

RÉPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION	EXAMEN DU BACCALAURÉAT	Session principale 2023
	Épreuve : <b>Sciences physiques</b>	Section : <b>Mathématiques</b>
	Durée : <b>3h</b>	Coefficient de l'épreuve: <b>4</b>

N° d'inscription



*Le sujet comporte cinq pages numérotées de 1 / 5 à 5 / 5.  
La page 5 / 5 est à compléter par le candidat et à remettre avec la copie.*

## CHIMIE (7 points)

### Exercice 1 (3,75 points)

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

On considère une solution aqueuse (S) d'une monobase faible B, de concentration molaire C et de pH donné. On désigne par  $\text{BH}^+$  l'acide conjugué de la monobase B. Cette monobase B est considérée faiblement ionisée dans (S) si le taux d'avancement final  $\tau_f$  de sa réaction avec l'eau dans cette solution aqueuse est tel que :  $\tau_f \leq 0,05$ .

I /

- Dresser le tableau descriptif en avancement volumique y relatif à la réaction de la monobase B avec l'eau.
- Montrer que dans le cas où la monobase faible B est faiblement ionisée dans (S), on a :

$$\frac{[\text{B}]}{[\text{BH}^+]} = C \cdot 10^{(\text{p}K_e - \text{pH})}$$

- II / On prépare deux solutions aqueuses (S<sub>1</sub>) et (S<sub>2</sub>) de même pH initial, noté  $\text{pH}_0$ , de concentrations molaires respectives C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub> (C<sub>1</sub> > C<sub>2</sub>) et contenant respectivement les monobases faibles B<sub>1</sub> et B<sub>2</sub> supposées faiblement ionisées.

Deux groupes d'élèves (G) et (G') dosent, séparément, un volume  $V_{b1}$  de (S<sub>1</sub>) et un volume  $V_{b2}$  de (S<sub>2</sub>) par une même solution aqueuse d'acide chlorhydrique (monoacide fort) de concentration molaire  $C_a = 9 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . Les résultats expérimentaux du dosage effectué par chaque groupe permettent de déterminer le rapport  $\frac{[\text{B}]}{[\text{BH}^+]}$  pour deux valeurs du volume  $V_a$  de la solution d'acide chlorhydrique ajouté.

On obtient les résultats consignés dans le tableau suivant :

Groupe d'élèves	(G)		(G')	
$V_a$ (mL)	0	11	0	5
$\frac{[\text{B}]}{[\text{BH}^]}$	75,86	1,00	22,75	1,00

- En exploitant les résultats du tableau précédent :
  - justifier que le groupe (G) est celui qui a dosé la solution (S<sub>1</sub>) ;
  - déterminer les volumes  $V_{aE1}$  et  $V_{aE2}$  de la solution d'acide chlorhydrique, ajoutés à l'équivalence des dosages respectifs des volumes  $V_{b1}$  et  $V_{b2}$  des solutions aqueuses (S<sub>1</sub>) et (S<sub>2</sub>).
- On donne  $C_1 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ .
  - Vérifier que  $\text{pH}_0 \approx 11,12$ . Déduire la valeur de C<sub>2</sub>.
  - Déterminer les valeurs de  $V_{b1}$  et  $V_{b2}$ .
- Comparer les forces relatives des monobases B<sub>1</sub> et B<sub>2</sub>.



## Exercice 2 (3,25 points)

Toutes les expériences sont réalisées à 25 °C.

Durant toutes les expériences, on supposera que les volumes des solutions contenues dans les deux compartiments d'une pile sont égaux et qu'aucune lame ne sera complètement consommée.

On dispose des trois solutions aqueuses suivantes :

- une solution aqueuse ( $S_1$ ) de sulfate de cadmium(II) ( $Cd^{2+} + SO_4^{2-}$ ) de concentration molaire  $C_1 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$  ;
- une solution aqueuse ( $S_2$ ) de sulfate de cobalt(II) ( $Co^{2+} + SO_4^{2-}$ ) de concentration molaire  $C_2 = 10^{-x_0} \text{ mol.L}^{-1}$  ; où  $x_0$  est un réel positif ;
- une solution aqueuse ( $S_3$ ) de sulfate de nickel(II) ( $Ni^{2+} + SO_4^{2-}$ ) de concentration molaire  $C_3$ .

I / Par dilution de la solution ( $S_2$ ), on prépare des solutions filles ( $S_x$ ) de concentrations molaires  $C_x = 10^{-x} \text{ mol.L}^{-1}$  ; où  $x$  est un réel tel que :  $x_0 < x \leq 3$ . À l'aide de la solution ( $S_1$ ) et l'une des solutions ( $S_x$ ), on réalise à chaque fois, une pile électrochimique ( $P_x$ ) en reliant à l'aide d'un pont salin, les deux demi-piles mettant en jeu les couples redox  $Cd^{2+} / Cd$  et  $Co^{2+} / Co$ . On mesure la fem initiale  $E$  de chaque pile ( $P_x$ ). Les résultats expérimentaux permettent de tracer la courbe  $E = f(x)$  de la figure 1.

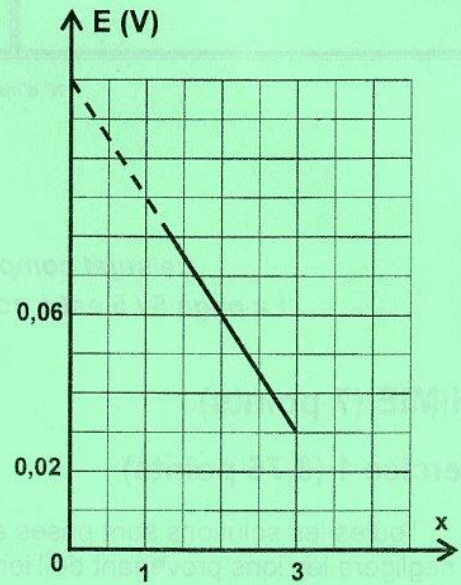


Figure 1

En exploitant la courbe de la figure 1 :

- 1) exprimer la fem  $E$  en fonction de  $x$  ;
- 2) justifier que l'équation chimique associée à la pile ( $P_x$ ) est :  $Cd + Co^{2+} \rightleftharpoons Cd^{2+} + Co$  ;
- 3) déterminer la valeur du potentiel standard d'électrode  $E_{Cd^{2+}/Cd}^\circ$ . On donne :  $E_{Co^{2+}/Co}^\circ = -0,28 \text{ V}$ .

II / À l'aide des deux solutions ( $S_2$ ) et ( $S_3$ ), on réalise maintenant la pile ( $P_0$ ) mettant en jeu les couples redox  $Co^{2+} / Co$  et  $Ni^{2+} / Ni$ . La fem initiale  $E_i$  de la pile ( $P_0$ ) est donnée par l'expression :

$$E_i = E^\circ - 0,03 \log \frac{[Ni^{2+}]_i}{[Co^{2+}]_i} ; \text{ avec } E_i = -0,05 \text{ V}, [Co^{2+}]_i = 10^{-x_0} \text{ mol.L}^{-1} \text{ et } [Ni^{2+}]_i = C_3.$$

- 1) Sachant que  $E_{Ni^{2+}/Ni}^\circ = -0,26 \text{ V}$ , montrer que  $C_3 = 10^{(1-x_0)} \text{ mol.L}^{-1}$ .
- 2) On relie les bornes de la pile ( $P_0$ ) à un circuit extérieur comportant, montés en série, un ampèremètre (A), un conducteur ohmique et un interrupteur (K). À l'instant  $t = 0$ , on ferme (K).
  - a- Écrire en le justifiant, l'équation de la réaction qui se produit spontanément lorsque la pile ( $P_0$ ) débite du courant électrique dans le circuit extérieur.
  - b- Après une durée suffisante de fonctionnement de la pile ( $P_0$ ), l'ampèremètre (A) indique une intensité nulle du courant électrique et la concentration des ions  $Co^{2+}$  devient :  $[Co^{2+}] = 90,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .
    - b<sub>1</sub>- Calculer la valeur de la constante d'équilibre  $K$  relative à l'équation chimique associée à la pile ( $P_0$ ).
    - b<sub>2</sub>- Déduire la valeur de  $x_0$ .

## PHYSIQUE (13 points)

### Exercice 1 (6,25 points)

I / Le circuit de la figure 2 comporte, montés en série, un générateur de tension supposé idéal de fem  $E$ , un conducteur ohmique de résistance  $R$  réglable, une bobine (B) d'inductance  $L$  et de résistance  $r$ , un ampèremètre (A) et un interrupteur K.

On règle la résistance  $R$  à la valeur  $R_0 = 40 \Omega$ .

À l'instant  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur K et on visualise la tension  $u_{R0}(t)$  aux bornes du conducteur ohmique et celle aux bornes du générateur à l'aide d'un oscilloscope à mémoire numérique. On obtient les courbes de la figure 3. La droite ( $\Delta$ ) représente la tangente à la courbe représentant  $u_{R0}(t)$  à l'instant  $t = 0$ .

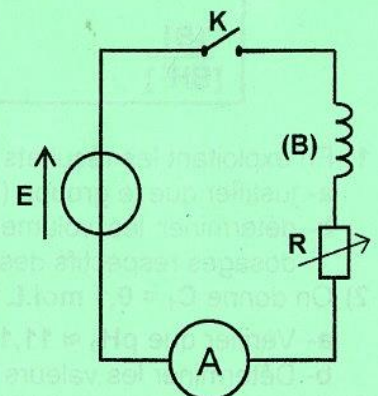


Figure 2



- 1) a- Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution au cours du temps de la tension  $u_{R_0}(t)$

$$\text{s'écrit : } \frac{du_{R_0}(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} u_{R_0}(t) = \frac{R_0}{L} E ; \text{ avec}$$

$$\tau = \frac{L}{R_0 + r} \text{ la constante de temps du circuit.}$$

- b- La solution de l'équation différentielle précédente

$$\text{s'écrit sous la forme : } u_{R_0}(t) = U_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}).$$

Exprimer  $U_0$  en fonction de  $E$ ,  $r$  et  $R_0$ .

- 2) Déterminer graphiquement la valeur de  $\tau$ .

- 3) L'abscisse du point P de la droite ( $\Delta$ ) est  $t_p = 1,25\tau$ .

a- Montrer que :  $r = \left(\frac{t_p}{\tau} - 1\right)R_0$ .

- b- Calculer la valeur de  $r$ . Déduire la valeur de  $L$ .

- 4) Lorsque le régime permanent est établi, l'ampèremètre (A) indique la valeur  $I_0 = 0,1 \text{ A}$ . Déduire la valeur de la fem  $E$ .

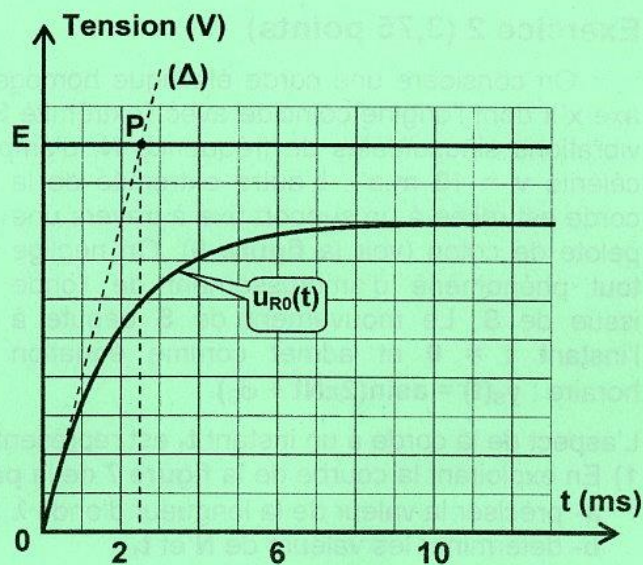


Figure 3

- II / Maintenant, on insère en série dans le circuit de la figure 2, un condensateur de capacité  $C$  (entre la bobine d'inductance  $L = 0,1 \text{ H}$  et le conducteur ohmique) et on remplace le générateur de fem  $E$  par un générateur basse fréquence (GBF) délivrant une tension sinusoïdale  $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt)$ , d'amplitude  $U_m$  constante et de fréquence  $N$  réglable. On règle la résistance  $R$  du conducteur ohmique à une valeur  $R_1$  et on ferme l'interrupteur  $K$ . L'intensité instantanée  $i(t)$  du courant électrique circulant dans le circuit vérifie l'équation différentielle suivante :

$$L \frac{di(t)}{dt} + (R_1 + r)i(t) + \frac{1}{C} \int i(t) dt = u(t)$$

La solution de cette équation s'écrit :  $i(t) = I_m \sin(2\pi Nt + \varphi_i)$  ; avec  $I_m$  l'amplitude de  $i(t)$  et  $\varphi_i$  sa phase initiale.

À l'aide du même oscilloscope, on visualise simultanément la tension  $u(t)$  sur la voie X et la tension  $u_{R_1}(t)$  aux bornes du conducteur ohmique sur la voie Y. Pour une valeur  $N_1$  de la fréquence  $N$  du (GBF), on obtient les oscillogrammes de la figure 4 avec les réglages suivants :

- sensibilité horizontale :  $1 \text{ ms / div}$  ;
- sensibilité verticale sur la voie X :  $1,5 \text{ V / div}$ .

- 1) En exploitant les oscillogrammes de la figure 4, déterminer :

- a- les valeurs de  $U_m$  et  $N_1$  ;
- b- la phase initiale  $\varphi_i$ .

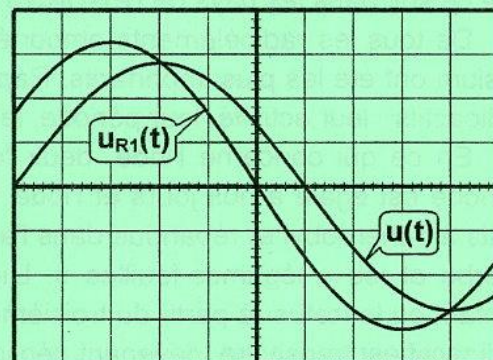


Figure 4

- 2) La figure 5 de la page 5/5 (à compléter par le candidat et à remettre avec sa copie) représente une construction de Fresnel inachevée à la fréquence  $N_1$  relative à l'équation différentielle en  $i(t)$ , où le vecteur  $\vec{v}_3$  est associé à  $\frac{1}{C} \int i(t) dt$ .

- a- En respectant l'échelle donnée, compléter la construction de Fresnel de la figure 5 en représentant :

- le vecteur  $\vec{v}$  associé à  $u(t)$  ;
- le vecteur  $\vec{v}_1$  associé à  $(R_1 + r)i(t)$  ;
- le vecteur  $\vec{v}_2$  associé à  $L \frac{di(t)}{dt}$ .

- b- En exploitant la construction de Fresnel :

- b<sub>1</sub>- montrer que :  $N_1 = \frac{N_0}{\sqrt{2}}$  ;  $N_0$  étant la fréquence propre de l'oscillateur électrique ;
- b<sub>2</sub>- déterminer les valeurs de  $C$  et  $R_1$ .



## Exercice 2 (3,75 points)

On considère une corde élastique homogène de longueur  $L = 1 \text{ m}$ , tendue horizontalement suivant un axe  $x'x$  dont l'origine coïncide avec l'extrémité  $S$  de la corde. Une lame vibrante impose à cette extrémité des vibrations sinusoïdales de fréquence  $N$ , d'amplitude  $a = 3 \text{ mm}$  et se propageant le long de la corde à la célérité  $v = 10 \text{ m.s}^{-1}$ . L'autre extrémité de la corde est reliée à un support fixe à travers une pelote de coton (voir la **figure 6**). On néglige tout phénomène d'amortissement de l'onde issue de  $S$ . Le mouvement de  $S$  débute à l'instant  $t = 0$  et admet comme équation horaire :  $y_S(t) = a \sin(2\pi Nt + \varphi_S)$ .

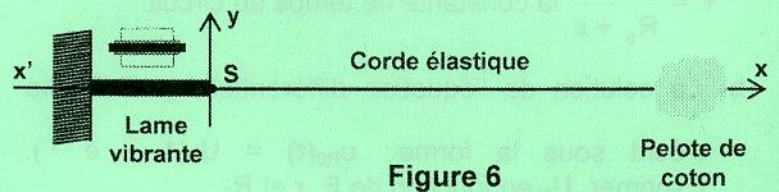


Figure 6

L'aspect de la corde à un instant  $t_1$  est représenté sur la **figure 7** de la **page 5/5**.

1) En exploitant la courbe de la **figure 7** de la **page 5/5** :

- préciser la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$  ;
  - déterminer les valeurs de  $N$  et  $t_1$  ;
  - déterminer  $\varphi_S$ .
- 2) Montrer qu'à l'instant  $t_1$ , il existe un seul point de la corde, noté **A**, qui vibre en opposition de phase avec  $S$ . Préciser l'abscisse  $x_A$  du point **A** par rapport à  $S$ .
- 3) À l'instant  $t_2 = 50 \text{ ms}$ , le vibreur s'arrête.
- Représenter en le justifiant, le diagramme du mouvement du point **A**.
  - Représenter les aspects de la corde aux instants  $t_3 = 75 \text{ ms}$  et  $t_4 = 125 \text{ ms}$ .

## Exercice 3 (3 points) « Étude d'un document scientifique »

### Tchernobyl : l'invisibilité du mal

Vingt ans après l'accident de Tchernobyl, on s'étonne de la diversité des conséquences qu'on lui attribue, que ce soit dans les pays de l'ex-URSS ou en Europe.

De tous les radioéléments emportés du cœur de la centrale par l'explosion du 26 avril 1986, l'iode et le césium ont été les plus importants. Rappelons que quatre facteurs sont à la base de la nocivité des éléments radioactifs : leur activité, leur période, le type de rayonnement émis et leur devenir dans l'organisme.

En ce qui concerne l'iode, deux formes de périodes différentes sont à considérer : l'iode 131 dont la période est égale à huit jours et l'iode 132 dont la période est de 2,3 heures. Quand l'iode 131 et l'iode 132 émis à Tchernobyl et répandus dans l'air sont retombés sur la terre entraînés par les pluies, ils ont contaminé l'herbe et les « légumes-feuilles ». L'iode ingéré se concentre dans la thyroïde, risquant d'entraîner chez l'enfant ou le fœtus (à partir du troisième mois) un cancer de cet organe. Toutefois, la contamination par l'iode radioactif est transitoire, devenant négligeable après quelques semaines.

Le césium 137 (de période 30 ans), radioactif  $\beta^-$ , était présent dans le « nuage de Tchernobyl ». La contamination des sols est principalement due à ce radioélément. Selon le comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements atomiques (UNSCEAR), une surface d'aire  $S = 10\,000 \text{ km}^2$  de territoire de l'Ex-Union Soviétique a été contaminée en 1986 avec du césium 137 produisant une activité de  $55,5 \cdot 10^4 \text{ Bq}$  pour une surface d'aire  $1 \text{ m}^2$ . Ces territoires sont appelés zones de contrôle spécial.

*D'après un article paru dans la revue « Pour la Science N°344 - Juin 2006 ».*

1) Dégager du texte :

- les quatre facteurs qui sont à la base de la nocivité des éléments radioactifs ;
  - le risque de l'iode ingéré sur la santé des enfants.
- 2) Le césium  $^{137}_{55}\text{Cs}$  est radioactif  $\beta^-$ , il se désintègre en donnant naissance à un noyau de baryum  $^{137}_{56}\text{Ba}$ . En utilisant les lois de conservation adéquates, écrire l'équation de cette désintégration en précisant les valeurs de  $A$  et  $Z$ .
- 3) Déterminer le temps  $t_f$  nécessaire pour que l'activité du césium 137 atteindra la valeur  $3,7 \cdot 10^4 \text{ Bq}$  (limite inférieure de contamination selon l'UNSCEAR), et ce pour une surface d'aire  $1 \text{ m}^2$  de territoire de l'Ex-Union Soviétique ayant été contaminée en 1986.



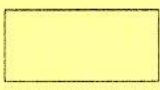


Section : ..... N° d'inscription : ..... Série : .....

Nom et Prénom : .....

Date et lieu de naissance : .....

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



Épreuve: Sciences physiques - Section : Mathématiques  
Session principale (2023)  
Annexe à rendre avec la copie

Échelle :  
2 cm → 1 V

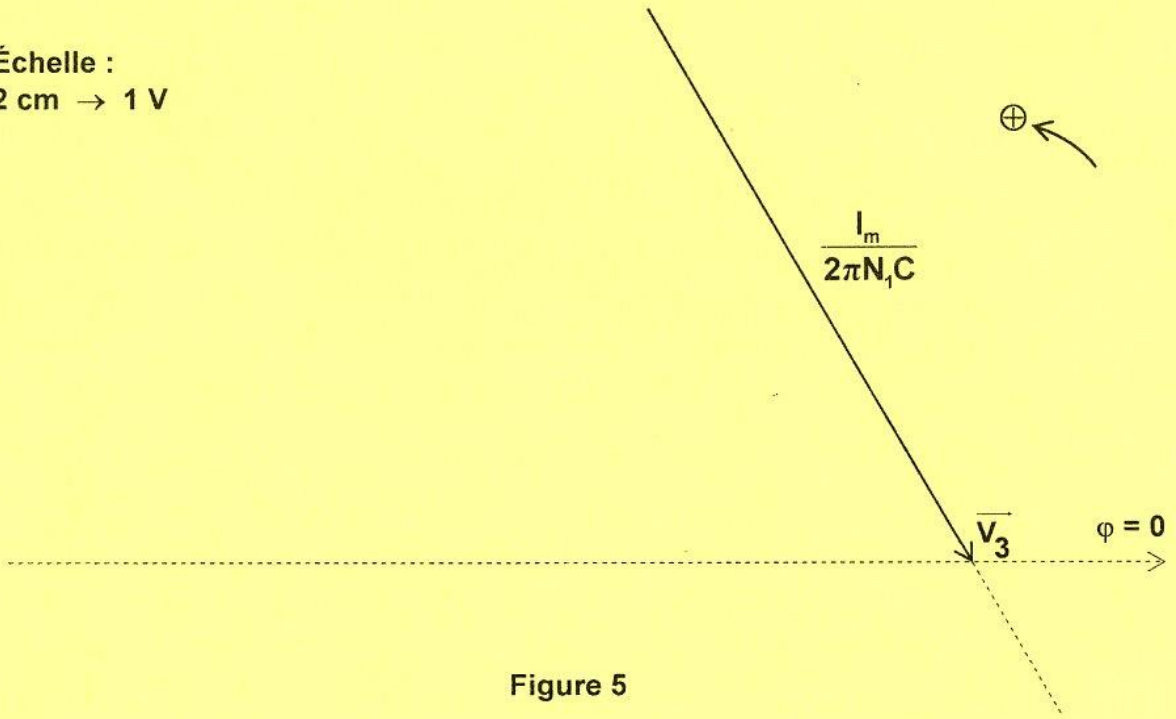


Figure 5

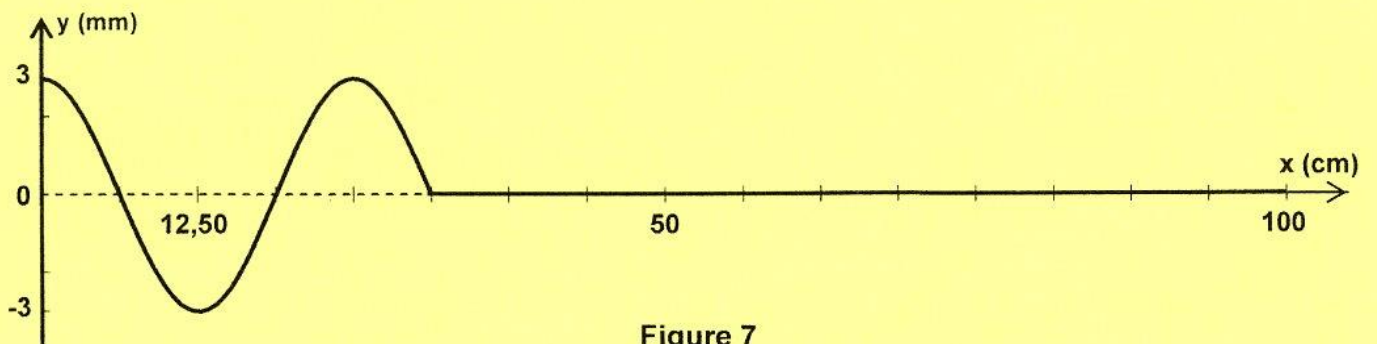


Figure 7