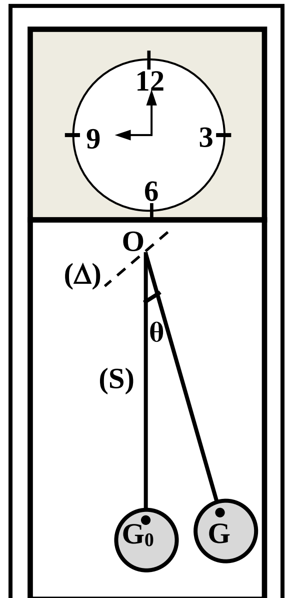
مسابقة في: مادة الفيزياء	الاسم:
المدّة: ثلاث ساعات	الرقم:

Cette épreuve est formée de quatre exercices répartis sur quatre pages.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Exercice 1 (7,5 points) Pendule pesant d'une horloge

Une horloge, comportant un pendule pesant (S), peut être équipée d'une pile sèche pour fonctionner normalement. Le pendule (S) de cette horloge est formé d'une tige rigide et d'un disque fixé à sa partie inférieure (Doc.1).



Doc .1

Le pendule peut osciller dans un plan vertical autour d'un axe horizontal (Δ) passant par l'extrémité supérieure O de la tige. La distance entre O et le centre de masse G du pendule est OG = a = 20 cm.

Soit G_0 la position de G lorsque le pendule est dans sa position d'équilibre stable. La masse de (S) est m = 40g et son moment d'inertie, par rapport à (Δ), est I = 0,002 kg.m^2.

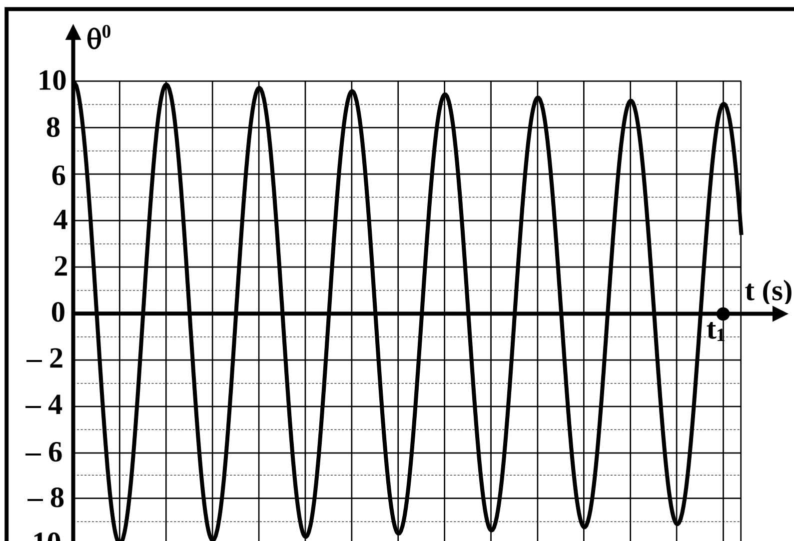
Le pendule est écarté, à partir de sa position d'équilibre, d'un petit angle $\theta_m = 10^o = 0{,}1745$ rd puis il est lâché sans vitesse initiale à $t_o = 0$. (S) oscille alors autour de (Δ). À un instant t, la position du pendule est repérée par son élongation angulaire $\theta = (\overrightarrow{OG_0}, \overrightarrow{OG})$, et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$.

Prendre :

- le plan horizontal passant par G_0 comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 9{,}8$ m/s^2; $\cos\theta \cong 1 - \frac{\theta^2}{2}$ et $\sin\theta \cong \theta$ (θ en rd) pour $\theta \leq 10^o$.

1) Oscillations de (S) sans pile sèche.

L'horloge n'est pas équipée d'une pile sèche. Le document 2, représente l'évolution de θ en fonction du temps t.



Doc. 2

1-1) Déterminer, en utilisant le document 2, les énergies mécaniques Em_0 à $t_0 = 0$ et Em_1 à $t = t_1$du système [(S), Terre].

1-2) Déduire que le pendule est soumis à une force de frottement.

1-3) Déterminer, entre t_0 et t_1, la valeur moyenne de l'énergie mécanique perdue par le système [(S), Terre] pendant une oscillation.

1-4) Préciser le type d'oscillation.

1-5) Calculer la valeur approximative de la pseudo-période de (S) sachant que $t_1 = 7{,}025$ s.

1-6) Le moment du poids de (S) par rapport à (Δ) est $\mathcal{M}_{m\vec{g}} = -\, m\, g\, a \sin\theta$. Montrer, en appliquant le théorème du moment cinétique sur (S), que le moment de la force de frottement est :
$\mathcal{M}_{\overrightarrow{fr}} = 0{,}002\,\theta'' + 0{,}0784\,\theta$ (S.I.).

1-7) Certaines valeurs de θ, θ′ et $\theta'' = \frac{d\theta'}{dt}$, données par un système approprié, à des instants particuliers, sont inscrites dans le tableau ci-dessous :

t (S)	0	0,183	6,603	8,415	12,67
θ (rd)	0,1745	0,0714	- 0,1284	- 0,1306	- 0,0747
θ″ (rd/s²)	- 6,8404	- 2,7689	5,0153	5,1345	2,9042
θ′(rd/s)	0	- 1	0,6	- 0,5	0,8
$\mathcal{M}_{\vec{fr}}$ (N.m)	0		$-3,6 \times 10^{-5}$		$- 4,8 \times 10^{-5}$
$\frac{\mathcal{M}_{\vec{fr}}}{\theta'}$(N.m.s)					

Recopier et compléter les trois dernières lignes de ce tableau.

1-8) Déduire la relation entre $\mathcal{M}_{\vec{fr}}$ et θ′.

2) Oscillations de (S) en présence d'une pile sèche

L'horloge est équipée maintenant d'une pile sèche pour compenser les pertes en énergie mécanique du système [(S), Terre], ainsi le pendule effectue des oscillations entretenues avec une amplitude constante $\theta_m = 10^o$ et de période T = 1s.

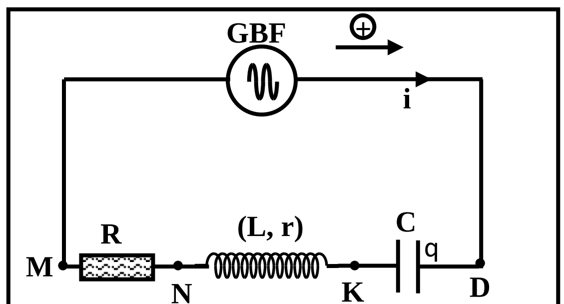
À $t_o = 0$, la pile sèche, complètement chargée, possède une énergie $E_0 = 2880$ J. Soit $\Delta t = t - t_0$, l'intervalle de temps pendant lequel la pile fournit 10 % de E_0 au système [(S), Terre]. Pendant cet intervalle, l'horloge fonctionne normalement (avec une amplitude constante θ_m).

2-1) Calculer l'énergie fournie par la pile au système [(S), Terre] durant le fonctionnement normal de l'horloge.

2-2) Déduire, en utilisant le résultat de la partie 1-3), la durée Δt (en jours) pendant laquelle l'horloge fonctionne normalement.

Exercice 2 (8 points) Puissance électrique dans un circuit RLC

On considère le circuit électrique représenté dans le document 3. Ce circuit comporte un condensateur de capacité C = 2,5 μF, une bobine d'inductance L et de résistance r et un conducteur ohmique de résistance R = 170 Ω. L'ensemble est branché en série aux bornes d'un GBF de fréquence f réglable.



Doc. 3

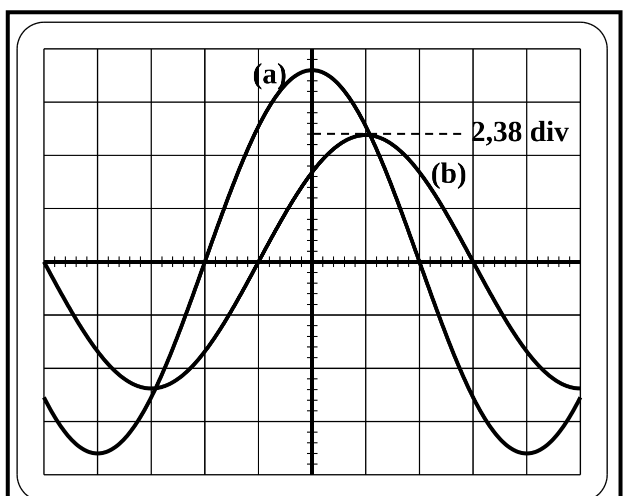
Le GBF maintient entre ses bornes une tension alternative sinusoïdale $u_G = u_{DM} = U_m \sin (1250\, t)$ (S.I). Le circuit est alors parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité i.

Un oscilloscope convenablement branché permet de visualiser la tension $u_G = u_{DM}$ aux bornes du GBF sur la voie (Y_1) et la tension $u_R = u_{NM}$ aux bornes du conducteur ohmique sur la voie (Y_2).

On obtient les oscillogrammes (a) et (b) du document 4.

La sensibilité verticale sur les deux voies est : S_V = 5V / div.

Prendre 0,32π = 1.



Doc. 4

1) Reproduire le schéma du circuit du document 3 en y montrant les branchements de l'oscilloscope.

2) En se référant au document 4 :

2-1) montrer que l'oscillogramme (a) représente u_G ;

2-2) déterminer la valeur maximale I_m de i ;

2-3) déterminer la différence de phase φ entre u_G et u_R.

3) Écrire, en fonction du temps, l'expression de i.

4) Montrer que la tension aux bornes du condensateur est :

$u_{DK} = u_c = -22,4 \cos (1250t - \frac{\pi}{4})$ (S.I.).

5) Déterminer l'expression de la tension $u_{KN} = u_{bobine}$ aux bornes de la bobine en fonction de L, r et t.

6) Montrer, en appliquant la loi d'additivité des tensions et en donnant à t deux valeurs particulières, que L = 0,4 H et r = 10 Ω.

7) L'expression de la puissance électrique moyenne consommée dans le circuit est :

$$P_{moy} = \frac{(R+r)U_m^2}{2\left[(R+r)^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2\right]} \text{ avec } \omega = 2\pi f.$$

La puissance P_{moy}, prend sa valeur maximale P_1, pour une fréquence $f = f_1$.

7-1) Déterminer la valeur de f_1.

7-2) Calculer la valeur de P_1.

7-3) Le circuit est le siège d'une résonnance d'intensité pour $f = f_1$. Justifier.

7-4) Déduire la nouvelle expression de i en fonction du temps pour $f = f_1$.

Exercice 3 (7,5 points) Réacteur nucléaire

L'invention du premier réacteur nucléaire ou pile atomique comme elle était nommée en 1942, fut le premier pas vers de futures centrales nucléaires. Les matériaux radioactifs utilisés dans ces réacteurs, comme l'uranium et le plutonium, peuvent être divisés en plusieurs fragments par le bombardement des neutrons thermiques. Au cours de cette opération d'autres neutrons sont émis à leur tour, provoquant de nouvelles divisions de noyaux avec nouvelles libérations de neutrons et ainsi de suite.

Doc.5

1) Relever du document 5, la phrase qui fait allusion :

1-1) à la fission nucléaire ;

1-2) à la réaction en chaîne.

2) Une des réactions qui a lieu dans un réacteur nucléaire est : ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{Z}Xe + x\,{}^{1}_{0}n$

Données: 1u = 931,5 MeV/c^2 ; Masse d'un neutron : m (${}^{1}_{0}n$) = 1,00866u.

Masses des noyaux : m (${}^{235}_{92}U$) = 234,99358 u ; m (${}^{94}_{38}Sr$) = 93,90384 u ; m (${}^{140}_{Z}Xe$) = 139,90546 u.

2-1) La réaction de fission de l'Uranium 235 est dite « provoquée ». Pourquoi ?

2-2) Calculer Z et x en précisant les lois utilisées.

2-3) Déterminer, en MeV, l'énergie libérée par cette réaction.

2-4) L'énergie cinétique des neutrons produits représente 2,6% de l'énergie libérée par cette réaction. On suppose que ces neutrons émis ont des énergies cinétiques égales. Calculer l'énergie cinétique de chaque neutron émis.

3) Les études montrent que la majorité des neutrons émis possèdent une grande énergie cinétique (de quelques MeV). Pour qu'un neutron émis puisse provoquer une nouvelle fission nucléaire d'un noyau d'Uranium 235, il doit avoir une faible énergie cinétique, proche de E_{th} = 0,025 eV (neutron thermique). Dans le but de réduire l'énergie cinétique E_0, d'un neutron émis, à la valeur E_{th}, le neutron, de masse m et de vitesse V_0, doit subir des collisions successives avec des noyaux lourds au repos de masse M = K.m (K est une constante positive). On suppose que ces collisions sont élastiques et que les vitesses des particules avant et après chaque collision sont toutes colinéaires.

3-1) On désigne par V_1 la vitesse du neutron juste après sa première collision avec un noyau lourd. Montrer, en utilisant les lois de conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie cinétique, que :

$$V_1 = \left(\frac{1-K}{1+K}\right)V_0.$$

3-2) Déduire que l'expression de l'énergie cinétique E_n de ce neutron juste après la $n^{ème}$ collision est :

$$E_n = \left(\frac{(1-K)^2}{(1+K)^2}\right)^n E_0.$$

3-3) Si l'énergie cinétique initiale d'un neutron émis est E_0 = 2,1MeV, calculer le nombre approximatif « n » de collisions que le neutron doit subir pour que son énergie cinétique finale devienne E_n = 0,025 eV, lorsqu'il fait des collisions avec :

3-3-1) des noyaux de deutérium (K = 2) ;

3-3-2) des noyaux de carbone (K = 12).

3-4) Les noyaux de deutérium sont plus convenables que ceux du carbone pour ralentir les neutrons. Justifier.

Exercice 4 (7 points) Constante de Planck

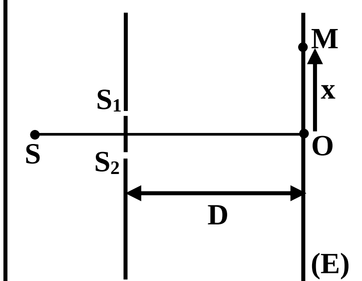
Le but de cet exercice est de déterminer la constante de Planck h.

On donne : 1 eV = $1,6\times10^{-19}$ J ; célérité de la lumière dans l'air : c = 3×10^{8}m/s.

1) Interférences

Une source (S) émet un faisceau de radiations monochromatiques de longueur d'onde λ dans l'air. Le faisceau tombe normalement sur le plan des deux fentes S_1 et S_2, d'un dispositif de Young. S_1 et S_2 sont distantes de a = 0,5mm. Un écran (E) est placé à la distance D = 2m du plan des deux fentes. La source (S) est placée sur la médiatrice de $[S_1S_2]$ qui rencontre (E) en O. On utilise un détecteur d'ondes électromagnétiques pour explorer les franges d'interférences sur (E).

La différence de marche optique en un point M de (E) dans la zone d'interférence est $\delta = \frac{a\,x}{D}$, avec $x = \overline{OM}$ (Doc. 6).



Doc.6

1-1) Déterminer l'expression de l'abscisse du centre d'une frange d'intensité maximale et celle du centre d'une frange d'intensité nulle en fonction de λ, D, a et K (K est un entier).

1-2) (S) émet une radiation (1) monochromatique de longueur d'onde $\lambda = \lambda_1$. L'abscisse du centre de la cinquième frange d'intensité maximale est x = 30 mm.
Déterminer λ_1, et déduire que la fréquence de la radiation (1) est $\nu_1 = 2\times10^{14}$ Hz.

1-3) (S) émet maintenant une radiation (2) monochromatique de longueur d'onde $\lambda = \lambda_2$. L'abscisse du centre de la deuxième frange d'intensité nulle est x = 6mm.
Déterminer λ_2, et déduire que la fréquence de la radiation (2) est $\nu_2 = 3\times10^{14}$Hz.

2) Excitation et ionisation de l'atome d'hydrogène

Les énergies des différents niveaux de l'atome d'hydrogène sont données par:

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

2-1) Un atome d'hydrogène, initialement au niveau d'énergie n = 3, absorbe un photon de la radiation (2) de fréquence ν_2. Il passe au niveau n = 7. Montrer que l'énergie de ce photon est E_2 =1,23 eV.

2-2) Un atome d'hydrogène, initialement au niveau d'énergie n = 7, absorbe un photon de la radiation (1), de fréquence ν_1. L'atome est ionisé et l'électron libéré possède une énergie cinétique de 0,551 eV.
Montrer que l'énergie de ce photon est E_1= 0,82 eV.

3) Effet photoélectrique

Un métal de travail d'extraction W_0 =1,625 eV, est éclairé par une radiation (3) de fréquence $\nu_3 = 5\times10^{14}$ Hz; L'énergie cinétique maximale d'un électron émis de la surface de ce métal est Ec_{max} = 0,445 eV. Déterminer L'énergie E_3 d'un photon de cette radiation.

4) Constante de Planck

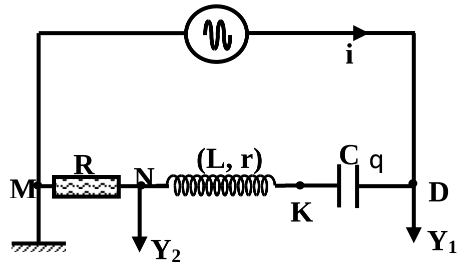
4-1) En utilisant les résultats précédents, montrer que $\frac{E_1}{\nu_1} \cong \frac{E_2}{\nu_2} \cong \frac{E_3}{\nu_3}$.

4-2) Déduire, dans le SI, la valeur de la constante de Planck h.

Exercice 1 (7,5 points) Pendule pesant d'une horloge

<table>
<tr><th colspan="2">Partie</th><th>Réponses</th><th>Note</th></tr>
<tr><td rowspan="8">1</td><td>1</td><td>$Em_0 = \frac{1}{2} I\theta'^2 + mga(1-\cos\theta) = 0 + mga\frac{{\theta_0}^2}{2} = 0,04 \times 9,8 \times 0,2 \times \frac{(0.1745)^2}{2}$
Donc , $Em_0 = 1,2\times 10^{-3}$ J
<u>Ou bien :</u>
$Em_0 = \frac{1}{2} I\theta'^2 + mga(1-\cos\theta) = 0 + 0,04 \times 9,8 \times 0,2 \times (1-\cos 10^o)$
Donc , $Em_0 = 1,19\times 10^{-3}$ J
$Em_1 = 0 + mga\frac{{\theta_1}^2}{2} = 0.04 \times 9.8 \times 0.2 \times \frac{(0.157)^2}{2} = 0,966\times 10^{-3}$ J
$Em_0 = \frac{1}{2} I\theta'^2 + mga(1-\cos\theta) = 0 + 0,04 \times 9,8 \times 0,2 \times (1-\cos 9^o)$
Donc , $Em_1 = 0,965\times 10^{-3}$ J</td><td>1,5</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Puisque $Em_7 < Em_0$, donc le pendule (S) est soumis à une force de frottement</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>3</td><td>$Em_{perdue} = \frac{Em_0 - Em_7}{7} = \frac{(1,2\times10^{-3}) - (0,966\times10^{-3})}{7} = 3,34 \times 10^{-5}$ J.
<u>Ou bien :</u>
$Em_{perdue} = \frac{Em_0 - Em_7}{7} = \frac{(1,19\times10^{-3}) - (0,965\times10^{-3})}{7} = 3,322 \times 10^{-5}$ J.</td><td>1</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Oscillations libres amorties car l'amplitude diminue ou car l'énerige mécanique diminue</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>5</td><td>$T = \frac{t_1}{n} = \frac{7,025}{7} = 1,0035\ s$</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>6</td><td>$\sum \mathcal{M}_{ext} = \frac{d\sigma}{dt} = I\theta''$; $\mathcal{M}_{m\vec{g}} + \mathcal{M}_{\vec{R}} + \mathcal{M}_{\vec{fr}} = I\,\theta''$; $-m\,g\,a\sin\theta + 0 + \mathcal{M}_{\vec{fr}} = I\,\theta''$
$\mathcal{M}_{\vec{fr}} = 0.002\theta'' + (0.04 \times 9.8 \times 0.2\times\theta)$; $M_{\vec{fr}} = 0.002\,\theta'' + 0.0784\,\theta$</td><td>1</td></tr>
<tr><td>7</td><td><table>
<tr><td>θ'(rd/s)</td><td>0</td><td>- 1</td><td>0,6</td><td>- 0,5</td><td>0,8</td></tr>
<tr><td>$M_{\vec{fr}}$ (N. m)</td><td>0</td><td>6×10^{-5}</td><td>$3,6\times10^{-5}$</td><td>3×10^{-5}</td><td>$-4,8\times10^{-5}$</td></tr>
<tr><td>$\frac{M_{\vec{fr}}\ (N.m)}{\theta'}$ S.I</td><td></td><td>-6×10^{-5}</td><td>-6×10^{-5}</td><td>-6×10^{-5}</td><td>-6×10^{-5}</td></tr>
</table></td><td>1</td></tr>
<tr><td>8</td><td>$\mathcal{M}_{\vec{fr}}$ = Cte× θ'; Cte = -6×10^{-5} $S.I.$ Donc, $\mathcal{M}_{\vec{fr}} = -6\times10^{-5}\,\theta'$.</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2</td><td>1</td><td>L'énergie donnée pendant Δt est : $E_{donnée} = 0.1E_0 = 0,1 \times 2880 = 288$ J</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>2</td><td>$\left\{\begin{matrix} 1s \xrightarrow{\text{a besoin}} 3.34\times10^{-5}\ J \\ \Delta t \xrightarrow{\text{a besoin}} 288\ J \end{matrix}\right\}$ donc $\Delta t = \frac{1\times288}{3,34\times10^{-5}} = 8,62\times10^{6}\ s = 99,76$ jours
<u>Ou bien :</u>
$\begin{matrix} 1s \xrightarrow{\text{a besoin}} 3,322\times10^{-5}\ J \\ \Delta t \xrightarrow{\text{a besoin}} 288\ J \end{matrix}$; donc $\Delta t = \frac{1\times288}{3,322\times10^{-5}} = 8,669\times10^{6}\ s = 100,34$ jours</td><td>0,75</td></tr>
</table>

Exercice 2 (8 points) Puissance électrique dans un circuit RLC

Partie		Réponse	Note
1			**0,25**
2	**1**	La sensibilité verticale sur les deux voies est la même ; $U_{m(a)} > U_{m(b)}$ Donc l'oscillogramme (a) représente u_G	**0,5**
	2	$I_m = \frac{U_{m(R)}}{R} = \frac{2{,}38div \times 5V/div}{170} = 0{,}07A$	**0,5**
	3	$\varphi = \frac{2\pi \times 1div}{8div} = \frac{\pi}{4} rd$	**0,5**
3		$i = I_m \sin(2\pi ft - \frac{\pi}{4}) = 0{,}07 \sin(1250t - \frac{\pi}{4})$ (i en A et t en s)	**0,5**
4		$u_{DK} = u_c = \frac{1}{C}\int i dt = \frac{1}{C}\int 0{,}07 \times \sin\left(1250t - \frac{\pi}{4}\right) dt = \frac{-0{,}07}{2{,}5\times10^{-6}\times1250} \cos\left(1250t - \frac{\pi}{4}\right)$ $u_{DK} = u_c = -22{,}4 \cos\left(1250 - \frac{\pi}{4}\right)$	**1**
5		$u_{KN} = u_{bobine} = ri + L\frac{di}{dt} = 0{,}07r \sin(1250t - \frac{\pi}{4}) + 0{,}07\ L \times 1250 \times \cos(1250t - \frac{\pi}{4})$ $u_{KN} = u_{bobine} = 0{,}07r \sin(1250t - \frac{\pi}{4}) + 87{,}5 \times L \cos(1250t - \frac{\pi}{4})$	**1**
6		$u_{DM} = u_{DK} + u_{KN} + u_{NM}$ est vérifiée quel que soit le temps t $18 \sin(1250t) = -22{,}4 \cos\left(1250t - \frac{\pi}{4}\right) + 0{,}07r \sin(1250t - \frac{\pi}{4})$ $+ 87{,}5\ L \cos(1250t - \frac{\pi}{4}) + 0{,}07 \times 170 \sin(1250t - \frac{\pi}{4})$. Pour ($1250t = \frac{\pi}{4}$ rd) : $18\frac{\sqrt{2}}{2} = -22{,}4 + 87{,}5L$; on calcule <u>L = 0,4H</u> Pour (1250t = 0) : $0 = -22{,}4\frac{\sqrt{2}}{2} - 0{,}07r\frac{\sqrt{2}}{2} + 87{,}5 \times 0{,}4 \times \frac{\sqrt{2}}{2} - 11{,}9\frac{\sqrt{2}}{2}$; $0 = -22{,}4 - 0{,}07r + (87{,}5 \times 0{,}4) - 11{,}9$ on calcule <u>r = 10 Ω</u>	**1,5**
7	**1**	P_{moy} prend sa valeur maximale lorsque le dénominateur est minimal Parsuite $L\omega = 1/C\omega$ donc $f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{0{,}32}{2\sqrt{0{,}4 \times 2{,}5 \times 10^{-6}}}$ =160Hz	**0,75**
	2	$P_1 = \frac{U_m^2}{2(R+r)} = \frac{18^2}{2(170+10)} = 0{,}9W$	**0,5**
	3	Résonance d'intensité car $L\omega = 1/C\omega$ parsuite $LC\omega^2 = 1$	**0,25**
	4	$I_m = \frac{U_m}{R+r} = \frac{18}{170+10} = 0.1A \Rightarrow$ i= 0,1 sin(1000 t)	**0,75**

<u>Exercice 3</u> (7,5 points) **Réacteur nucléaire**

Partie		Réponses	Note
1	1	Fission nucléaire : l'uranium et le plutonium, peuvent être divisés en plusieurs fragments par le bombardement des neutrons thermiques	**0,25**
	2	Réaction en chaîne : d'autres neutrons sont émis à leur tour, provoquant de nouvelles divisions de noyaux avec nouvelles libérations de neutrons et ainsi de suite.	**0,25**
2	1	Car l'uranium se désintègre en deux noyaux plus légers sous l'impact d'un neutron **<u>Ou bien</u>** : Intervention extérieure	**0,25**
	2	Loi de conservation de nombre de masse A : 235 + 1 = 94 + 140 + x ; x = 236 – 234 = 2. Loi de conservation de nombre de charge Z : 92 = 38 + Z ; Z = 54	**1**
	3	$E_{lib} = \Delta m \times c^2 = [\,(m_U + m_n) - (m_{Sr} + m_{Xe} + 2m_n)] \times c^2 = 0{,}17562 \times 931{,}5\ MeV/c^2 \times c^2$ $E_{lib} = 163{,}59$ MeV	**1**
	4	$2.E_c = \frac{2{,}6}{100} \times 163{,}59 = 4{,}25334\ MeV$; E_c de chaque neutron = 2,127 MeV	**0,75**
3	1	Conservation de la quantité de mouvement : $m\vec{v}_0 = m\vec{v}_1 + Km\vec{v}$ $\vec{v}_0 = \vec{v}_1 + K\vec{v}$; $v_0 - v_1 = kv$ (équation 1) Choc élastique : $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Kmv^2$; $v_0^2 = v_1^2 + K\,v^2$; $(v_0 - v_1)(v_0 + v_1) = Kv^2$ (équation 2) (2) / (1) : $(v_0 + v_1) = v$ donc : $v_0 = v_1 + kv = v_1 + k(v_0 + v_1)$; $v_1 = \frac{1-k}{1+k}v_0$	**1,5**
	2	Après la première collision : $E_1 = \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} m \left(\frac{1-k}{1+k}\right)^2 {v_0}^2 = \frac{(1-k)^2}{(1+k)^2}E_0$ Après la $n^{ième}$ collision : $E_n = \left(\frac{(1-k)^2}{(1+k)^2}\right)^n E_0$	**1**
	3 – 1	n = 8 ou 9 collisions	**0,5**
	3 – 2	n = 54ou 55 collisions	**0,5**
	4	Le nombre des collisions avec les noyaux de deutérium est plus petit.	**0,5**

Exercice 4 (7 points) Constante de Planck

Partie		Réponses	Note
1	1	Centre d'une frange brillante $\delta = \frac{ax}{D} = k\lambda_1$; $x=\frac{k\lambda_1 D}{a}$ Centre d'une frange sombre $\delta = \frac{ax}{D} = (2k+1)\frac{\lambda_1}{2}$; $x=\frac{(2k+1)\lambda_1 D}{2a}$	0,5 0,5
	2	$5^{\text{ème}}$ frange brillante donc $k = 5$ $x = \frac{5\lambda_1 D}{a}$, $\lambda_1 = 1{,}5 \times 10^{-6}$m, $\nu_1 = \frac{c}{\lambda_1} = 2 \times 10^{14}$Hz	1
	3	$2^{\text{ème}}$ frange sombre, $k = 1$ donc $x = \frac{3\lambda_2 D}{2a}$, $\lambda_2 = 10^{-6}$m, $\nu_2 = 3 \times 10^{14}$Hz	1
2	1	$E_2 = (E_7 - E_3) = \frac{-13{,}6}{49} + \frac{13{,}6}{9} = 1{,}23$eV.	0,75
	2	$E_1 = (E_\infty - E_7) + Ec_{\text{électron}} = (0 - \frac{13{,}6}{49}) + 0{,}551 = 0{,}82$ eV .	1
3		D'après la relation d'Einstein : $E_{\text{Photon 3}} = W_0 + Ec_{\max} = 2{,}07$eV	0,75
4	1	$\frac{E_1}{\nu_1} = 4{,}1\times10^{-15}$ eV.s $= 6{,}56\times10^{-34}$ J.s ; $\frac{E_2}{\nu_2} = 4{,}1\times10^{-15}$ eV.s $= 6{,}56\times10^{-34}$ J.s ; $\frac{E_3}{\nu_3} = 4{,}14\times10^{-15}$ eV.s $= 6{,}62\times10^{-34}$ J.s Donc $\frac{E_1}{\nu_1} \cong \frac{E_2}{\nu_2} \cong \frac{E_3}{\nu_3}$	0,75
	2	$E = h\nu$; donc $h \approx 6{,}6 \times 10^{-34}$J. s	0,75