV et n un entier positif non nul.}$$

**2.1)** Exprimer la longueur d'onde de chacune des raies de la série de Balmer en fonction de $E_n$, $E_2$, h et c.

**2.2)** Montrer que les longueurs d'onde ($\lambda$ en m) des raies de cette série sont données par :

$$\lambda = \frac{91{,}2 \times 10^{-9}}{\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)}, \text{ avec } n \geq 3$$

**2.3)** Calculer, en nm, les valeurs des longueurs d'onde de quatre raies de la série de Balmer de l'atome d'hydrogène correspondant à n = 3, 4, 5 et 6.

**3) Etoile Véga**

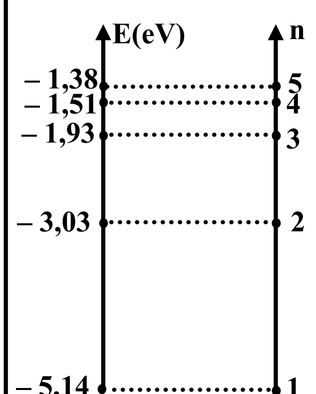
Véga est une des étoiles les plus brillantes du ciel. Les valeurs de certaines longueurs d'ondes des raies manquantes les plus remarquables du spectre d'absorption relatif à la chromosphère de cette étoile sont :
$\lambda_1 = 393{,}3$ nm ; $\lambda_2 = 410{,}4$ nm ; $\lambda_3 = 434{,}2$ nm ; $\lambda_4 = 486{,}4$ nm ; $\lambda_5 = 588{,}2$ nm ; $\lambda_6 = 656{,}6$ nm.

**3.1)** La chromosphère de l'étoile Véga contient de l'hydrogène. Justifier.

**3.2)** Deux des longueurs d'onde mentionnées, ne correspondent pas au spectre d'absorption de l'atome d'hydrogène.
Calculer, en eV, l'énergie de chaque photon qui correspond à chacune de ces deux raies.

**3.3)** En utilisant le document 9, préciser laquelle de ces deux raies correspond à l'atome de sodium probablement présent dans la chromosphère de cette étoile.

**Diagramme simplifié des niveaux d'énergies de l'atome de sodium.**



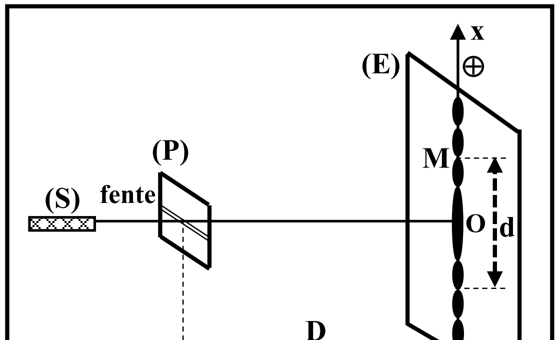

**Doc. 9**

## Exercice 5 (5 pts)

### Diffraction par un fil en soie

Le but de cet exercice est de déterminer le diamètre d'un fil en soie et de choisir le fil convenable pour produire des tenues de course à pied.

Une lumière monochromatique, de longueur d'onde dans l'air $\lambda$ = 650 nm, tombe normalement sur une fente horizontale de diamètre « a » et pratiquée dans un écran opaque (P). La figure de diffraction est observée sur un écran (E) placé perpendiculairement au faisceau de la lumière incidente, et à une distance D = 1m de la fente. O est le centre de la frange brillante centrale. M, un point sur (E), est le centre d'une frange sombre d'ordre n (n entier non nul) sur la figure de diffraction. La position de M est repérée par $x = \overline{OM}$ par rapport à O.
On désigne par « d » la distance séparant les centres des deux franges sombres d'ordre 2, situées de part et d'autre de O (Doc. 10).



Doc. 10

Les angles de diffraction dans cet exercice sont de petites valeurs ;
Pour des angles faibles, prendre $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$ en radian.

**1)** Le phénomène de diffraction de la lumière met en évidence un aspect de la lumière. Nommer cet aspect.
**2)** Écrire en fonction de n, a et $\lambda$, l'expression de l'angle de diffraction $\theta$ de M.
**3)** Montrer que $d = \frac{4\lambda D}{a}$, faire un schéma à l'appui.
**4)** Une usine demande des fils en soie pour produire des tenues de course à pied. On utilise le dispositif de diffraction décrit dans le document 10, mais on remplace la fente par un fil en soie de diamètre « a ». On observe sur (E) une figure de diffraction similaire à celle produite par une fente fine.
  **4.1)** Dans le but de vérifier si le diamètre d'un fil en soie est constant, on l'éclaire en différentes positions. Comment cette méthode permet-elle de vérifier que le diamètre du fil en soie est constant ?
  **4.2)** On dispose de deux fils en soie de diamètre constant chacun. Le diamètre du premier fil est « $a_1$ » et celui du deuxième fil est « $a_2$ ».
  On remarque qu'avec le deuxième fil, la distance « d » correspondante au deuxième fil est plus longue de 7 cm que celle du premier fil. Déduire que $a_1 > a_2$.
  **4.3)** Sachant qu'avec le premier fil d = 13 cm, calculer $a_1$ et $a_2$.
  **4.4)** L'usine demande des fils en soie dont le diamètre est entre 10 µm et 15 µm. Déduire lequel des deux fils en soie est convenable pour produire des tenues de course à pied.

## Exercice 6 (5 pts)

### Noyau de radon 222

**On donne** :

$1u = 931,5\ \frac{MeV}{c^2}$ ;

Célérité de la lumière dans le vide $c = 3 \times 10^8$ m/s ;

Rayon d'un nucléon $r_0 = 1,2 \times 10^{-15}$ m ;

Masse du noyau de radon ${}^{222}_{86}Rn$ : $m_{Rn} = 221,97028$ u.

Masse d'un proton : $m_p = 1,00727$ u ;

Masse d'un neutron : $m_n = 1,00866$ u.

**1) Dimension du noyau de radon ${}^{222}_{86}Rn$**

**1.1)** Calculer le rayon « r » du noyau de radon ${}^{222}_{86}Rn$ .

**1.2)** Sachant que le rayon de l'atome de radon ${}^{222}_{86}Rn$ est environ $R = 1,2 \times 10^{-10}$ m, choisir en justifiant la bonne réponse :

**a)** Le rayon de l'atome de radon est environ 160 fois plus grand que celui du noyau de radon.
**b)** Le rayon de l'atome de radon est environ 1600 fois plus grand que celui du noyau de radon.
**c)** Le rayon de l'atome de radon est environ 16000 fois plus grand que celui du noyau de radon.
**d)** Le rayon de l'atome de radon est environ 160000 fois plus grand que celui du noyau de radon.

**2) Stabilité du noyau de radon ${}^{222}_{86}Rn$**

**2.1)** Indiquer la composition du noyau de radon 222.

**2.2)** Montrer que la masse des nucléons séparés composant le noyau de radon 222 est plus grande que celle du noyau de radon 222.

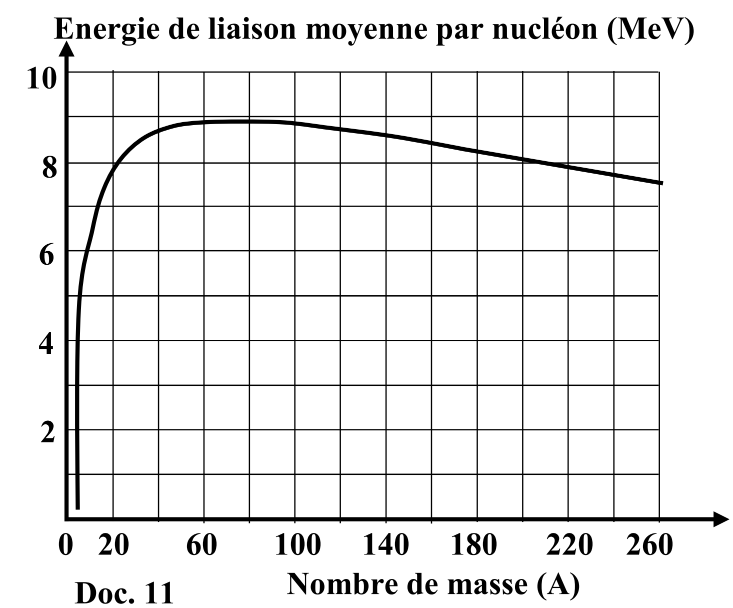
**2.3)** Déduire, en u, le défaut de masse $\Delta m$ du noyau de radon 222.

**2.4)** Ce défaut de masse est converti en énergie équivalente à l'énergie de liaison d'un noyau $E_\ell$.
Définir l'énergie de liaison d'un noyau.

**2.5)** Montrer que l'énergie de liaison du noyau de radon 222 est $E_{\ell(Rn)} = 1707,16$ MeV.

**2.6)** Montrer que le noyau d'uranium ${}^{238}_{92}U$ est moins stable que le noyau du radon ${}^{222}_{86}Rn$ bien que $E_{\ell(U)} = 1801,5$ MeV est plus grande que celle du noyau de radon 222.

**2.7)** La courbe d'Aston du document 11 peut être divisée en trois régions :
Région 1 : 1 < A < 20
Région 2 : 20 < A < 190
Région 3 : A > 190
En se référant à la courbe d'Aston, montrer que bien que le noyau de radon 222 est plus stable que le noyau d'uranium 238, il n'appartient pas à la région des noyaux les plus stables.




Doc. 11

مسابقة الفيزياء
أسس التصحيح - فرنسي

| Exercice 1 (5pts) | Energie et collision | |
|---|---|---|
| **Partie** | **Réponse** | **Note** |
| **1** | $Em = Epp + Ec$ , mais $Epp = mgh$ et $h = \ell(1 - \cos\theta_m)$ et $Ec = 0$<br>Donc $Em = mg\,\ell(1 - \cos\theta_m) = 0{,}1\times10\times0{,}4\times(1 - 0{,}5)$, On aura : $Em = 0{,}2$ J | **0,75** |
| **2** | Pas de frottement donc : $Em_i = Em_O$<br>$Em_i = \frac{1}{2}mV^2$ , donc $0{,}2 = \frac{1}{2}\times0{,}1\times V^2$ ; alors $V = 2$ m/s | **0,25** |
| **3** | $\vec{P} = m\vec{V}$ donc $\vec{P} = 0{,}2\,\vec{i}$ (kg.m/s)<br>$Ec = \frac{1}{2}mV^2$ donc $Ec = 0{,}2$ J | **0,5**<br>**0,5** |
| **4.1** | La quantité de mouvement du système [(S) ; (S')]<br>L'énergie cinétique du système [(S) ; (S')] | **0,25**<br>**0,25** |
| **4.2** | **Conservation de la quantité de mouvement du système [(S) ; (S')]**<br>$\vec{P}_{\text{juste avant}} = \vec{P}_{\text{juste après}}$<br>$m\vec{V} = m\vec{v'_1} + m'\vec{v'_2}$ .<br>collision colinéaire, valeur algébrique de cette relation : $mV = mv'_1 + m'v'_2$<br>Alors: $m(V - v'_1) = m'v'_2$ …. éq. (1)<br>**Conservation de l'énergie cinétique du système [(S) ; (S')]**<br>$Ec_{avant} = Ec_{après}$ ; $\frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}m\,v'^2_1 + \frac{1}{2}m'\,v'^2_2$<br>$m(V^2 - v'^2_1) = m'\,v'^2_2$ … éq. (2)<br>$\frac{\text{éq.}(2)}{\text{éq.}(1)}$ : $V + v'_1 = v'_2$ … éq. (3)<br>En utilisant les éq. (3) et (1), on aura : $v'_2 = \frac{2mV}{m+m'}$ et $v'_1 = \frac{(m-m')V}{m+m'}$<br>On remplace m = 0,1 kg et V = 2 m/s ; on aura : $v'_2 = \frac{0{,}4}{0{,}1+m'}$ et $v'_1 = \frac{(0{,}1-m')2}{0{,}1+m'}$ | **1,25** |
| **4.3** | $\lVert\vec{v'_1}\rVert = \lVert\vec{v'_2}\rVert$ et dans deux sens opposés , donc $\frac{0{,}4}{0{,}1+m'} = -\frac{(0{,}1-m')2}{0{,}1+m'}$<br>$(0{,}1 - m')\,2 = -0{,}4$ ; $m' = 0{,}3$ kg | **0,5** |
| **4.4** | $v'_1 = -1$ m/s et $v'_2 = 1$ m/s | **0,25** |
| **5** | $Em_O = Em_{hmax}$<br>$\frac{1}{2}m\,v'^2_2 = m\,g\,h_{max}$ , donc $\frac{1}{2}\times0{,}1\times1^2 = 0{,}1\times10\times h_{max}$ , Alors : $h_{max} = 0{,}05$ m = 5 cm | **0,5** |

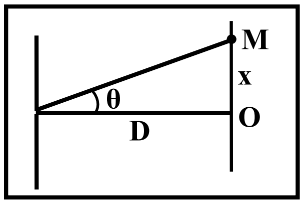
| Exercice 2 (5pts) | Charge et décharge d'un condensateur | |
|---|---|---|
| **Partie** | **Réponse** | **Note** |
| **1.1** | $u_{PN} = u_{PA} + u_{AB} + u_{BN}$ ; $E = u_C + 0 + R\,i$ <br> mais $i = \dfrac{dq}{dt}$ et $q = C \times u_C$ ; donc $i = C\dfrac{du_C}{dt}$ <br> on aura : $E = RC\dfrac{du_C}{dt} + u_C$ | **1** |
| **1.2** | $u_C = a - a\,e^{\frac{-t}{\tau}}$ ; $\dfrac{du_C}{dt} = \dfrac{a}{\tau}\,e^{\frac{-t}{\tau}}$ <br> On remplace $u_C$ et $\dfrac{du_C}{dt}$ dans l'équation différentielle : <br> $E = RC\dfrac{a}{\tau}\,e^{\frac{-t}{\tau}} + a - a\,e^{\frac{-t}{\tau}}$ ; $a\,e^{\frac{-t}{\tau}}\left[\dfrac{RC}{\tau} - 1\right] + a = E$ <br> Cette égalité est vérifiée à tout instant t, par identification : <br> $a\,e^{\frac{-t}{\tau}} \neq 0$ donc $a = E$ et $-\dfrac{RC}{\tau} + 1 = 0$ donc $\tau = R\,C$ <br> Alors : $u_C = E\,(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$ avec $\tau = RC$ | **1** |
| **1.3.1** | $E = 12$ V | **0,25** |
| **1.3.2** | A $t = \tau$: $u_C = 0{,}63\,E = 7{,}56$ V; A partir du document 3: $u_C = 7{,}56$ V à $\tau = 2$ ms | **0,5** |
| **1.4** | $\tau = RC$ donc $2\times10^{-3} = 1000\,C$ , Alors : $C = 2\times10^{-6}$ F | **0,5** |
| **2.1** | $W = \dfrac{1}{2}C\,u_C^2 = \dfrac{1}{2}C\,u_C^2 = \dfrac{1}{2}C\left(E\,e^{\frac{-t}{RC}}\right)^2 = \dfrac{1}{2}C\,E^2 e^{\frac{-2t}{RC}} = W_0\,e^{\frac{-2t}{RC}}$, avec $W_0 = \dfrac{1}{2}C\,E^2$ | **0,5** |
| **2.2** | Pour $t_1 = R\,C$ : $W = W_0\,e^{\frac{-2t_1}{RC}} = W_0\,e^{\frac{-2RC}{RC}} = W_0\,e^{-2} = 0{,}135\,W_0$ | **0,25** |
| **2.3** | $W_0 = 140$ µJ <br> A partir du document 4: pour $W = 0{,}135\,W_0 = 0{,}135 \times 140 = 18{,}9$ µJ donc $t_1 = 2$ ms <br> $t_1 = R\,C$ donc $2\times10^{-3} = 1000\,C$ , alors : $C = 2\times10^{-6}$ F | **1** |

| **Exercice 3 (5pts)** | **Auto-induction** | |
|---|---|---|
| **Partie** | **Réponse** | **Note** |
| **1.1** | $u_G = u_R + u_{bobine}$ $E = u_R + r\,i + L\dfrac{di}{dt}$ , Mais $i = \dfrac{u_R}{R}$ donc $\dfrac{di}{dt} = \dfrac{1}{R}\dfrac{du_R}{dt}$<br>On aura : $E = u_R + r\dfrac{u_R}{R} + \dfrac{L}{R}\dfrac{du_R}{dt}$ ; Alors $(R + r)\,u_R + L\dfrac{du_R}{dt} = R\,E$ | **0,5** |
| **1.2** | $u_R = a + b\,e^{\frac{-t}{\tau}}$ donc $\dfrac{du_R}{dt} = -\dfrac{b}{\tau}e^{\frac{-t}{\tau}}$ , On remplace dans l'équation différentielle :<br>$(R + r)\,a + (R + r)\,b\,e^{\frac{-t}{\tau}} - L\dfrac{b}{\tau}e^{\frac{-t}{\tau}} = R\,E$ ; $(R + r)\,a + [(R + r) - \dfrac{L}{\tau}]\,b\,e^{\frac{-t}{\tau}} = R\,E$<br>Cette égalité est vérifiée à tout instant t, par identification :<br>$(R + r)\,a = R\,E$ et $[\dfrac{L}{\tau} - (R + r)] = 0$ ; puisque $I_m\,e^{\frac{-t}{\tau}} \neq 0$<br>Alors $a = \dfrac{R\,E}{R+r}$ et $\tau = \dfrac{L}{R+r}$<br>A $t = 0$: $u_R = 0$, donc $0 = a + b$ , alors $b = -a$ et $b = -\dfrac{R\,E}{R+r}$ | **0,75** |
| **1.3** | $u_{R(max)} = 11$ V | **0,25** |
| **1.4** | $u_{R(max)} = a$ , mais $a = \dfrac{R\,E}{R+r}$ alors $a = \dfrac{R\,E}{R+r} = 11$ V , donc $\dfrac{18\times12}{18+r} = 11$ ,<br>donc $r = 1{,}63\ \Omega$ | **0,5** |
| **1.5** | A $t = \tau$: $u_R = 0{,}63 \times 11 = 6{,}93$ V; A partir du document 6: $\tau = 0{,}1$ ms | **0,5** |
| **1.6** | $\tau = \dfrac{L}{R+r}$ , donc $0{,}1\times 10^{-3} = \dfrac{L}{18+1{,}63}$ , donc $L = 1{,}96 \times 10^{-3}$ H | **0,25** |
| **2.1** | (voir tableau ci-dessous) | **0,5**<br>**0,5**<br>**0,5** |
| **2.2** | • entre 2 ms et 4 ms : $u_{bobine} = r\,i + L\dfrac{di}{dt} = ri$ , la bobine se comporte comme un conducteur ohmique<br>• entre 0 and 1 ms :<br>Méthode 1 : e > 0 ; et i > 0 donc e.i > 0 ; donc la bobine se comporte comme un générateur<br>Méthode 2 : $W = \dfrac{1}{2}L\,i^2$ ; i diminue, donc W diminue donc la bobine se comporte comme un générateur<br>Méthode 3 : i diminue de 0.1 A à 0, conformément à la loi de Lenz, e tend à s'opposer à cette diminution, donc elle joue le rôle d'un générateur.<br>• entre 1ms and 2 ms :<br>Méthode 1 : e < 0 ; et i > 0 donc e.i < 0 ; donc la bobine se comporte comme un récepteur<br>Méthode 2 : $W = \dfrac{1}{2}L\,i^2$ ; i augmente, donc W augmente donc la bobine se comporte comme un récepteur<br>Méthode 3 : i augmente de 0 à 0.1 A, conformément à la loi de Lenz, e tend à s'opposer à cette augmentation, donc elle joue le rôle d'un récepteur. | **0,25**<br>**0,25**<br>**0,25** |

Tableau de la partie 2.1 :

| Rôle de la bobine | Intervalle de temps | Valeur de la f.é.m d'auto-induction « e » dans la bobine |
|---|---|---|
| La bobine se comporte comme un conducteur ohmique | entre 2 ms et 4 ms | $e = -L\dfrac{di}{dt}$ ; mais i = 0.1 A ; e = 0 V |
| La bobine se comporte comme un générateur | entre 0 et 1 ms | $e = -L\dfrac{di}{dt}$ ; $e = -1.96 \times 10^{-3} \times (-100)$ ; e = 0,196 V |
| La bobine se comporte comme un récepteur. | entre 1 ms et 2 ms | $e = -L\dfrac{di}{dt}$ ; $e = -1.96 \times 10^{-3} \times (100)$ ; e = -0,196 V |

| **Exercice 4 (5 pts)** | **Spectre d'absorption** | |
|---|---|---|
| **Partie** | **Réponse** | **Note** |
| **1.1** | Spectre d'absorption est un spectre continu comportant des raies noires.<br>Spectre d'émission est formé d'une série de raies brillantes | **0,5** |
| **1.2** | Lorsque la lumière émise par la surface d'une étoile traverse l'atmosphère d'une étoile (la chromosphère), elle est en partie absorbée par les différents éléments chimiques présents, d'où l'apparition de raies sombres dans le spectre relatif à la chromosphère de l'étoile. | **0,5** |
| **1.3** | Ces séries de raies constituent alors la « signature » des différents éléments | **0,25** |
| **2.1** | $E_{photon} = E_n - E_2$ ; $\frac{hc}{\lambda} = E_n - E_2$ ; donc $\lambda = \frac{hc}{E_n - E_2}$ | **0,5** |
| **2.2** | $\lambda = \frac{hc}{E_n - E_2} = \frac{6{,}62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{13{,}6\times\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2}\right)\times1{,}6\times10^{-19}} = \frac{91{,}2\times10^{-9}}{\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{n^2}\right)}$ | **0,75** |
| **2.3** | $\lambda_{3\to2} = 656{,}6$ nm ; $\lambda_{4\to2} = 486{,}4$ nm ; $\lambda_{5\to2} = 434{,}2$ nm ; $\lambda_{6\to2} = 410{,}4$ nm ; | **1** |
| **3.1** | La majorité des valeurs des longueurs d'ondes de son spectre d'absorption :<br>$\lambda_2 = 410{,}4$ nm ; $\lambda_3 = 434{,}2$ nm ; $\lambda_4 = 486{,}4$ nm ; et $\lambda_6 = 656{,}6$ nm<br>Correspondent à la série Balmer de l'atome d'hydrogène. | **0,5** |
| **3.2** | $\lambda_1 = 393{,}3$ nm : $Eph_1 = \frac{hc}{\lambda_1} = 3{,}15$ eV<br>$\lambda_5 = 588{,}2$ nm : $Eph_5 = \frac{hc}{\lambda_5} = 2{,}11$ eV | **0,25**<br>**0,25** |
| **3.3** | $E_1 + Eph_5 = -5.14 + 2.11 = -3.03$ eV $= E_2$ ; Donc c'est la radiation $\lambda_5$. | **0,5** |

| Exercice 5 (5 pts) | Diffraction par un fil en soie | |
|---|---|---|
| **Partie** | **Réponse** | **Note** |
| **1** | Aspect ondulatoire de la lumière | **0,25** |
| **2** | Frange sombre: $\sin\theta = n\frac{\lambda}{a}$ , puisque θ faible donc $\sin\theta = \theta = n\frac{\lambda}{a}$ | **0,75** |
| **3** | On considère le triangle rectangle de sommets O, M et le centre de la fente :<br>$\tan\theta \cong \theta = \frac{x}{D}$ ,<br>donc $x = \theta D = \frac{n\lambda D}{a}$<br><br><br>Pour la deuxième frange sombre du côté positif : $x = \frac{2\lambda D}{a}$<br>Pour la deuxième frange sombre du côté négatif : $x = \frac{-2\lambda D}{a}$<br>**Donc** $d = \frac{2\lambda D}{a} - (\frac{-2\lambda D}{a}) = \frac{4\lambda D}{a}$ | **1,5** |
| **4.1** | Si la distance d reste constante donc le diamètre du fil est constant puisque λ et D ne varient pas. **Ou bien** la largeur de la tache centrale reste constante | **0,5** |
| **4.2** | $d = \frac{4\lambda D}{a}$ ; $\lambda D$ = constante, donc d et a sont inversement proportionnels.<br>Puisque $d_2 > d_1$ alors $a_2 < a_1$. | **0,5** |
| **4.3** | Pour le premier fil, d = 13 cm.<br>$d = \frac{4\lambda D}{a_1}$ ; $a_1 = \frac{4\times 650\times 10^{-9}\times 1}{13\times 10^{-2}} = 2\times 10^{-5}$ m = 20 μm<br>Pour le deuxième fil, d = 20 cm.<br>$d = \frac{4\lambda D}{a_2}$ ; $a_2 = \frac{4\times 650\times 10^{-9}\times 1}{20\times 10^{-2}} = 1.3\times 10^{-5}$ m = 13 μm | **0,5**<br>**0,5** |
| **4.4** | Il doit choisir le deuxième fil car son diamètre est compris entre 10 et 15 μm | **0,5** |

| Exercice 6 (5 pts) | Noyau de radon 222 | |
|---|---|---|
| **Partie** | **Réponse** | **Note** |
| **1.1** | Le rayon d'un noyau : $r = r_0 \times A^{1/3} = 1{,}2\times10^{-15}\times222^{1/3} \approx 7{,}26\times10^{-15}$ m. | **0,5** |
| **1.2** | c) Le rayon de l'atome de radon est environ 16000 fois plus grand que celui du noyau de radon.<br>**Justification** :<br>Pour comparer les tailles, on calcule le rapport $\frac{R}{r} = \frac{1{,}2\times10^{-10}}{7{,}26\times10^{-15}} \cong 16528$ ,<br>Ce rapport indique que le rayon de l'atome de radon est environ 16000 fois plus grand que celui du noyau de radon. | **0,25**<br><br>**0,5** |
| **2.1** | Le noyau de radon ${}^{222}_{86}Rn$ est composé de :<br>**Protons** : Z = 86 (c'est le numéro atomique du radon)<br>**Neutrons** : N= A−Z=222−86=136 | **0,25**<br><br>**0,25** |
| **2.2** | Masse des nucléons séparés = $Z\times m_p + N\times m_n = 86\times m_p + 136\times m_n$<br>Masse des nucléons séparés = 86×1,00727 + 136×1,00866 =<br>86,62522 + 137,17776 = 223,80298 u > 221,97028 u | **0,75** |
| **2.3** | Δm = Masse des nucléons séparés − Masse du noyau = 1,8327 u | **0,25** |
| **2.4** | L'énergie de liaison est l'énergie qu'il faut donner au noyau pour le scinder entièrement.<br>**Ou bien** : pour briser complètement le noyau en ses particules constituantes, il faut fournir au noyau une certaine quantité d'énergie. Cette quantité d'énergie est appelée énergie de liaison du noyau.<br>**Ou bien** : c'est l'énergie que doit fournir le milieu extérieur pour séparer (briser-scinder) le noyau au repos en ses nucléons libres au repos. | **0,5** |
| **2.5** | $E_\ell = \Delta m \times c^2 = 1{,}8327 \times 931{,}5\ \frac{MeV}{c^2} \times c^2 = 1707{,}16\ MeV$ | **0,5** |
| **2.6** | Pour comparer la stabilité des noyaux, on calcul l'énergie de liaison par nucléon :<br>Pour le radon 222 : : $\frac{E_\ell}{A} = \frac{1707{,}16}{222} = 7{,}68$ MeV/nucléon<br>Pour l'uranium 238 : $\frac{E_\ell}{A} = \frac{1801.5}{238} = 7{,}56$ MeV/nucléon<br>Puisque 7,68 > 7,56, donc le radon est plus stable | **0,5**<br><br>**0,25** |
| **2.7** | La courbe d'Aston montre que les noyaux les plus stables sont ceux dont l'énergie de liaison par nucléon est la plus grande, donc la région 2 20 < A < 190.<br>Le radon-222, bien que plus stable que l'uranium-238, il n'appartient pas à cette région des noyaux les plus stables. | **0,5** |