

Le sujet comporte 5 pages numérotées de 1/5 à 5/5.

La page 5/5 est une feuille annexe à remplir par le candidat et à remettre avec sa copie.

Chimie : (7 points)

Exercice 1 : (3,75 points)

Toutes les solutions sont prises à  $25^{\circ}\text{C}$ , température à laquelle le produit ionique de l'eau est  $K_e = 10^{-14}$ . On néglige les ions provenant de l'ionisation propre de l'eau.

Une monobase est considérée comme faiblement ionisée dans l'eau si le taux d'avancement final de sa réaction avec l'eau est inférieur à  $5 \cdot 10^{-2}$ .

On dispose de trois solutions aqueuses ( $S_1$ ), ( $S_2$ ) et ( $S_3$ ) respectivement de monobases  $B_1$ ,  $B_2$  et  $B_3$  de même concentration molaire  $C_0 = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ . La mesure, dans un ordre quelconque, du pH de ces solutions a donné les valeurs: 13,0 ; 10,8 et 11,1.

Sachant que les trois bases sont classées par ordre croissant de basicité comme indiqué ci-dessous :



1) a- En justifiant la réponse, attribuer à chaque solution le pH correspondant.

b- Montrer que les bases  $B_1$  et  $B_2$  sont faibles, alors que la base  $B_3$  est forte.

c- Justifier que les bases  $B_1$  et  $B_2$  sont faiblement ionisées dans l'eau.

2) Etablir l'expression du pH d'une solution aqueuse d'une monobase  $B$  faible et faiblement ionisée en fonction du  $\text{p}K_b$  du couple  $\text{BH}^+/\text{B}$  correspondant, du  $\text{p}K_e$  et de la concentration molaire initiale  $C$  de la base étudiée.

3) Pour différentes valeurs de la concentration molaire  $C$  (variant de  $10^{-2}$  à  $10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ ) des solutions relatives aux trois monobases précédentes  $B_1$ ,  $B_2$  et  $B_3$ , on mesure séparément le pH correspondant, puis on représente à chaque fois la courbe pH en fonction de  $(-\log C)$ . On obtient alors les courbes (e), (e') et (e'') de la figure 1.

a- En justifiant la réponse, attribuer chaque courbe à la base correspondante.

b- En exploitant les courbes de la figure 1, déterminer :

b<sub>1</sub>- les valeurs des constantes  $\text{p}K_{b1}$  et  $\text{p}K_{b2}$  respectivement des couples  $\text{B}_1\text{H}^+/\text{B}_1$  et  $\text{B}_2\text{H}^+/\text{B}_2$ ;

b<sub>2</sub>- les valeurs des concentrations molaires  $C'_1$  et  $C'_2$  respectivement des solutions ( $S'_1$ ) et ( $S'_2$ ), correspondant aux bases  $B_1$  et  $B_2$ , ayant le même pH de valeur 10,6.

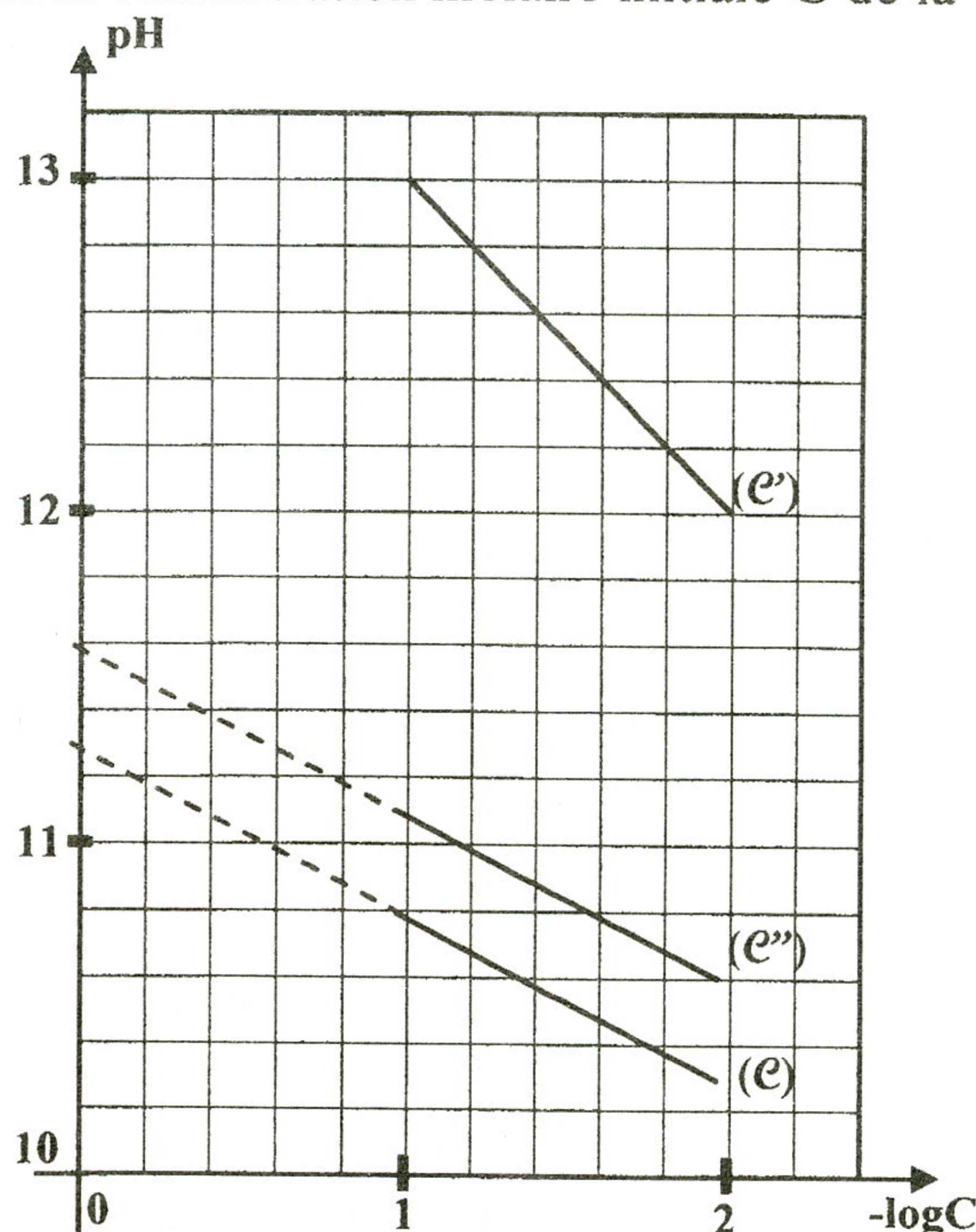


Figure 1

Exercice 2 : (3,25 points)

Lors d'une séance de travaux pratiques, on réalise à  $25^{\circ}\text{C}$ , une pile (P) en reliant à l'aide d'un pont salin :

- une demi-pile (A), placée à gauche, constituée par une lame d'étain Sn plongée dans un volume  $V_1 = 100 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse de chlorure d'étain II  $\text{SnCl}_2$  de concentration  $C_1 = 0,25 \text{ mol.L}^{-1}$ ;

- une demi-pile (B), placée à droite, constituée par une lame de fer Fe plongée dans un volume  $V_2 = 100 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse de chlorure de fer II  $\text{FeCl}_2$  de concentration  $C_2 = 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ .

On relie la pile (P) à un conducteur ohmique et à un ampèremètre ; on ferme le circuit à l'instant  $t = 0$ .

On suppose qu'il n'y a ni changement de volume des solutions ni risque d'épuisement des lames.

On donne les potentiels standard suivants :  $E^{\circ}(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0,14 \text{ V}$  ;  $E^{\circ}(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44 \text{ V}$ .



- 1) a- Ecrire l'équation chimique associée à la pile (P).  
b- Déterminer la valeur initiale  $E_i$  de la fem de la pile (P).  
c- Ecrire l'équation de la réaction qui se produit spontanément dans la pile lorsqu'elle débite du courant.  
d- Calculer la valeur de la constante d'équilibre  $K$  relative à l'équation chimique associée.
- 2) Les diagrammes  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  et  $D_4$  de la **figure 2** de la feuille annexe (page 5/5) se présentent sous la forme d'histogrammes indiquant la quantité de matière en ions  $Sn^{2+}$  et celle en ions  $Fe^{2+}$ . Parmi ces diagrammes, un ou plusieurs correspondent à des états de la pile (P).  
a- Identifier, en le justifiant, le diagramme qui correspond à l'état initial de la pile (P).  
b- Déterminer la quantité de matière en ions  $Sn^{2+}$  et celle en ions  $Fe^{2+}$  dans la pile (P) lorsque celle-ci atteint l'état d'équilibre dynamique, puis, représenter sur la **figure 2** de la feuille annexe (page 5/5 à remettre avec la copie) les histogrammes du diagramme  $D_5$  correspondant.  
c- Identifier, en justifiant, le(s) diagramme(s) relatif(s) à un (des) état(s) intermédiaire(s) du fonctionnement de la pile (P). Puis, déterminer à chaque fois la valeur de la fem correspondante.

**Physique : (13 points)**

**Exercice 1 : (6,5 points)**

**Partie A :**

Un solide (C) de masse  $m$  et de centre d'inertie  $G$  est attaché à l'une des extrémités d'un ressort (R), de masse négligeable, à spires non jointives et de raideur  $k = 10 \text{ N.m}^{-1}$ . L'autre extrémité du ressort est fixe. Le système (S) = {ressort (R) ; solide (C)} peut osciller sur un plan horizontal.

A l'équilibre, le centre d'inertie  $G$  du solide (C) coïncide avec l'origine  $O$  d'un repère  $(O, \vec{i})$  porté par un axe horizontal  $x'x$ . Au cours de son mouvement,  $G$  est repéré par son abscisse  $x$  dans le repère  $(O, \vec{i})$  (voir **figure 3**).

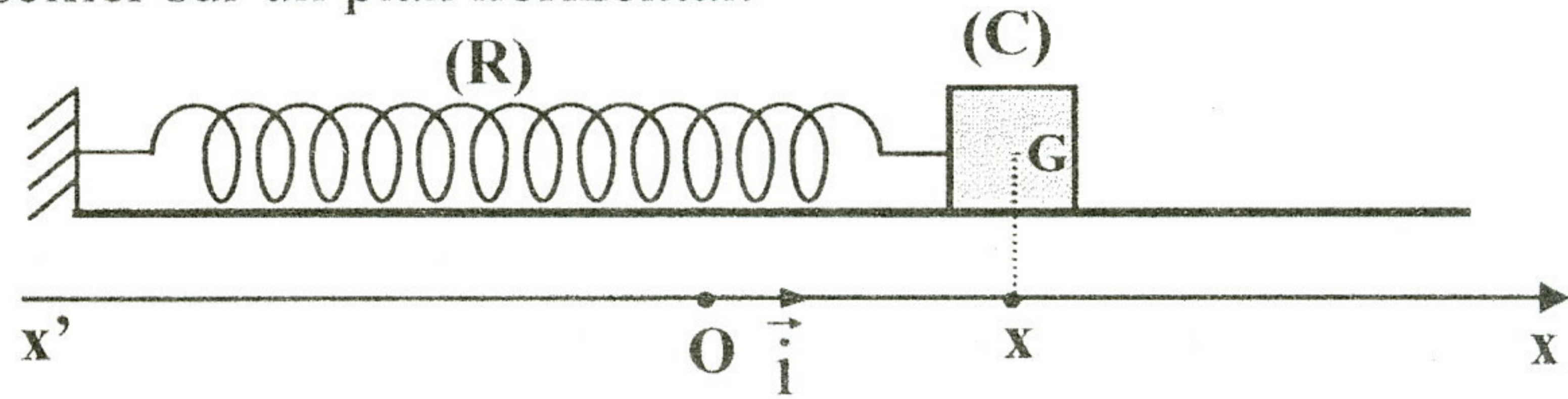


Figure 3

Les frottements sont supposés négligeables.

On écarte (C) de sa position d'équilibre jusqu'au point  $M_0$  d'abscisse  $x_0 < 0$ . A l'instant  $t = 0$ , on l'abandonne avec la vitesse  $\vec{v}_0 = v_0 \vec{i}$ , avec  $v_0 > 0$ . On prendra l'énergie potentielle de pesanteur  $E_{pp}$  nulle.

- 1) a- Etablir l'équation différentielle régissant les variations de l'élongation  $x$  de  $G$  en fonction du temps.  
b- En déduire que l'énergie mécanique  $E$  du système (S) se conserve au cours du temps.
- 2) La courbe ( $\mathcal{E}$ ) de la **figure 4** représente l'évolution de l'une des deux formes d'énergie (cinétique ou potentielle élastique) du système (S) au cours du temps.

- a- Justifier que cette courbe correspond à l'évolution de l'énergie potentielle élastique  $E_{pe}(t)$  du système (S).
- b- On prendra  $x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x)$ , montrer que l'énergie potentielle élastique  $E_{pe}(t)$  du système (S)

$$s'écrit : E_{pe}(t) = \frac{1}{4} k X_m^2 [1 - \cos[2(\omega_0 t + \varphi_x)]] , \text{ où}$$

$\omega_0$  est la pulsation propre de l'oscillateur (S),

$X_m$  est l'amplitude du mouvement du centre d'inertie  $G$  de (C) et  $\varphi_x$  est sa phase initiale.

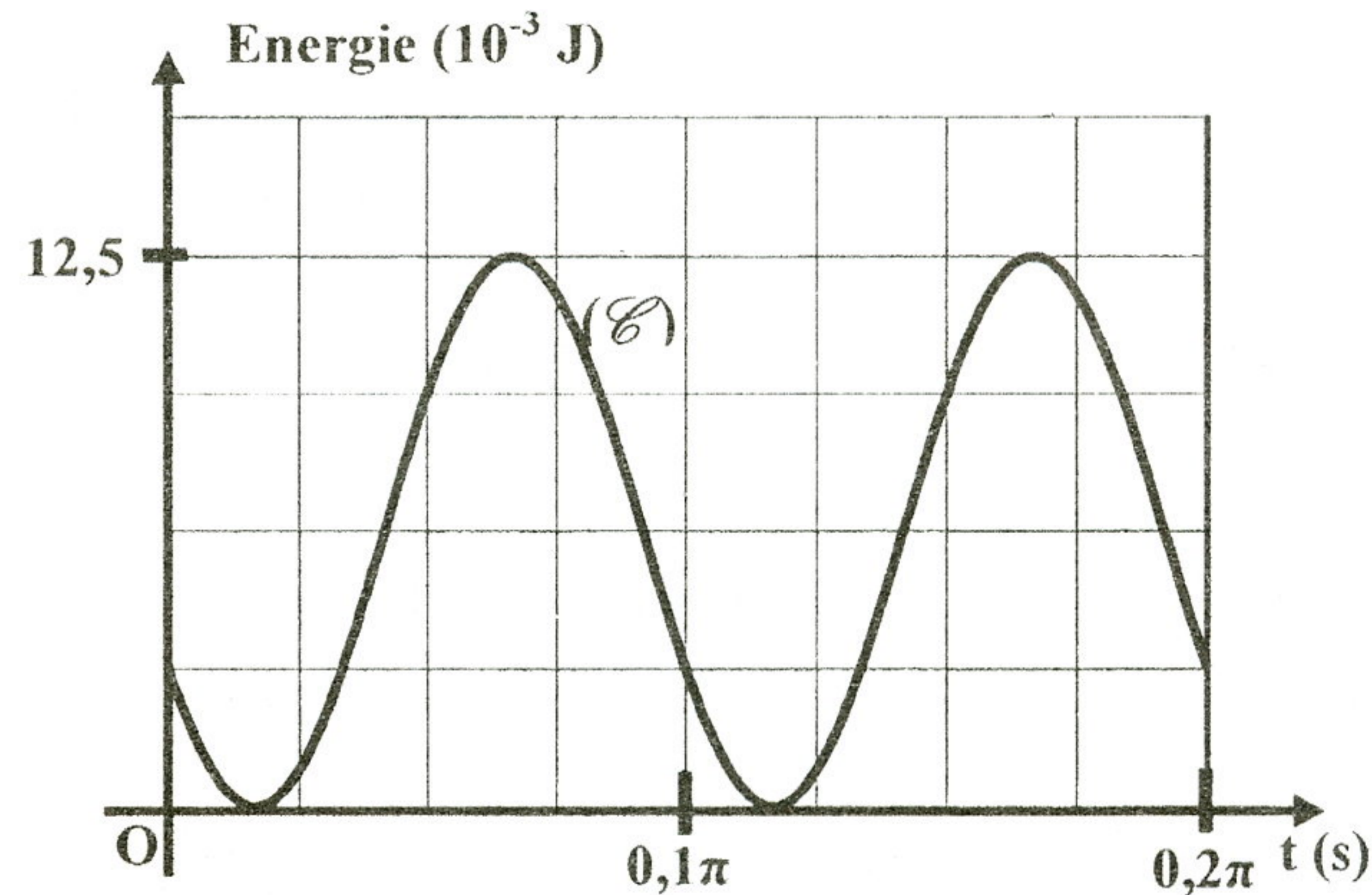


Figure 4

- c- En exploitant la courbe ( $\mathcal{E}$ ) de la **figure 4**, déterminer :  
c<sub>1</sub>- la pulsation propre  $\omega_0$  de l'oscillateur (S) et en déduire la masse  $m$  du solide (C) ;  
c<sub>2</sub>- l'élongation  $x_0$  et la vitesse  $v_0$  du centre d'inertie  $G$  du solide (C) à l'instant initial  $t = 0$  ;  
c<sub>3</sub>- la valeur de l'amplitude  $X_m$  du mouvement de  $G$  ainsi que celle de sa phase initiale  $\varphi_x$ .

**Partie B :**

On remplace le ressort (R) par un autre ressort ( $R_1$ ) à spires non jointives, de raideur  $k_1$  et de masse négligeable et on garde le même solide (C) de centre d'inertie  $G$  et de masse  $m$ . On obtient alors le système ( $S_1$ ) = {ressort ( $R_1$ ) ; solide (C)}. A l'équilibre de (C),  $G$  coïncide avec  $O$  origine du repère  $(O, \vec{i})$ .

Un dispositif approprié exerce sur (C) une force excitatrice  $\vec{F} = F_m \sin(2\pi N t + \varphi_F) \vec{i}$  portée par l'axe du ressort, d'amplitude  $F_m$  constante, de fréquence  $N$  réglable et de phase initiale  $\varphi_F$  constante.



En plus de la force excitatrice, le solide (C) est soumis à des forces de frottement visqueux équivalentes à une force  $\vec{f} = -h \cdot \vec{v}$ , où  $\vec{v}$  est la vitesse instantanée de G et h est un coefficient positif.

L'équation différentielle régissant les oscillations de (C) s'écrit :  $m \frac{d^2x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + k_1 x = F(t)$ . La solution de cette équation différentielle est de la forme  $x(t) = X_{m1} \sin(2\pi Nt + \varphi_{x1})$ , où  $X_{m1}$  est l'amplitude du mouvement de (C) et  $\varphi_{x1}$  est sa phase initiale.

La vitesse instantanée du solide (C) a pour expression :  $v(t) = V_m \sin(2\pi Nt + \varphi_v)$ , où  $V_m$  est l'amplitude de la vitesse et  $\varphi_v$  est sa phase initiale.

1) Un dispositif approprié d'acquisition des données permet d'enregistrer l'évolution temporelle des valeurs algébriques  $F(t)$  et  $T(t) = -k \cdot x(t)$  respectivement de la force excitatrice et de la tension du ressort.

Pour une valeur  $N_{01}$  de la fréquence N, on obtient alors les courbes (I) et (II) de la figure 5.

a- Justifier que la courbe (II) correspond à  $F(t)$ .

b- En exploitant les courbes de la figure 5, déterminer la fréquence  $N_{01}$ , l'amplitude  $F_m$  de la force excitatrice et le déphasage  $\Delta\varphi = \varphi_F - \varphi_T$ .

c - Déduire que le système (S<sub>1</sub>) est en état de résonance de vitesse à la fréquence  $N_{01}$ .

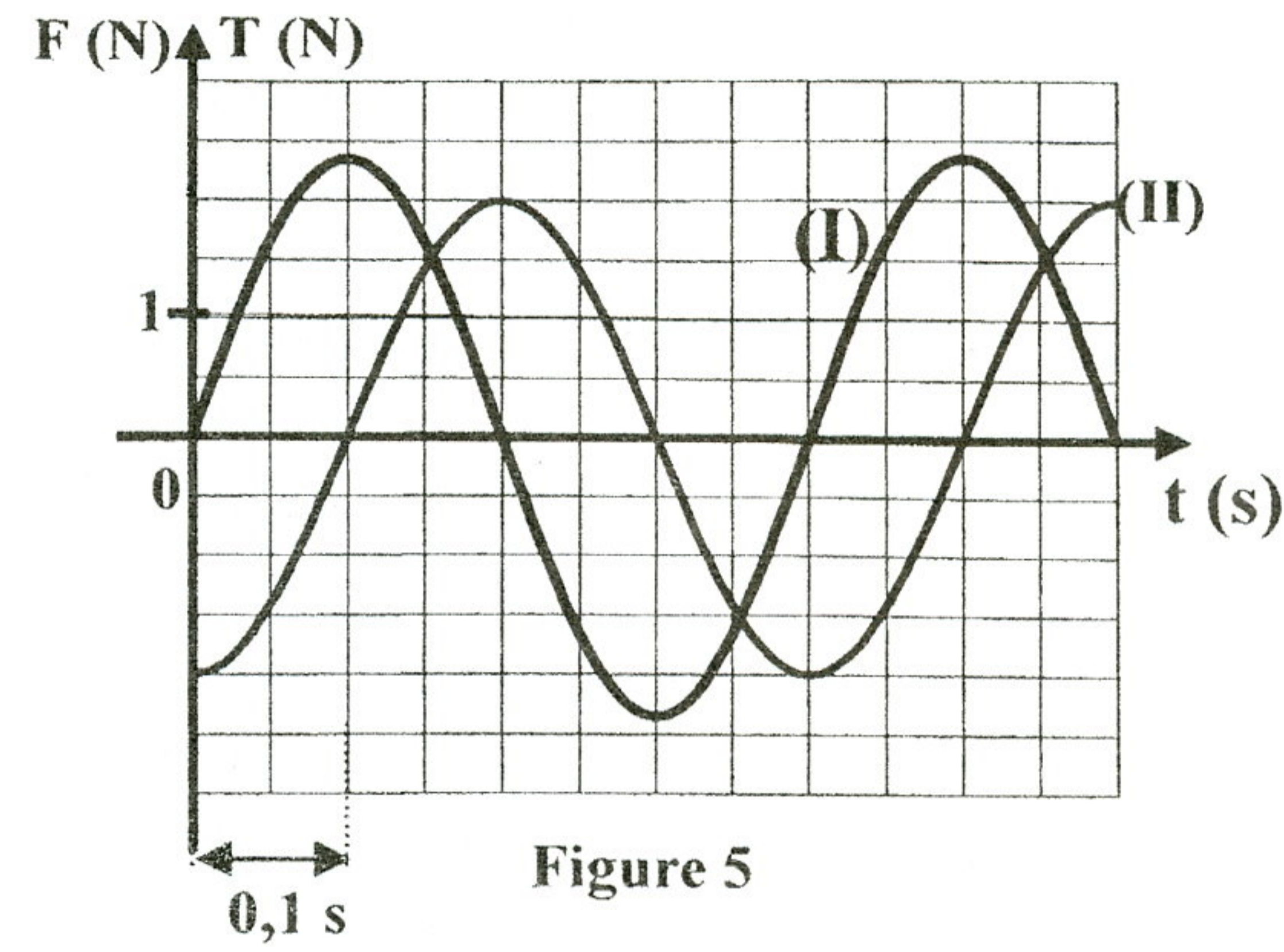


Figure 5

2) On donne:  $X_{m1} = \frac{F_m}{\sqrt{4\pi^2 h^2 N^2 + (4\pi^2 m N^2 - k_1)^2}}$  et  $V_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 + (2\pi m N - \frac{k_1}{2\pi N})^2}}$ .

La résonance d'élongation a eu lieu pour une fréquence  $N_{rx}$  telle que :  $N_{rx}^2 = N_{01}^2 - \frac{h^2}{8\pi^2 m^2}$  et la

résonance de vitesse se produit pour une fréquence  $N_{rv} = N_{01}$ , où  $N_{01}$  est la fréquence propre du système (S<sub>1</sub>). On fait varier la fréquence N de la force excitatrice et on mesure à chaque fois  $X_{m1}$  et  $V_m$ . On trace les courbes  $X_{m1} = f(N)$  et  $V_m = g(N)$ . On obtient alors les courbes (a) et (b) représentées sur la figure 6 de la feuille annexe (page 5/5).

a- Identifier la courbe qui correspond à  $X_{m1} = f(N)$  et celle qui correspond à  $V_m = g(N)$ .

b- En exploitant les courbes (a) et (b) de la figure 6 de la feuille annexe (page 5/5):

b<sub>1</sub>- relever la valeur de la fréquence  $N_{rx}$  ainsi que celle de la fréquence  $N_{rv}$  pour lesquelles se produisent les résonances respectivement d'élongation et de vitesse ;

b<sub>2</sub>- déterminer les valeurs de h et k<sub>1</sub> sachant que  $F_m = 2$  N.

### Exercice 2 : (4 points)

On tend horizontalement une corde élastique souple de longueur  $L = OE = 1$  m et de masse négligeable ; son extrémité O est attachée à une lame vibrante, tandis que l'autre extrémité E est reliée à un support fixe à travers une pelote de coton (Figure 7). La lame vibrante impose au point O un mouvement rectiligne sinusoïdal vertical d'amplitude  $a = 4$  mm et de fréquence N; l'équation horaire du mouvement du point O est :  $y_O(t) = a \cdot \sin(2\pi Nt + \varphi_0)$  pour  $t \geq 0$  ;  $\varphi_0$  étant la phase initiale du mouvement. La corde est alors le siège d'une onde progressive de célérité c. On suppose qu'il n'y a pas d'amortissement des ondes.

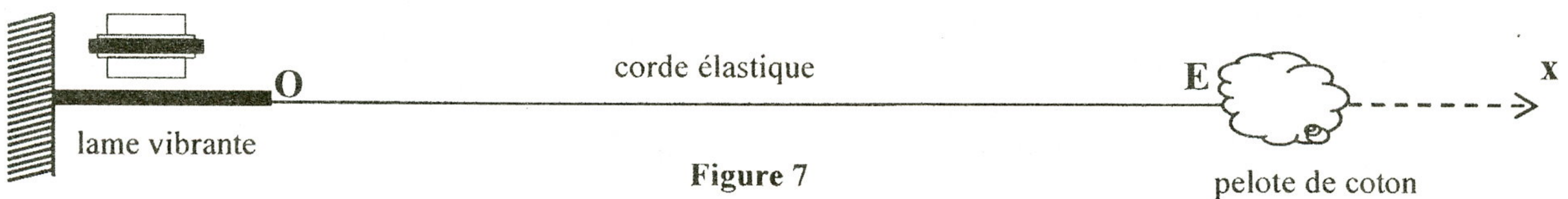


Figure 7

1) a- Décrire et interpréter l'aspect de la corde lorsqu'elle est observée en lumière ordinaire.

b- Indiquer le rôle de la pelote de coton.

c- Préciser, en le justifiant, si l'onde qui se propage le long de la corde est longitudinale ou transversale.



- 2) La courbe de la **figure 8** de la feuille annexe (page 5/5) représente le diagramme de mouvement d'un point A de la corde, situé au repos à une distance  $x_A = OA = 30 \text{ cm}$  de la source O.
- En exploitant la courbe de la **figure 8** de la feuille annexe (page 5/5), déterminer la fréquence N de la lame vibrante et l'instant  $t_A$  du commencement du mouvement du point A.
  - Calculer la célérité c de l'onde et sa longueur d'onde  $\lambda$ .
  - Déterminer la phase initiale  $\varphi_A$  de  $y_A(t)$  ainsi que  $\varphi_0$  de  $y_O(t)$ .
- 3) a- Montrer, qu'à l'instant  $t_1 = 0,1 \text{ s}$ , l'onde n'a pas atteint l'extrémité E de la corde.
- Représenter sur la figure 9 de la feuille annexe (page 5/5 à remettre avec la copie), l'aspect de la corde à l'instant  $t_1 = 0,1 \text{ s}$ .
  - Déduire, à l'instant  $t_1$ , les positions des points de la corde ayant une elongation nulle et se déplaçant dans le sens des elongations positives.

**Exercice 3 : (2,5 points) « Etude d'un document scientifique »**

**Quand la lumière explore la matière entourant le Soleil !**

Grâce aux travaux d'Isaac Newton, nous savons que la lumière qui nous paraît blanche est composée de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Deux siècles plus tard, l'invention de la spectroscopie permet d'obtenir des informations sur une source grâce à la décomposition de sa lumière. Cette méthode est à l'origine de l'essentiel de nos connaissances sur le Soleil...

A première vue, la lumière qui nous vient du Soleil donne un spectre continu...mais une observation plus fine nous montre qu'en réalité son spectre est constitué de centaines de raies sombres appelées également raies de Fraunhofer... Ces raies d'absorption proviennent d'une sorte d'atmosphère entourant le Soleil, appelée chromosphère. Le Soleil est ainsi constitué d'une partie gazeuse très chaude, appelée photosphère, responsable de la partie continue du spectre et de la chromosphère responsable de la majorité des raies d'absorption. Grâce aux spectres étudiés en laboratoire, il est possible de déterminer les éléments chimiques présents dans la chromosphère en regardant si les raies de leur spectre d'émission correspondent à certaines raies de Fraunhofer. On peut ainsi prouver qu'il existe, dans l'atmosphère du Soleil, une quarantaine d'éléments chimiques...

<http://www.cea.fr/multimedia/Mediatheque/animation/physique-chimie/spectre.swf>

- Expliquer succinctement l'origine des raies sombres observées dans le spectre du Soleil.
  - Décrire le spectre du Soleil si ce dernier ne comportait pas d'atmosphère.
- Préciser, à partir du texte, comment peut-on identifier depuis la Terre les éléments chimiques susceptibles d'être présents dans les couches extérieures de l'atmosphère du Soleil.
- Dans un laboratoire d'astrophysique, on détermine, à l'aide d'une méthode appropriée, les valeurs approchées des longueurs d'onde correspondant aux principales raies sombres (numérotées de 1 à 12) présentes dans un extrait du spectre solaire. Les résultats obtenus sont indiqués sur le tableau de la figure 10 de la feuille annexe (page 5/5).

Le tableau ci-contre donne les longueurs d'onde de certaines raies caractéristiques de quelques éléments chimiques. En utilisant ces données, identifier les éléments chimiques correspondant aux raies étudiées et qui sont présents dans l'atmosphère du Soleil. Reporter les résultats dans la dernière ligne du tableau de la figure 10 de la feuille annexe (page 5/5 à remettre avec la copie).

Elément chimique	Longueurs d'onde $\lambda$ en nm de certaines raies caractéristiques			
	1	2	3	4
Hydrogène H	410,1	434,0	486,1	656,3
Magnésium Mg	470,3	516,7	517,3	518,4
Calcium Ca	422,5	458,2	487,6	526,6
Fer Fe	438,3	491,9	495,7	532,8
Titane Ti	466,8	469,1	498,2	520,8



Section : ..... N° d'inscription : ..... Série : .....  
 Nom et Prénom : .....  
 Date et lieu de naissance : .....

Signatures des surveillants  
 .....  
 .....

**Sciences Physiques (Section : Mathématiques )**

**Feuille annexe à remplir par le candidat et à remettre avec la copie**

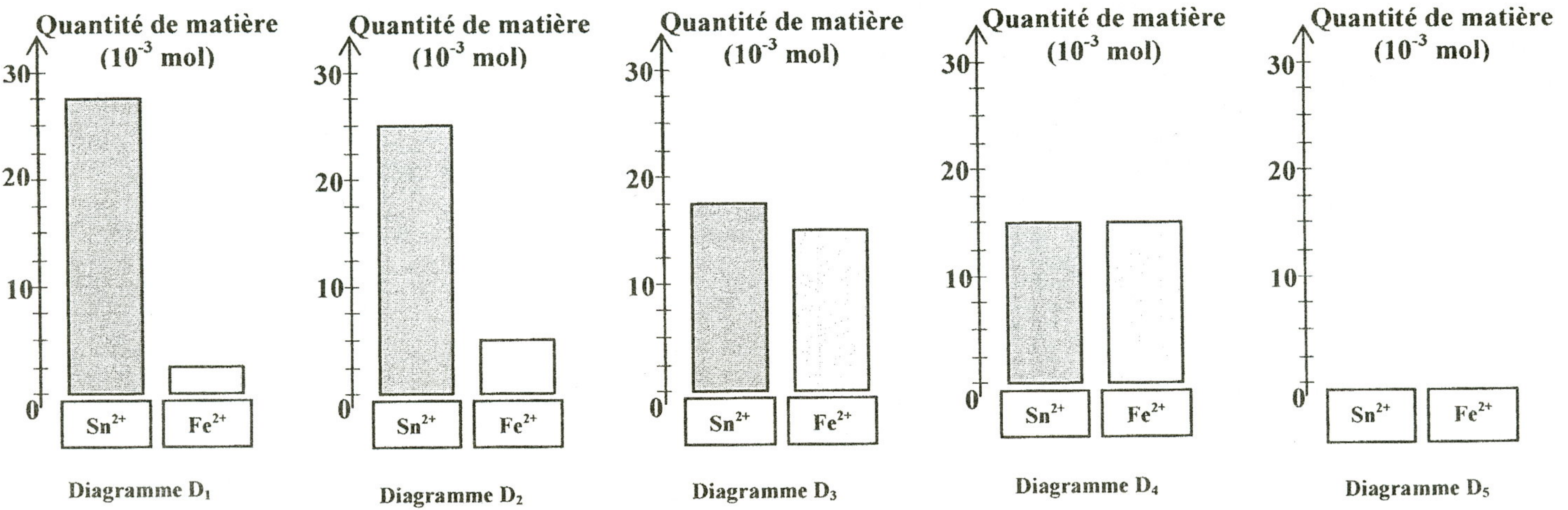


Figure 2

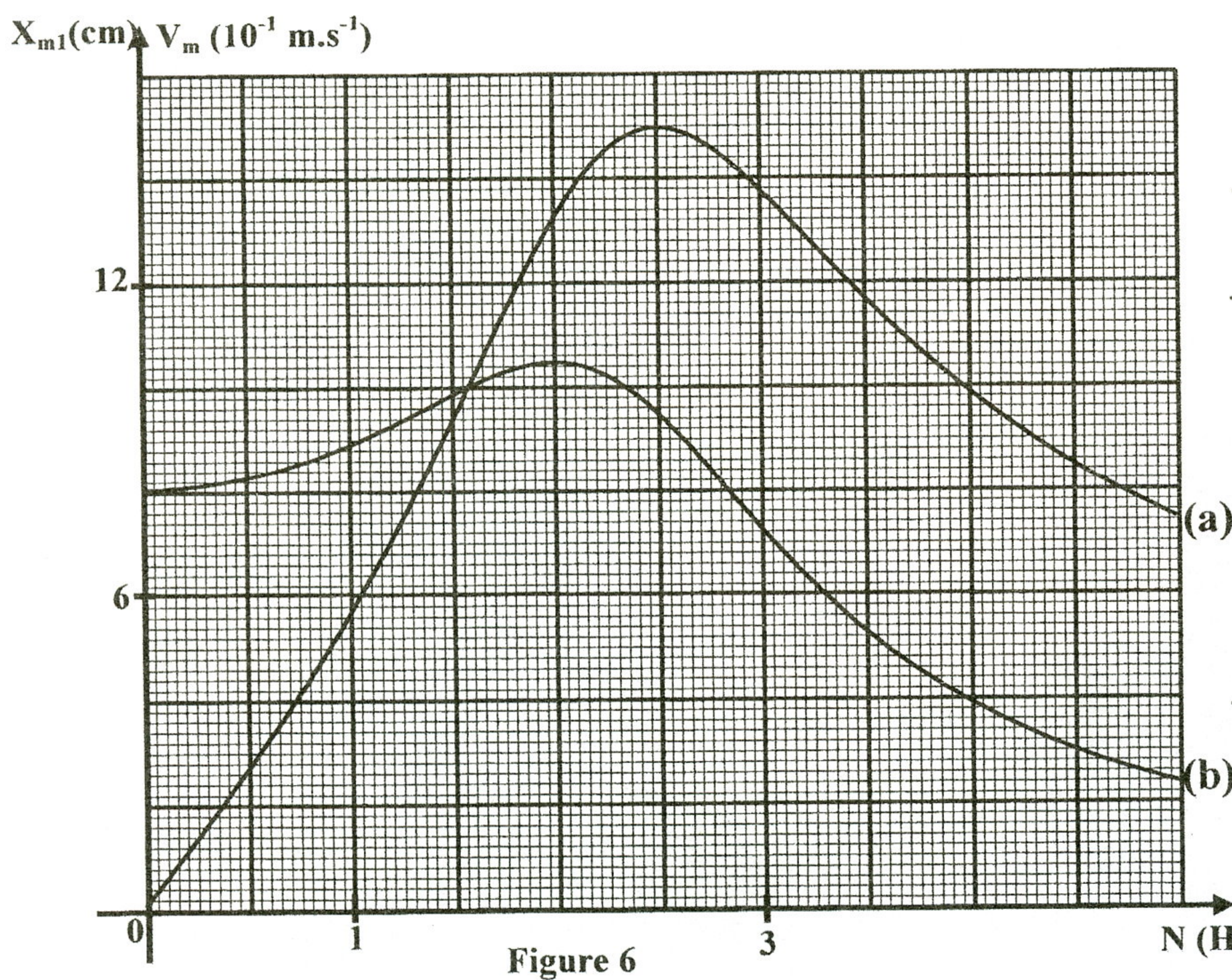


Figure 6

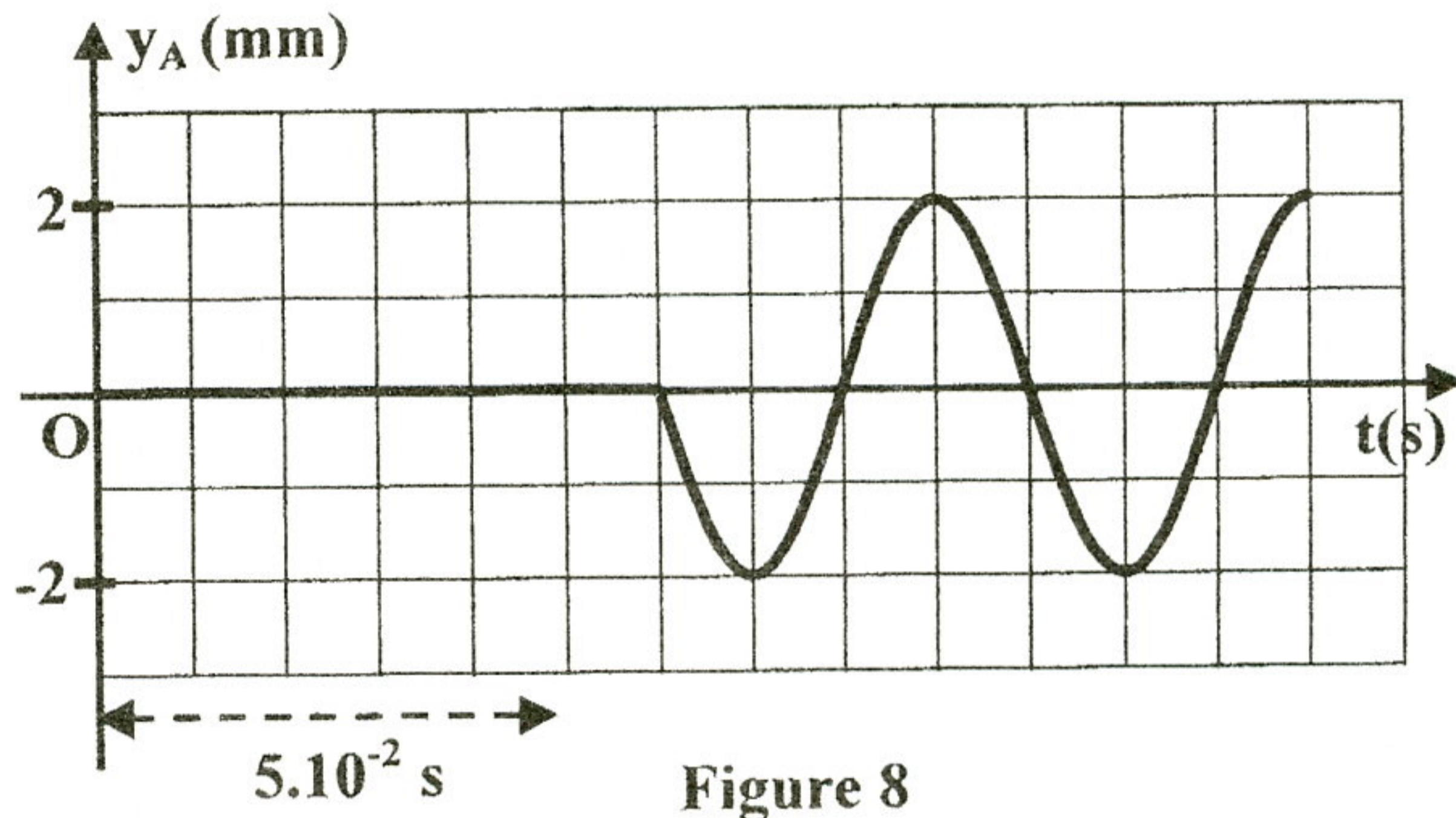


Figure 8

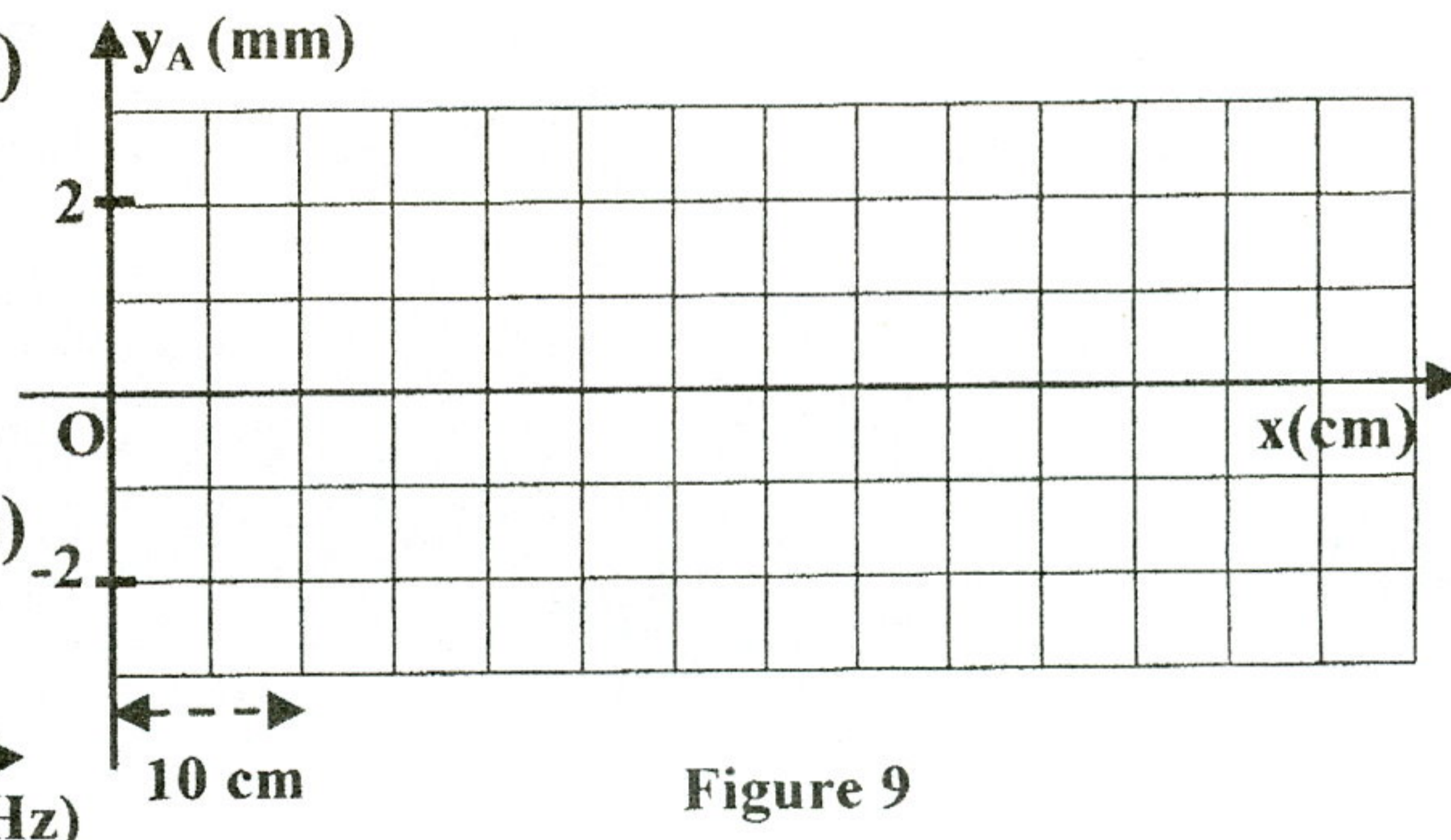


Figure 9

Numéro de la raie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Longueur d'onde $\lambda$ en nm	410	422	434	438	466	486	492	496	498	517	527	533
Elément chimique	H				Ti		Fe					

Figure 10