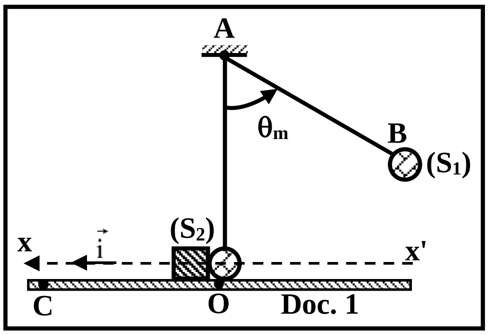
مسابقة في مادّة الفيزياء	الاسم:
المدّة: 3 ساعات	الرّقم:

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

Exercice 1 (7,5 pts) Energie et collision

On dispose d'un pendule simple et d'un bloc (S_2) :

- Le pendule simple est constitué d'une sphère (S_1), assimilée à une particule, de masse $m_1 = 200$ g et fixée à l'extrémité inférieure B d'un fil inextensible, de longueur $\ell = 1,6$ m et de masse négligeable. L'extrémité supérieure du fil est fixée, en A, à un support.
- Le bloc (S_2) est assimilé à une particule de masse $m_2 > m_1$.



Doc. 1

Le pendule peut se déplacer dans un plan vertical, autour d'un axe horizontal (Δ) passant par A. À un instant t, la position du pendule est repérée par l'angle θ que fait la verticale passant par A avec AB. Tout en gardant le fil tendu, le pendule est écarté d'un angle $\theta = \theta_m$, à partir de sa position d'équilibre ($\theta = 0$), puis il est lâché sans vitesse initiale à $t_0 = 0$. Lorsque (S_1) arrive en O, il entre en collision avec (S_2). Le but de cet exercice est d'étudier le mouvement de (S_2) suite à cette collision.

x'x, est un axe horizontal de vecteur unitaire $\vec{i}$ passant par la position la plus basse de (S_1) (Doc. 1).

Prendre :
- le plan horizontal contenant x'x comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10$ m/s^2.

1) Mouvement du pendule simple

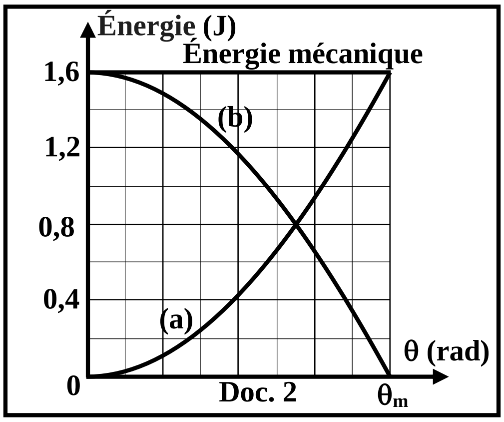
Les courbes du document 2, représentent l'évolution des énergies potentielle de pesanteur, cinétique et mécanique du système (Pendule, Terre) en fonction de θ, durant le mouvement descendant du pendule entre $\theta = \theta_m$ et $\theta = 0$. En utilisant le document 2 :

1.1) Justifier que la résistance de l'air et le frottement avec l'axe (Δ) sont négligeables.

1.2) Montrer que la courbe (a) correspond à l'énergie potentielle de pesanteur, et la courbe (b) à l'énergie cinétique.

1.3) Déterminer la valeur de θ_m.

1.4) Montrer que la valeur de la vitesse de (S_1) lorsqu'il arrive en O, et juste avant la collision, est $V_1 = 4$ m/s.



Doc. 2

2) Collision entre (S_1) et (S_2)

(S_1) arrive en O avec la vitesse $\vec{V_1} = 4\,\vec{i}$ (m/s). (S_1) entre en collision frontale et parfaitement élastique avec le bloc (S_2) initialement au repos, sur une surface horizontale (Doc. 1).

Juste après la collision, la vitesse de (S_2) est $\vec{V_2'} = V_2'\,\vec{i}$ et (S_1) rebrousse chemin avec une vitesse $\vec{V_1'} = -V_2'\,\vec{i}$ (Doc. 1).

2.1) Déterminer la valeur algébrique V_1' de la vitesse $\vec{V_1'}$.

2.2) Déduire que $m_2 = 3\,m_1$.

3) Mouvement de (S_2) après la collision

Après la collision, (S_2) se déplace le long de x'x et s'arrête en un point C à cause d'une force de frottement $\vec{f} = -f\,\vec{i}$ de module constant f. Prendre l'instant $t_0 = 0$, comme nouvelle origine de temps juste après la collision. Le tableau suivant présente la mesure algébrique V de la vitesse de (S_2) à différents instants.

t (s)	$t_0 = 0$	$t_1 = 1$	$t_2 = 2$	$t_3 = 3$	$t_4 = 4$
V (m/s)	2	1,5	1	0,5	0

3.1) Calculer les valeurs algébriques P_0, P_1, P_2, P_3 et P_4 de la quantité de mouvement $\vec{P}$ de (S_2) respectivement aux instants t_0, t_1, t_2, t_3 et t_4.

3.2) Tracer, sur le papier millimétré, le graphique représentant l'évolution de P en fonction du temps.

Prendre comme échelle :

- En abscisses : 1 cm ↔ 1 s ;
- En ordonnées : 1 cm ↔ 0,2 kg.m/s.

3.3) Montrer que l'équation correspondant au graphique peut être écrite sous la forme : $P = at + b$ où a et b sont des constantes à déterminer.

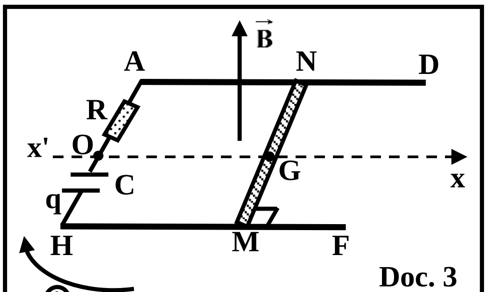
3.4) En appliquant à (S_2) la deuxième loi de Newton, déterminer f.

3.5) Déterminer la distance OC.

Exercice 2 (7 pts) Induction électromagnétique et charge d'un condensateur

Le but de cet exercice est d'étudier la charge d'un condensateur dans un circuit parcouru par un courant induit. Dans ce but, on dispose de :

- deux rails conducteurs, AD et HF, parallèles et distants de $\ell = 20$ cm, qui sont placés dans un plan horizontal.
- une tige conductrice rigide MN, de longueur ℓ, perpendiculaire aux rails, glisse sans frottement sur les rails. Le centre de masse G de la tige se déplace le long d'un axe horizontal x'x de vecteur unitaire $\vec{i}$. Les extrémités A et H des rails sont reliées à un conducteur ohmique de résistance $R = 10\ \Omega$ et un condensateur, initialement non chargé, de capacité C.



Doc. 3

La tige et les deux rails sont supposés de résistance négligeable.

Le circuit ainsi formé, est placé dans un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme, vertical, perpendiculaire au plan des rails et d'intensité B = 0,04 T (Doc. 3).

À l'instant $t_0 = 0$, le centre de masse G de la tige coïncide avec l'origine O de l'axe x'x, et la tige se déplace à vitesse constante $\vec{V} = V\vec{i}$ (m/s) dans le sens positif de l'axe x'x.

À un instant t, l'abscisse de G est $x = \overline{OG} = V \times t$.

1) Durant le mouvement de la tige, le flux magnétique traversant le circuit fermé ANMH varie avec le temps.

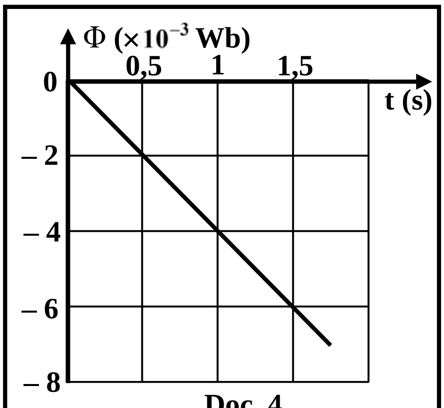
1.1) Indiquer la cause de la variation de ce flux magnétique.

1.2) En respectant le sens positif indiqué sur le document 3, déterminer l'expression du flux magnétique Φ à travers ce circuit en fonction de B, ℓ, V et t.

1.3) Le document 4 représente l'évolution de Φ avec le temps. L'allure de cette courbe est en accord avec l'expression de Φ de la partie (1.2). Justifier.

1.4) Déduire la valeur de V.

1.5) Déduire la valeur de la force électromotrice induite « e » dans la tige.



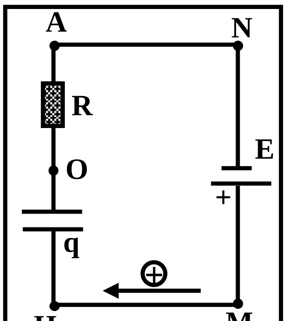
Doc. 4

2) Durant son mouvement, la tige est équivalente à un générateur idéal de force électromotrice $E = e = u_{MN} = 4$ mV. À un instant t, l'armature H du condensateur porte une charge q et un courant électrique induit d'intensité i traverse le circuit ANMH (Doc. 5).

2.1) montrer que l'équation différentielle qui décrit la variation de la tension $u_{HO} = u_C$ aux bornes du condensateur est : $E = RC\frac{du_C}{dt} + u_C$.

2.2) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $u_C = a - a\,e^{\frac{-t}{\tau}}$, où a et τ sont des constantes.

Déterminer les expressions de a et τ en fonction de E, R et C.



Doc. 5

2.3) Montrer que l'expression de la tension $u_{OA} = u_R$ aux bornes du conducteur ohmique, est

$u_R = 4\times10^{-3}\ e^{\frac{-t}{\tau}}$ (S.I).

2.4) Sachant que $u_C = u_R$ à t = 0,7 ms, déterminer la valeur de C.

3) Une force électromagnétique (force de Laplace) $\vec{F}$ agit sur la tige mobile MN durant l'intervalle de temps $[t_0\ ;\ t_1]$.

3.1) Indiquer le sens de cette force.

3.2) Sachant que le module de $\vec{F}$ est $F = iB\ell$, déterminer, en fonction de t, l'expression de F.

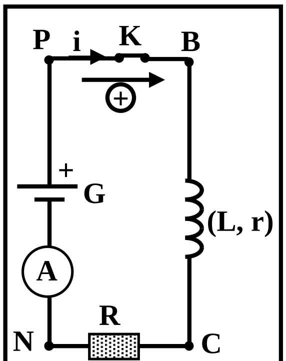
3.3) Déduire l'instant t_1, à partir duquel l'action de la force de Laplace sur la tige devient pratiquement nulle.

Exercice 3 (6,5 pts) Auto-induction

Le but de cet exercice est de déterminer l'inductance L et la résistance r d'une bobine. Dans ce but, on réalise le montage du document 6, comprenant en série :

- un générateur idéal (G) de force électromotrice E = 10 V ;
- un conducteur ohmique de résistance R = 90 Ω ;
- une bobine d'inductance L et de résistance r ;
- un ampèremètre (A) de résistance négligeable ;
- un interrupteur K.

À $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur K. À un instant t, le circuit est parcouru par un courant électrique d'intensité i.



Doc. 6

1) À la fermeture de l'interrupteur K, un phénomène d'auto-induction a lieu dans le circuit. Définir ce phénomène.

2) Établir l'équation différentielle du premier ordre qui décrit l'évolution de i au cours du temps.

3) Vérifier que $i = I_m\left(1- e^{\frac{-t}{\tau}}\right)$ où $\tau = \dfrac{L}{R+r}$ et $I_m = \dfrac{E}{R+r}$, est une solution de l'équation différentielle précédente.

4) Une fois le régime permanent est établi dans le circuit, l'ampèremètre affiche 100 mA. Déduire la valeur de r.

5) Montrer que : $\ell n\left(1-\dfrac{i}{I_m}\right) = -\dfrac{1}{\tau}\times t$.

6) Le tableau ci-dessous donne différentes valeurs de i mesurées à différents instants t.

t (ms)	0	0,2	0,4	0,8	1,0	1,4	1,8	2,0
i (mA)	0	18,2	33,0	55,1	63,3	75,4	83,5	86,5
$\ell n\left(1-\dfrac{i}{I_m}\right)$								

6.1) Recopier puis compléter le tableau.

6.2) Tracer, sur le papier millimétré, la courbe montrant l'évolution de $\ell n\left(1-\dfrac{i}{I_m}\right)$ avec le temps t.

Prendre comme échelle :

- En abscisses : 1 cm ↔ 0,2 ms ;
- En ordonnées : 1 cm ↔ 0,2.

6.3) En se référant à la courbe obtenue, montrer que : $\ell n\left(1-\dfrac{i}{I_m}\right) = -1000\ t$ (S.I)

7) Déduire les valeurs de τ et de L.

Exercice 4 (6,5 pts) **Effet photoélectrique**

Pour un métal pur d'énergie d'extraction Ws, l'émission photoélectrique peut se produire sous une certaine condition. Les photoélectrons émis possèdent une énergie cinétique Ec et produisent un courant électrique d'intensité I. Le but de cet exercice est de déterminer I produit par l'éclairage d'une plaque recouverte de sodium.

On donne :

- célérité de la lumière dans le vide $c = 3\times10^{8}$ m/s ;
- charge élémentaire $e = 1{,}6\times10^{-19}$ C ;
- 1 eV = $1{,}6\times10^{-19}$ J ;
- Spectre visible : 400 nm < $\lambda_{visible}$ < 800 nm

1) Choisir l'expression qui décrit correctement « l'émission photoélectrique ».

Expression 1 : c'est l'émission des photons par un métal lorsqu'il est exposé à un faisceau d'électrons.

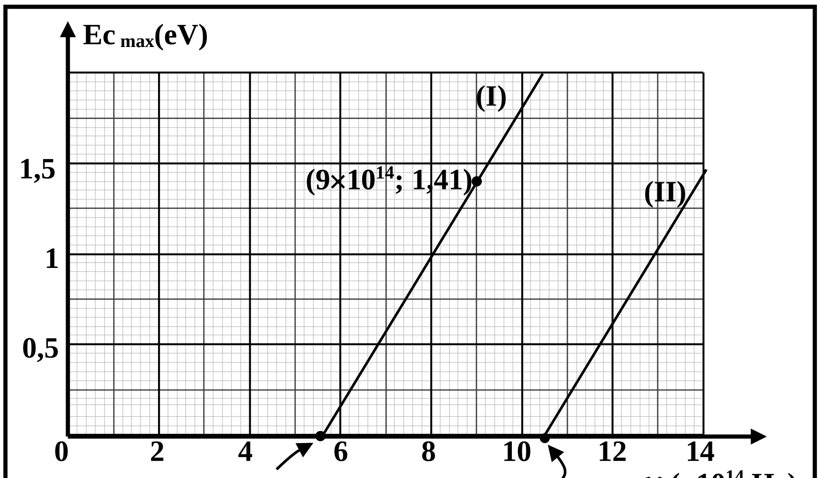
Expression 2 : c'est l'émission d'électrons par un métal lorsqu'il est exposé à une radiation électromagnétique de fréquence appropriée.

Expression 3 : c'est l'émission d'électrons par un métal lorsqu'il est exposé à un faisceau d'électrons.

2) En se basant sur la relation d'Einstein relative à l'effet photoélectrique, montrer que l'énergie cinétique maximale de l'électron extrait en fonction de la fréquence ν de la radiation incidente, peut s'écrire sous la forme :

$Ec_{max} = a\nu + b$; où a et b sont des constantes à déterminer en fonction de Ws et de la constante de Planck h.

3) Les courbes (I) et (II) du document 7 montrent l'évolution de « Ec_{max} » en fonction de « ν », pour deux métaux différents dont les fréquences seuils sont notées « ν_{1S} » et « ν_{2S} ».



Doc. 7

3.1) La courbe obtenue pour chacun de ces deux métaux, est en accord avec la relation établie dans la partie 2. Justifier.

3.2) Les deux droites du document 7 sont parallèles. Justifier cette phrase en utilisant l'expression de Ec_{max} de la partie 2.

3.3) En utilisant la courbe (I), déterminer h dans le S.I.

3.4) En utilisant le document 7, déterminer la valeur de la longueur d'onde seuil pour chacun de ces deux métaux : « λ_{1S} » et « λ_{2S} » correspondant aux courbes (I) et (II) respectivement.

4) Les deux métaux étudiés sont le sodium et le zinc. Sachant que le zinc ne produit pas l'émission photoélectrique s'il reçoit une radiation visible, indiquer laquelle des deux courbes (I) et (II), celle qui correspond au zinc. Justifier.

5) Une plaque recouverte de sodium, reçoit une puissance lumineuse $P = 2\times10^{-3}$ W provenant d'une source monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 400$ nm dans le vide.

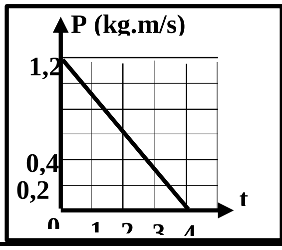
5.1) Déterminer le nombre N de photons reçus par la plaque en une seconde.

5.2) Déduire le nombre n d'électrons émis chaque seconde, sachant que pour cette radiation le rendement quantique de la plaque est $r = \frac{n}{N} = 0{,}02$.

5.3) Les électrons émis forment un courant électrique d'intensité I.
Calculer I, en utilisant $I = n\times e$.

مسابقة الفيزياء
أسس التصحيح - فرنسي

Exercice 1 (7,5 points)	Collision	
Partie	**Réponse**	**Note**
1.1	La résistance de l'air et le frottement autour de l'axe sont négligeables car Em = constante = 1,6 J	**0,25**
1.2	Courbe (a) : l'énergie potentielle de pesanteur. Première méthode : durant le mouvement du pendule entre $\theta = \theta m$ et $\theta = 0$, il s'approche du niveau de référence de l'Epp donc Epp max pour $\theta = \theta m$ et diminue pour s'annuler pour $\theta = 0$. Deuxième méthode : A $t_0=0$, on a $\theta = \theta m$, la hauteur du pendule est maximale, alors Epp = Em. Courbe (b) : l'énergie cinétique. Première méthode : durant le mouvement du pendule entre $\theta = \theta m$ et $\theta = 0$, la vitesse du pendule augmente donc Ec augmente pour $\theta = \theta m$ Ec = 0 et augmente pour atteindre sa valeur maximale Ec = Em pour $\theta = 0$. Deuxième méthode : A $t_0=0$ on a $\theta = \theta m$ et la vitesse du pendule est nulle, alors Ec est nulle.	**0,5** **0,5**
1.3	A $t_0=0$ on a $\theta = \theta m$: Epp = mgh et $h = \ell(1 - \cos\theta_m)$ $1,6 = mg\,\ell(1 - \cos\theta_m) = 0,1\times10\times0,4\times(1 - \cos\theta_m)$, On aura : $\cos\theta_m = 0,5$ **donc $\theta_m = 60^o = \pi/3$**	**0,5**
1.4	Em = constante = 1,6 J Lorsque le pendule arrive à sa position d'équilibre, et juste avant la collision $\theta = 0$ et $Em = Ec = \frac{1}{2} m_1 V_1^2$, donc $1,6 = \frac{1}{2}\times0,2\times V_1^2$; alors $V_1 = 4$ m/s	**0,5**
2.1	$\vec{P}_{\textbf{avant la collision}} = \vec{P}_{\textbf{après la collision}}$ $m_1\vec{V_1} = m_1\vec{V'_1} + m_2\vec{V'_2}$; collision colinéaire : $m_1 V_1 = m_1 V'_1 + m_2 V'_2$ Alors: $m_1(V_1 - V'_1) = m_2 V'_2$ …. éq. (1) **La collision est élastique donc il y a conservation de l'énergie cinétique du système [Pendule ; (S₂)]** $Ec_{avant} = Ec_{après}$; $\frac{1}{2}m_1 V^2 = \frac{1}{2}m_1 V_1'^2 + \frac{1}{2}m_2 V_2'^2$ $m_1(V_1^2 - V_1'^2) = m_2 V_2'^2$ … éq. (2) ; $\frac{\text{éq.}(2)}{\text{éq.}(1)}$: $V_1 + V'_1 = V'_2$ … éq. (3) Puisque (S_1) rebrousse chemin avec une vitesse $\vec{V'_1} = -V'_2\,\vec{i}$ (par donnée). Donc $V'_1 = -V'_2$; Par suite $V'_1 = -\frac{V_1}{2} =$ **- 2 m/s**	**1,25**
2.2	On remplace $V_1 = 4$ m/s ; $V'_1 = -2$ m/s et $V'_2 = 2$ m/s dans l'équation 1 : $m_1(V_1 - V'_1) = m_2 V'_2$; $m_1(4 + 2) = m_2(2)$; $6\,m_1 = 2m_2$ donc $m_2 = 3\,m_1$	**0,5**
3.1	$P_0 = m_2V_0 = 0,6\times2 =$ **1,2 kg.m/s** ; $P_1 = 0,6\times1,5 =$ **0,9 kg.m/s** $P_2 = 0,6\times1 =$ **0,6 kg.m/s** ; $P_3 = 0,6\times0,5 =$ **0,3 kg.m/s** ; $P_4 = 0,6\times0 =$ **0 kg.m/s**	**0,5**

3.2		**0,5**
3.3	L'allure est une ligne droite décroissante, son équation est de la forme : P = at + b A t = 0: P = 1,2, donc b = 1,2 kg.m/s A t = 4 s : P = 0, donc 0 = 4 a + 1,2 , on aura : a = – 0,3 $kg.m/s^2$, Alors : **P = – 0,3 t + 1,2** avec P en kg.m/s et t en seconde.	**0,75**
3.4	On applique la deuxième loi de Newton sur (S): $\Sigma \overrightarrow{F_{ext}} = \frac{d\vec{P}}{dt}$ donc $m_2\vec{g} + \vec{N} + \vec{f} = \frac{d\vec{P}}{dt}$; mais dans notre cas $m_2\vec{g} + \vec{N} = \vec{0}$ et $\frac{d\vec{P}}{dt} = - 0{,}3\,\vec{i}$ Alors : $-0{,}3\,\vec{i} = - f\,\vec{i}$; **f = 0,3 N**	**1**
3.5	La variation de l'énergie mécanique est égale au travail effectué par la force de frottement $\Delta Em = W_{\vec{f}}$ avec $\Delta(Em) = Em_C - Em_o = (Ec_C + Epp_C) - (Ec_o + Epp_o) = (Ec_C) - (Ec_o)$ $\Delta Em = \frac{1}{2}\ m_2\left(v_C^2 - v_0^2\right) = 0{,}5 \times 0{,}6\ (0 - 2^2) =$ **- 1,2 J** $\Delta Em = W_{\vec{f}}$; $- 1{,}2 = - 0{,}3 \times OC$; **OC = 4 m**	**0,75**

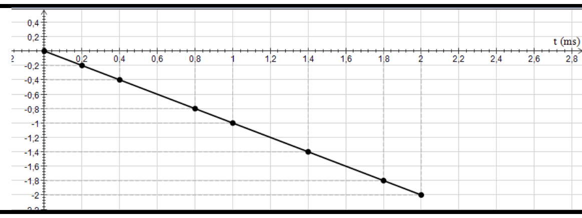
Exercice 2 (7 pts) Induction électromagnétique et charge d'un condensateur

Partie	Réponse	Note
1.1	La variation du flux magnétique traversant la surface fermée ANME est due à l'augmentation de la surface traversée par les lignes de champ magnétique	**0,25**
1.2	$\phi = B.S.\cos(\vec{B}, \vec{n}) = B.(\ell x).\cos(\pi) = -$ **BℓVt**	**0,5**
1.3	La courbe et une ligne droite qui passe par l'origine avec une pente négative, son équation est de la forme : $\phi = K \times t$ (avec K est une constante négative). Ce qui est en accord avec : $\phi = -B\ell Vt$ ($B\ell V$ = constante positive)	**0,5**
1.4	D'après le document : pente = $\frac{-6-0}{(1{,}5-0)\times 10^{-3}} = -4\times 10^{3}\,Wb/s$ D'après l'expression du flux trouvée dans la question 2 : pente = $-B\ell V$ Donc : V = $\frac{-4\times 10^{3}}{-0{,}04\times 0{,}2} = 0{,}5\ m/s$	**0,5** **0,5**
1.5	$e = -\frac{d\phi}{dt} = BlV =$ **4×10^{-3} V = 4 mV**	**0,5**
2.1	Loi d'additivité des tensions : $u_{MN} = u_{MH} + u_{HO} + u_{OA} + u_{AN}$ $E = u_C + R\,i$, mais $i = \frac{dq}{dt}$ et $q = C\,u_C$ donc $i = C\frac{du_C}{dt}$; Alors : $E = R\,C\frac{du_C}{dt} + u_C$	**0,25** **0,5**

2.2	$u_C = a - a\,e^{\frac{-t}{\tau}}$; $\frac{du_C}{dt} = \frac{a}{\tau}\,e^{\frac{-t}{\tau}}$; on remplace u_C et $\frac{du_C}{dt}$ dans l'équation différentielle : $E = RC\frac{a}{\tau}\,e^{\frac{-t}{\tau}} + a - a\,e^{\frac{-t}{\tau}}$; $a\,e^{\frac{-t}{\tau}}\,[\frac{RC}{\tau} - 1] + a = E$ Cette égalité est vérifiée quel que soit t, par identification : $a\,e^{\frac{-t}{\tau}} \neq 0$ donc $\mathbf{a = E = 4\times10^{-3}\ V}$ et $-\frac{RC}{\tau} + 1 = 0$ donc $\boldsymbol{\tau = RC}$ $u_C = 4\times10^{-3}\ (1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$ avec $\tau = RC$	**0,5** **0,5**
2.3	$i = C\frac{du_C}{dt} = C\ 4\times10^{-3}\ \frac{1}{\tau}\,e^{\frac{-t}{\tau}} = \frac{4\times10^{-3}}{R}\,e^{\frac{-t}{\tau}} = 0{,}4\times10^{-3}\ e^{\frac{-t}{\tau}}$ $u_R = Ri = 10\times0{,}4\times10^{-3}\ e^{\frac{-t}{\tau}} = 4\times10^{-3}\ e^{\frac{-t}{\tau}}$	**0,5** **0,25**
2.4	$u_c = u_R$; $4\times10^{-3}\ (1 - e^{\frac{-t}{\tau}}) = 4\times10^{-3}\ e^{\frac{-t}{\tau}}$; $2\,e^{\frac{-t}{\tau}} = 1$ $\frac{-t}{\tau} = \ln\left(\frac{1}{2}\right)$; $C = \frac{t}{R\times\ln2} = \mathbf{1{,}009\times10^{-4}\ F \approx 101\ \mu F}$	**0,75**
3.1	Sens : vers la gauche	**0,25**
3.2	$F = i\,B\,\ell = 0{,}4\times10^{-3}\ e^{\frac{-t}{\tau}} \times 0{,}04 \times 0{,}2 = 3{,}2\times10^{-6}\ e^{\frac{-t}{1\times10^{-3}}}$ (F en N et t en s)	**0,5**
3.3	Pour $t_1 = 5\tau = \mathbf{5\times10^{-3}\ s}$; $F = 2{,}15\times10^{-8}$ N ≈ 0 N	**0,25**

Exercice 3 (6,5 pts) **Auto-induction**

Partie	Réponse	Note
1	L'auto-induction est l'apparition d'une f.é.m dans un circuit parcouru par un courant d'intensité variable.	**0,5**
2	Loi d'additivité des tensions : $u_{PN} = u_{PB} + u_{BC} + u_{CN}$; $E = ri + L\frac{di}{dt} + Ri = (R+r)i + L\frac{di}{dt}$	**0,5**
3	$i = I_m\,(1- e^{-\frac{t}{\tau}})$; $\frac{di}{dt} = \frac{I_m}{\tau}\ e^{-\frac{t}{\tau}}$ On remplace i et $\frac{di}{dt}$ dans l'équation différentielle $E = (R+r)\,I_m\,(1- e^{-\frac{t}{\tau}}) + L\frac{I_m}{\tau}\ e^{-\frac{t}{\tau}}$; Remplacons les constants $\tau = \frac{L}{R+r}$ et $I_m = \frac{E}{R+r}$ On aura : $E = (R+r)\frac{E}{R+r}(1- e^{-\frac{t}{\tau}}) + L\frac{E(R+r)}{(R+r)L}\ e^{-\frac{t}{\tau}}$ $E = E - E\,e^{-\frac{t}{\tau}} + E\,e^{-\frac{t}{\tau}}$ On obtient : E = E La solution vérifie donc bien l'équation différentielle.	**1**
4	En régime permanent, $i = I_m = \frac{E}{R+r} = 0{,}1$ A ; $R + r = \frac{10}{0{,}1} = 100$ donc $\mathbf{r = 10\ \Omega}$	**0,75**
5	$i = I_m\,(1- e^{-\frac{t}{\tau}})$ donc $\frac{i}{I_m} = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}}$; donc $1 - \frac{i}{I_m} = e^{-\frac{t}{\tau}}$ on aura : $\ell n\left(1 - \frac{i}{I_m}\right) = \frac{-1}{\tau}\times t$	**1**

<table>
<tr><td>6.1</td><td>
<table>
<tr><td>t (ms)</td><td>0</td><td>0,2</td><td>0,4</td><td>0,8</td><td>1</td><td>1.4</td><td>1.8</td><td>2</td></tr>
<tr><td>i (mA)</td><td>0</td><td>18,2</td><td>33</td><td>55.1</td><td>63.3</td><td>75.4</td><td>83.5</td><td>86.5</td></tr>
<tr><td>ℓn (1-i/Im)</td><td>0</td><td>-0.2</td><td>-0.4</td><td>-0.8</td><td>-1</td><td>-1.4</td><td>-1.8</td><td>-2</td></tr>
</table>
</td><td>1</td></tr>
<tr><td>6.2</td><td></td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>6.3</td><td>L’allure de la courbe est une ligne droite qui passe par l’origine, son équation est de la forme : $\ell n\left(1-\frac{i}{I_m}\right)$ = pente × t ; pente = $\frac{-2-0}{(2-0)\times10^{-3}} = -1000$ s^{-1} Donc $\ell n\left(1-\frac{i}{I_m}\right)$ = -1000 t (S.I)</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>7</td><td>Pente = - 1000 = $\frac{-1}{\tau}$ donc τ = 1 ms = 1×10^{-3} s
$\tau = \frac{L}{R+r}$ donc L = τ (R+r) = $1\times10^{-3}\times100$ = 0,1 H</td><td>0,25
0,5</td></tr>
<tr><td colspan="3">Exercice 4 (6,5 pts) Effet photoélectrique</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Expression 2 : c’est l’émission d’électrons par un métal lorsqu’il est exposé à une radiation électromagnétique de fréquence appropriée.</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>2</td><td>D'après la relation d'Einstein : $E_{Photon}=W_s+Ec_{max}$
$Ec_{max}=E_{Photon}-W_s$; $Ec_{max}=h\nu - W_s$ de la forme Ec_{max} = a ν + b Donc a = h et b = -Ws</td><td>0,25
0,5</td></tr>
<tr><td>3.1</td><td>Le graphe pour chaque métal est une ligne droite croissante qui ne passe pas par l’origine, ce qui est en accord avec la relation $Ec_{max}=h\nu - W_s$; pente = h > 0</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>3.2</td><td>Les deux droites ont le même coefficient directeur car la pente de la droite dépend de la constante de Planck h, qui est constante et identique pour tous les métaux.</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>3.3</td><td>Courbe (I) : h = pente = $\frac{(1.41-0)\times1.6\times10^{-19}}{(9-5.5)\times10^{14}}$ = $6,44\times10^{-34}$ J.s</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>3.4</td><td>L’intersection avec l’axe des abscisses correspond à la fréquence seuil du métal.
En utilisant la courbe (I) : $\nu_{1s} = 5,5\times10^{14}$ Hz
En utilisant la courbe (II) : $\nu_{2s} = 10,4\times10^{14}$ Hz
$c = \lambda_{seuil}\,\nu_{seuil}$; $\lambda_{1s} = \frac{c}{\nu_{1s}} = \frac{3\times10^{8}}{5,5\times10^{14}} = 5,45\times10^{-7}$ m = 545 nm
$\lambda_{2s} = \frac{c}{\nu_{2s}} = \frac{3\times10^{8}}{10,4\times10^{14}} = 2,88\times10^{-7}$ m = 288 nm</td><td>0,25
0,25
0,5
0,25</td></tr>
<tr><td>4</td><td>La courbe (II) correspond au zinc.
Justification : λ_{1s} = 545nm > 400 nm →domaine visible.
Donc la courbe (I) ne peut pas correspondre pas au zinc</td><td>0,5
0,5</td></tr>
<tr><td>5.1</td><td>$P = \frac{N\times E_{photon}}{\Delta t}$, $N = \frac{P\times\Delta t}{E_{photon}}$, Mais $E_{photon} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,44\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{400\times10^{-9}} = 4,83\times10^{-19}$ J,
Alors : $N = \frac{2\times10^{-3}\times1}{4,83\times10^{-19}} \cong$ $4,14\times10^{15}$ photons/s</td><td>1</td></tr>
<tr><td>5.2</td><td>$r = \frac{n}{N}$; n = r × N = $0,02\times4,14\times10^{15}$ = $8,28\times10^{13}$ électrons/s</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>5.3</td><td>I = $8,28\times10^{13}\times1,6\times10^{-19}$ =$1,32\times10^{-5}$ A</td><td>0,5</td></tr>
</table>