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

Cette épreuve, formée de quatre exercices obligatoires, est constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4.
L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

Premier exercice : (7 pts) Détermination des caractéristiques d'une bobine

Dans le but de déterminer l'inductance L et la résistance r d'une bobine, on place la bobine en série dans un circuit comportant, un condensateur de capacité C = 160 μF et un générateur (GBF) délivrant, entre ses bornes, une tension alternative sinusoïdale $u_g = u_{AD} = 20\sin(100\pi t)$, (u en V , t en s) (figure 1).

Le circuit est alors parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité i.

Un oscilloscope branché dans le circuit permet de visualiser, sur la voie Y_A, la tension $u_g = u_{AD}$ et, sur la voie Y_B, la tension $u_b = u_{BD}$.

Sur l'écran de l'oscilloscope, on observe les oscillogrammes de la figure 2.

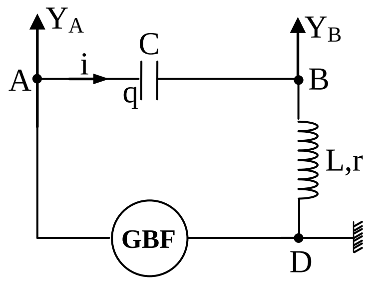


Figure 1

1) Sachant que la sensibilité verticale S_V est la même pour les deux voies, calculer sa valeur.
2) Calculer le déphasage entre u_{AD} et u_{BD}. Laquelle des deux tensions est en retard sur l'autre ?
3) Déduire l'expression de la tension u_{BD} aux bornes de la bobine en fonction du temps.
4) En appliquant la loi d'additivité des tensions et en donnant à t deux valeurs particulières, vérifier que la tension u_{AB} est $u_C = u_{AB} = 20\sin(100\pi t - \frac{\pi}{3})$.
   (u_C en V et t en s)
5) En utilisant la relation entre l'intensité i et la tension u_C, déterminer l'expression de i en fonction du temps.
6) **a)** Donner l'expression de la tension u_{BD} aux bornes de la bobine en fonction de i.
   b) Calculer r et L en donnant à t deux valeurs particulières.

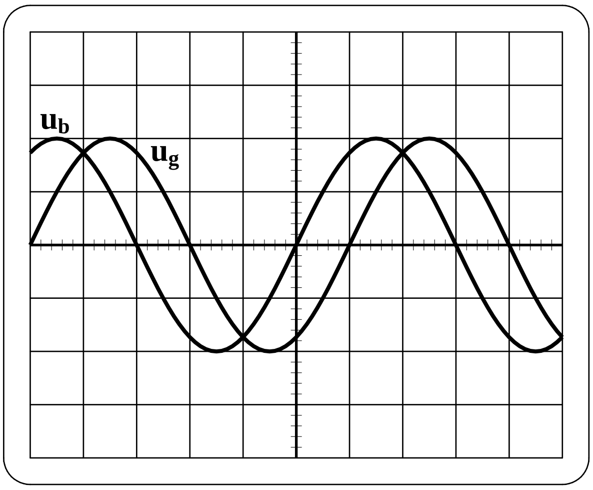


Figure 2

7) Pour s'assurer des valeurs de L et r précédemment calculées, on procède de la façon suivante:
   - on mesure la puissance moyenne consommée par le circuit, pour ω =100π rad/s et on trouve 8,66 W.
   - on fait varier la fréquence f de u_g tout en maintenant constante sa valeur maximale, et on trouve que pour f = 71 Hz, l'intensité efficace du courant dans le circuit prend une valeur maximale.

   Déterminer les valeurs de r et L.

<u>Deuxième exercice</u> : (6 ½ pts)   **Noyaux atomiques**

Le but de l'exercice est de comparer les valeurs des grandeurs caractérisant la stabilité de différents noyaux et de vérifier que, au cours de certaines réactions, des noyaux peuvent se transformer en d'autres noyaux plus stables avec libération d'énergie.

Données numériques :

Masse d'un neutron : $m_n = 1,0087$ u ; masse d'un proton : $m_p = 1,0073$ u ;
masse d'un électron : $m_e = 0,00055$ u ; 1 u = 931,5 MeV /c^2.

I – Stabilité des noyaux atomiques

On considère le tableau ci-dessous dans lequel figurent quelques grandeurs caractéristiques associées à certains noyaux.

Noyau	${}^{2}_{1}H$	${}^{3}_{1}H$	${}^{4}_{2}He$	${}^{14}_{6}C$	${}^{14}_{7}N$	${}^{94}_{38}Sr$	${}^{140}_{54}Xe$	${}^{235}_{92}U$
Masse (u)	2,0136	3,0155	4,0015	14,0065	14,0031	93,8945	139,892	234,9935
Énergie de liaison E_ℓ (MeV)	2,23	8,57	28,41	99,54	101,44	810,50	1164,75	
Énergie de liaison par nucléon $\frac{E_\ell}{A}$ (MeV/nucléon)	1,11		7,10		7,25	8,62		

1) **a)** Définir l'énergie de liaison d'un noyau.

b) Écrire l'expression donnant l'énergie de liaison E_ℓ d'un noyau ${}^{A}_{Z}X$ en fonction de Z, A, m_p, m_n, la masse m_X du noyau et la célérité c de la lumière dans le vide.

c) Calculer, en MeV, l'énergie de liaison du noyau d'uranium 235.

d) Compléter le tableau en calculant les valeurs manquantes de $\frac{E_\ell}{A}$.

e) Indiquer, en le justifiant, le noyau le plus stable parmi les noyaux figurant dans le tableau.

2) Chacun des noyaux considérés dans le tableau appartient à un des trois domaines donnés par :
A < 20 ; 20 < A < 190 ; A > 190.

En se référant au tableau complété, tracer l'allure de la courbe représentant les variations de $\frac{E_\ell}{A}$ en fonction de A. Préciser sur la figure les trois domaines déjà cités.

II – Réactions nucléaires et stabilité des noyaux

On considère les trois réactions nucléaires suivantes :

$${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu} \quad \text{(réaction 1)} \quad ;$$

$${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}H_e + {}^{1}_{0}n \quad \text{(réaction 2)} \quad ;$$

$${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{140}_{54}X_e + {}^{94}_{38}Sr + 2\,{}^{1}_{0}n \quad \text{(réaction 3).}$$

1) Indiquer la nature de chaque réaction nucléaire (fission, radioactivité ou fusion).

2) **a)** Montrer que chacune des réactions nucléaires précédentes libère de l'énergie.

b) En se référant au tableau précédent, vérifier que lors de chacune des réactions nucléaires, chacun des noyaux produits est plus stable que les noyaux initiaux.

Troisième exercice : (6 ½ pts) Indice de réfraction de l'air atmosphérique

L'indice de réfraction de l'air pur est supposé égal à 1. L'air atmosphérique n'est pas pur, mais pollué ; il contient surtout du dioxyde de carbone. L'indice de réfraction n de l'air ainsi pollué est donné par $n = 1 + 1{,}55\times10^{-6}\,y$ où y % représente le pourcentage du dioxyde de carbone.

Dans le but de déterminer la valeur de y, on réalise le phénomène d'interférences lumineuses à l'aide du dispositif des fentes de Young en éclairant les deux fentes F_1 et F_2 distantes de a, par un faisceau laser de longueur d'onde dans l'air pur $\lambda = 0{,}633\ \mu m$. Le faisceau tombe normalement au plan (P) qui contient les fentes. On observe des franges sur un écran (E) parallèle à (P) et situé à la distance D de ce plan. Le point O est la projection orthogonale du point I milieu de F_1F_2 sur le plan (E) (figure 1).

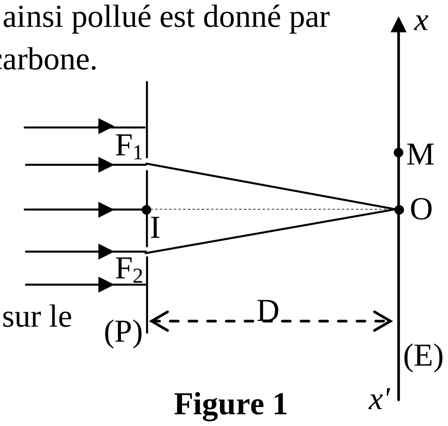


Figure 1

I – Interférences dans l'air pur

On rappelle qu'au point M de l'écran tel que OM = x, la différence de marche optique $\delta = MF_2 - MF_1$ est donnée par la relation $\delta = \dfrac{ax}{D}$.

1) O est le centre de la frange brillante centrale. Pourquoi?

2) M est le centre de la frange brillante d'ordre k.
- **a)** Donner l'expression de δ en fonction de k et λ.
- **b)** Déduire l'expression de l'interfrange i en fonction de λ, D et a.

3) M est le point tel que $MF_2 - MF_1 = 1{,}266\ \mu m$.
- **a)** Préciser, en le justifiant, la nature et l'ordre de la frange dont le centre est en M.
- **b)** Exprimer x en fonction de i.

II- Interférences dans l'air pollué

On veut mesurer l'indice de réfraction n de l'air pollué de dioxyde de carbone. Dans le dispositif des fentes de Young utilisé, on considère que le faisceau issu de F_2 se propage dans l'air pur tandis que celui issu de F_1 se propage le long de $\ell = 50$ cm dans l'air pollué et le reste du trajet dans l'air pur (figure 2).

On constate, dans ce cas, que le système des franges d'interférences se déplace vers le haut.

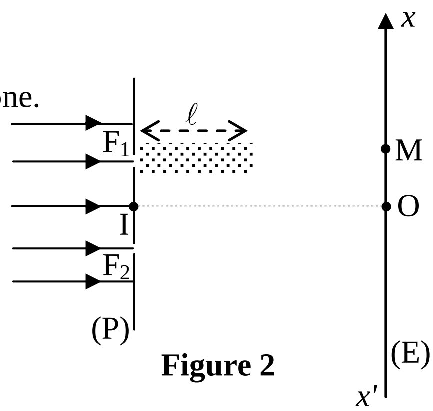


Figure 2

1) Sachant que v est la vitesse de la lumière dans l'air pollué, exprimer le temps t que met la lumière pour parcourir la distance ℓ dans l'air pollué, en fonction de v et ℓ.

2) Sachant que c est la vitesse de la lumière dans l'air pur, déterminer l'expression de la distance d parcourue par la lumière issue de F_2, pendant la même durée t, en fonction de ℓ et n.

3) Exprimer en fonction de n et ℓ l'augmentation du chemin optique du fait de l'existence de l'air pollué.

4) La nouvelle expression de la différence de marche optique est alors:

$$\delta' = MF_2 - MF_1 = \frac{ax}{D} - \ell(n-1)$$

- **a)** Sachant que le centre de la frange brillante centrale se déplace vers le haut et occupe la position déjà occupée par le centre de la frange brillante d'ordre 2, l'interfrange restant le même, déterminer l'expression donnant n en fonction de ℓ et λ.
- **b)** Montrer que n vaut 1,0000025.

5)
- **a)** L'indice n étant donné par $n = 1 + 1{,}55\times10^{-6}\,y$, calculer la valeur de y.
- **b)** L'air pollué en dioxyde de carbone devient nocif lorsque $y \geq 0{,}5$.
  Cet air pollué est –il nocif ? Pourquoi?

<u>Quatrième exercice</u> : (7 ½ pts) Oscillations mécaniques libres

Un pendule élastique horizontal est constitué d'une tige métallique homogène MN de masse m = 0,5 kg et de longueur ℓ et d'un ressort à spires non jointives de raideur k = 50 N/m, de longueur à vide L_0 et de masse négligeable. L'une des extrémités du ressort est fixée en I à un support fixe et l'autre est reliée au milieu G de la tige. Cette tige peut glisser sans frottement sur deux rails métalliques AA' et CC', horizontaux et parallèles à l'axe *x*'*x* du ressort ; au cours de ce glissement, la tige reste perpendiculaire aux rails et G se déplace sur l'axe *x*'*x*. On écarte la tige, à partir de sa position d'équilibre, parallèlement à elle-même, dans le sens positif, de 5 cm, puis on la lâche sans vitesse à la date $t_o = 0$.

À la date t, l'abscisse de G est $x = \overline{OG}$ et $v = \frac{dx}{dt}$ est la mesure algébrique de sa vitesse ; le point O, origine des abscisses, correspond à la position de G à l'équilibre pour laquelle la longueur du ressort est L_0 (figure 1).

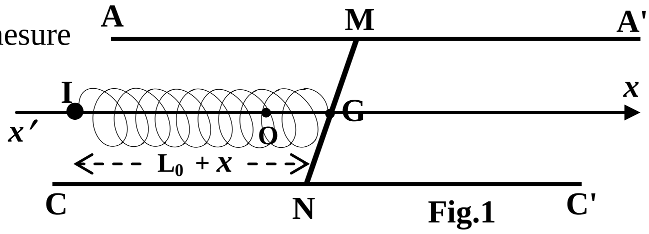


Fig.1

I – Oscillations libres non amorties

1) Écrire, à la date t, l'expression de l'énergie mécanique E_m du système (pendule, Terre) en fonction de m, *x*, k et v en prenant le plan horizontal passant par G comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.
2) Établir l'équation différentielle du second ordre en x qui décrit le mouvement de G.
3) La solution de cette équation différentielle a pour expression : $x = X_m \cos(\omega t + \varphi)$ où X_m est l'amplitude des oscillations. Déterminer les valeurs de ω, X_m et φ .

II – Oscillations libres amorties

Le dispositif, constitué par le pendule et les rails, est placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, perpendiculaire au plan des rails. (figure 2).

On relie A et C par un conducteur ohmique de résistance convenable ; la résistance totale du circuit est alors R. Après avoir tiré la tige de 5 cm dans le sens positif, on la lâche sans vitesse à la date $t_0 = 0$.

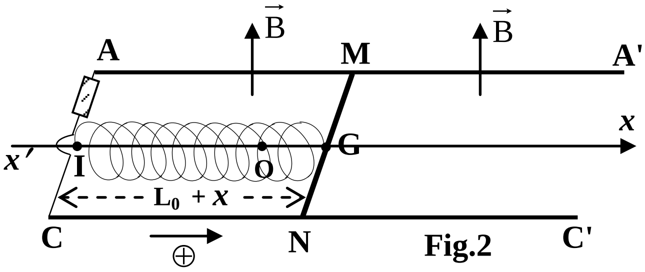


Fig.2

Un courant induit d'intensité i apparaît dans le circuit. Le pendule horizontal effectue alors quelques oscillations puis il s'arrête au bout d'une durée t_1.

1) Au cours du mouvement, une force électromotrice induite e est établie aux bornes M et N de la tige. Expliquer pourquoi.

2) **a)** Déterminer, à la date t et en fonction de B, L_0, *x* et ℓ , l'expression du flux magnétique qui traverse la surface limitée par le circuit AMNC tout en respectant le sens positif arbitraire choisi sur la figure 2.
   b) Déduire l'expression de la f.é.m. induite e en fonction de B, ℓ et v.
   c) Déterminer l'expression de i en fonction de B, R, ℓ et v.
   d) Préciser le sens du courant induit dans le cas où la tige se déplace dans le sens positif.

3) **a)** Interpréter l'amortissement des oscillations et l'arrêt de la tige.
   b) Calculer l'énergie mécanique de l'oscillateur à la date $t_0 = 0$.
   c) Déduire la valeur de l'énergie dissipée dans le circuit entre les dates $t_0 = 0$ et t_1.
   d) Sous quelle forme cette énergie est-elle dissipée ?

أسس التصحيح لشهادة العلوم العامة لمادة الفيزياء. دورة ٢٠٠٦ العادية

<u>Premier exercice</u> : (7 pts)

1) La tension maximale aux bornes du générateur correspond à 2 div

$\Rightarrow S_V = \dfrac{20\text{ V}}{2\text{div}} = 10\text{V/div}$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

2) La différence de phase correspond à 1 division et la période couvre 6 divisions

$\varphi = \dfrac{(1)(2\pi)}{6} = \dfrac{\pi}{3}$ rad. u_g est en retard sur u_b **($\frac{3}{4}$ pt)**

3) $(U_m)_b = 20$V , $\omega = 100\pi$ et u_b est en avance sur u_g de $\frac{\pi}{3}$ rad $\Rightarrow u_b = 20\sin(100\pi t + \frac{\pi}{3})$ **(1 pt)**

4) $u_{AD} = u_{AB} + u_{BD}$. Soit $u_{AB} = A\sin(100\pi t + \varphi)$.

$20\sin(100\pi t) = A\sin(100\pi t + \varphi) + 20\sin(100\pi t + \frac{\pi}{3})$

Pour t = 0 , on obtient : $0 = A\sin\varphi + 20\dfrac{\sqrt{3}}{2}$; $A\sin\varphi = -10\sqrt{3}$

Pour $100\pi t = \dfrac{\pi}{2}$, on obtient : $20 = A\cos\varphi + 10$; $A\cos\varphi = 10$

$\Rightarrow \varphi = -\dfrac{\pi}{3}$ et A = 20 . Ce qui montre la relation : $u_{AB} = 20\sin(100\pi t - \frac{\pi}{3})$ **($1\frac{3}{4}$ pt)**

5) $i = C\dfrac{du_C}{dt}$; $i = 160\times10^{-6}[20\times100\pi\cos(100\pi t - \frac{\pi}{3})] = 1\cos(100\pi t - \frac{\pi}{3})$

$= \sin(100\pi t + \frac{\pi}{6})$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

6) $u_b = ri + L\dfrac{di}{dt}$; $20\sin(100\pi t + \frac{\pi}{3}) = r\sin(100\pi t + \frac{\pi}{6}) + L(100\pi)[\cos(100\pi t + \frac{\pi}{6})]$

Pour t = 0, on obtient : $20\dfrac{\sqrt{3}}{2} = r(0{,}5) + 100\pi L\dfrac{\sqrt{3}}{2}$

Pour $100\pi t = \pi/2$, on obtient : $10 = r\dfrac{\sqrt{3}}{2} - 50\pi L$

$\Rightarrow L = \dfrac{1}{10\pi} = 0{,}032$ H et $r = 10\sqrt{3}\ \Omega$. **($1\frac{1}{2}$ pt)**

7) La puissance électrique est consommée seulement dans la résistance de la bobine :

$P = r(I_{eff})^2 = 8{,}66 = (\dfrac{1}{\sqrt{2}})^2 r \Rightarrow r = 17{,}3\Omega = 10\sqrt{3}\Omega$. **($\frac{1}{2}$ pt)**

Le phénomène mis en évidence est la résonance d'intensité. Dans ce cas on a :

$LC\omega^2 = 1$; ou $L = \dfrac{1}{C\omega^2} = \dfrac{10^6}{160(142\pi)^2} = 0{,}032$ H. **($\frac{1}{2}$ pt)**

<u>Deuxième exercice</u> : (6 ½ pts)

I - 1- a) L'énergie de liaison d'un noyau est l'énergie minimale qu'il faut fournir pour dissocier ses nucléons. **($\frac{1}{2}$ pt)**

b) $E_\ell = [Zm_p + (A-Z)m_n - m_X]\,c^2$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

c) $\Delta m = Zm_p + (A-Z)m_n - m_X = 92\times1{,}0073 + 143\times1{,}0087 - 234{,}9935 = 1{,}9222$ u

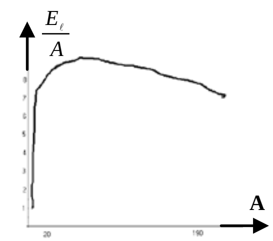
$E_\ell = 1{,}9222\times931{,}5$ Mev = 1790,53 Mev. **(1 pt)**

2- a) Tableau **($\frac{1}{2}$ pt)**

${}^{2}_{1}H$	${}^{3}_{1}H$	${}^{4}_{2}He$	${}^{14}_{6}C$	${}^{14}_{7}N$	${}^{94}_{38}Sr$	${}^{140}_{54}Xe$	${}^{235}_{92}U$
1,11	2,86	7,10	7,11	7,25	8,62	8,32	7,62

b) Le noyau qui a l'énergie de liaison par nucléon la plus grande est le noyau le plus stable. C'est donc le strontium le noyau le plus stable des huit. **($\frac{1}{2}$ pt)**

c) Allure de la courbe **($\frac{1}{2}$ pt)**



II- 1) Réaction (1) : radioactivité ; réaction (2) : fusion ; réaction (3) : fission. **($\frac{3}{4}$ pt)**

2) a) Pour la réaction de radioactivité $\Delta M = M_{avant} - M_{après} = 14{,}0065 - (14{,}0031 + 0{,}00055) = 0{,}00285$ u

Pour la réaction de fusion $\Delta M = M_{avant} - M_{après} = 2{,}0136 + 3{,}0155 - 4{,}0015 - 1{,}0087 = 0{,}0189$ u

Pour la réaction de fission $\Delta M = M_{avant} - M_{après} = 0{,}1983$ u.

Dans les trois réactions, il y a une perte de masse, les trois réactions libèrent donc de l'énergie. **($1\frac{1}{2}$ pt)**

b) - Le noyau ${}^{14}_{7}N$ est plus stable que le noyau ${}^{14}_{6}C$.

- Le noyau ${}^{4}_{2}H_e$ est plus stable que les noyaux ${}^{2}_{1}H$ et ${}^{3}_{1}H$.

- Les noyaux ${}^{140}_{54}X_e$ et ${}^{94}_{38}Sr$ sont plus stables que le noyau ${}^{235}_{92}U$. **($\frac{3}{4}$ pt)**

Troisième exercice (6 ½ pts)

I – **1)** Le point O est caractérisé par $\delta = 0$, donc une frange brillante centrale se forme en O. **($\frac{1}{2}$ pt)**

2) **a)** $\delta = k\lambda$ **($\frac{1}{4}$ pt)**

b) $\delta = \frac{ax}{D} = k\lambda \Rightarrow x_k = \frac{k\lambda D}{a}$ et $x_{k+1} = \frac{(k+1)\lambda D}{a} \Rightarrow i = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda D}{a}$ **(1 pt)**

3) **a)** $\frac{MF_2 - MF_1}{\lambda}$ **= 2** est de la forme $\delta = k\lambda$ tel que k = 2; d'où une frange brillante d'ordre 2 se forme en M. **(1pt)**

b) $\frac{ax}{D} = 2\lambda \Rightarrow x = \frac{2\lambda D}{a} = 2i$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

II – 1) $t = \frac{\ell}{v}$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

2) $d = ct = \frac{c\ell}{v} = n\ell$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

3) $n\ell - \ell = \ell(n-1)$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

4) a) $\delta' = 0 \Rightarrow \frac{ax}{D} = (n-1)\ell$ et $x = 2i \Rightarrow n = \frac{2\lambda}{\ell} + 1$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

b) n = 1,0000025 **($\frac{1}{2}$ pt)**

5) **a)** 1,0000025 = 1 + $1{,}55.10^{-6}$y d'où y = 1,61. **($\frac{1}{2}$ pt)**

b) y = 1,61 > 0,5 , l'air de la salle est donc nocif. **($\frac{1}{4}$ pt)**

Quatrième exercice : (7 ½ pts)

I - 1) $E_m = E_c + E_e + E_{PP} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 + 0$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

2) E_m= cte $\Rightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0 = mvv' + kxv \Longrightarrow x'' + \frac{k}{m}x = 0$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

3) $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 10$ rad/s ; $v = -X_m\omega\sin(\omega t + \varphi)$, pour t = 0 , $v = -X_m\omega\sin\varphi = 0$ et

$x_0 = X_m\cos\varphi = X_m > 0 \Longrightarrow \sin\varphi = 0 \Longrightarrow \varphi = 0$ et $X_m = 5$ cm **(1 $\frac{1}{4}$ pt)**

II - 1) Au cours du mouvement, le flux magnétique à travers le circuit AMNC est $\phi = BS\cos 0$; S varie $\Longrightarrow$ le flux varie $\Longrightarrow$ la f.é.m induite $e = -\frac{d\varphi}{dt}$ existe **(1 pt)**

2) **a)** $\phi = BS\cos 0 = B(L_0 + x)\,\ell$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

b) $e = -\frac{d\varphi}{dt} = -B\ell\frac{dx}{dt} = -B\ell v$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

c) Le courant induit est donné par $i = \frac{e}{R} = \frac{-B\ell v}{R}$. **($\frac{1}{2}$ pt)**

d) v > 0 $\Longrightarrow$ i < 0 $\Longrightarrow$ le courant induit circule dans le sens négatif dans le circuit (de M vers N dans la tige). **($\frac{1}{2}$ pt)**

3) **a)** Au cours du mouvement, la tige placée dans un champ magnétique, sera soumise à la force de Laplace $\vec{F}$, qui d'après la loi de Lenz, doit s'opposer à la cause qui donne naissance au courant induit ; $\vec{F}$ s'oppose donc au déplacement de la tige et joue ainsi le rôle d'une force de freinage qui provoque l'amortissement des oscillations et l'arrêt de la tige. **(1 pt)**

b) A la date $t_0 = 0$, $E_m = ½\, k X_m^2 = 0{,}0625$ J. **($\frac{1}{2}$ pt)**

c) $|\Delta E_m| = |0 - 0{,}0625| = 0{,}0625$ J. **($\frac{1}{2}$ pt)**

d) Sous forme d'énergie électrique (ou thermique dans R). **($\frac{1}{4}$ pt)**