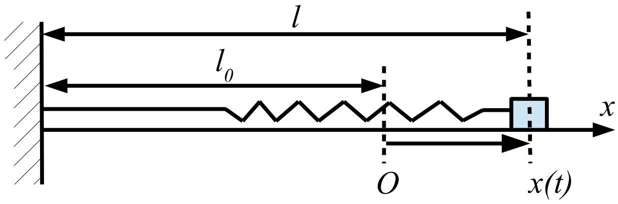
Préparation DS 06 sciences physiques (4)

PROBLEME 1: Oscillateur harmonique horizontal *(barème sur 40 points)*

On considère l'oscillateur harmonique horizontal schématisé sur la figure 1.

Figure 1



Il comprend un ressort de constante de raideur k , de longueur au repos l_0 au bout duquel est attaché un palet de masse $m=100g$ modélisé par un point matériel M.

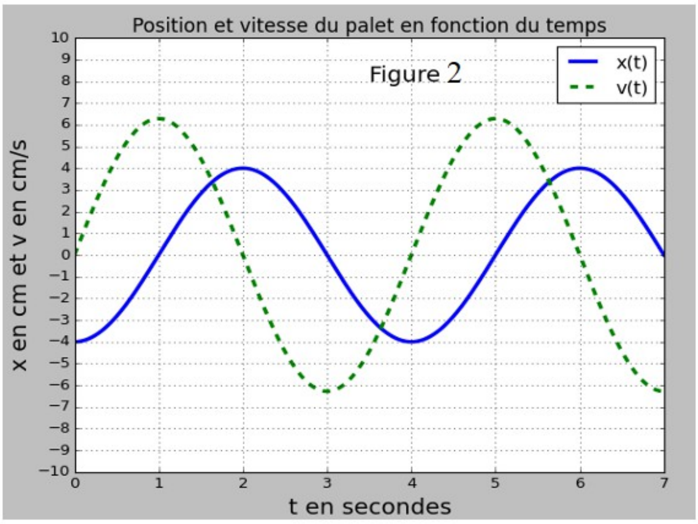
Le palet glisse sans frottements le long d'une tige rigide définie par l'axe Ox.

L'origine O du repère est choisie pour que l'abscisse ***x(t)* de la masse M représente l'allongement du ressort à l'instant t.**

On admet que la pulsation propre des oscillations est donnée par la relation : $\omega_0=\sqrt{\frac{k}{m}}$.

On rappelle l'expression de l'énergie potentielle élastique : $E_p=\frac{1}{2}k(l-l_0)^2$.

On a tracé la position et la vitesse du palet en fonction du temps. Les courbes correspondantes sont sur la figure 2, celle en trait plein représente *x(t)* l'autre en pointillés représente $\dot{x}(t)=v(t)$.



1. Déduire des courbes les conditions initiales de l'expérience que vous expliciterez en une phrase. Préciser les valeurs numériques de x_0 et v_0 respectivement position et vitesse initiales du palet.

2. Déterminer la période propre T_0 de l'oscillateur . En déduire la valeur de la pulsation propre ω_0 ainsi que de la constante de raideur k du ressort. On donnera d'abord les expressions littérales puis on fera les applications numériques.

3. Si on modélise l'allongement du ressort par l'expression mathématique $x(t)=X_m\cos(\omega_0 t+\phi)$. Que valent respectivement X_m et φ d'après le graphe? Comment appelle-ton φ ?

4. Etablir l'expression littérale de la vitesse. En déduire l'expression littérale et la valeur de la vitesse maximale notée v_{max} . Exprimer les instants t_n pour lesquels le palet a cette vitesse en fonction d'un entier n et de la période T_0 ? Quelle est alors sa position ?

5. Donner l'expression littérale de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle du palet en fonction du temps. Montrer que l'énergie mécanique du palet est constante et calculer sa valeur.

6. Retrouver par des considérations énergétiques l'expression littérale de v_{max}.

7. On suppose la longueur à vide du ressort l_0=10cm. Quelle est l'expression littérale de *l(t)* la longueur totale du ressort en fonction du temps ? Tracer la représentation graphique de *l(t) en cm* sur 2 périodes.

8. Dans cette question, on change les conditions initiales. A t=0, alors que le palet est dans sa position d'équilibre on lui communique une vitesse v_0 = -5cm/s . Etablir l'expression littérale de *x(t)* et *v(t)*.

<u>PROBLEME 2:</u> Étude de la propagation du son *(barème sur 35 points)*

<u>I - La propagation du son :</u>

« Lorsque nous parlons, nos cordes vocales mettent en mouvement l'air qui les entoure. L'air étant élastique, chaque couche d'air se comporte comme un ressort. La couche d'air comprimé se détend, et ce faisant comprime la couche qui la suit dans le sens de propagation du son, etc. »

I.1. Quelle grandeur physique peut-on associer à une onde acoustique ?

I.2. Le son est une onde mécanique. Que peut-on alors dire de son milieu de propagation ? Donner deux autres exemples d'ondes mécaniques (mais non acoustiques).

I.3. À quel intervalle de fréquences correspond le domaine des ondes sonores audibles par l'homme ? Qu'appelle-t-on « ultrasons » ? Expliquer un des usages **autres que dans les sonars** que l'homme peut faire des ultrasons.

I.4. Pendant un orage, on peut grossièrement évaluer la distance à laquelle est tombée la foudre.

Si on divise par trois la durée (en secondes) entre l'éclair et le tonnerre, on obtient la distance cherchée (en kilomètres).

A quel type d'onde est associé l'éclair ? Donner l'intervalle de longueurs d'onde dans le vide du spectre visible.

À partir de l'observation faite pendant l'orage, estimer approximativement la valeur numérique de la vitesse du son dans l'air, par temps orageux. La réponse sera justifiée.

<u>II – Principe du sonar</u>

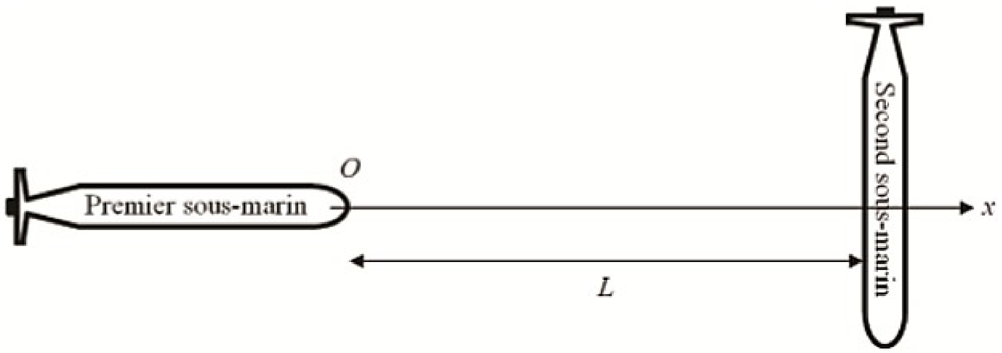


Figure 1 – Les sous-marins, vus du dessus.

Un sonar (« SOund NAvigation and Ranging ») est un dispositif de détection utilisant les ondes acoustiques comme signal détectant. Il permet aux marins de naviguer correctement (mesure de la profondeur) ou aux sous-mariniers de repérer les obstacles et les autres navires. Certains animaux (chauve-souris, dauphins...) utilisent des systèmes similaires au sonar pour repérer leurs proies ou des obstacles.

On suppose dans cette partie que la mer est un milieu homogène dans lequel le son se propage rectilignement. À 20 °C, la vitesse du son dans l'eau de mer est = 1,50 $km.s^{-1}$.

L'avant d'un sous-marin est équipé d'un sonar lui permettant d'éviter d'entrer en collision avec un autre sous-marin. Le sonar est constitué d'un émetteur d'ondes sonores et d'un récepteur capable d'identifier l'écho de l'onde précédemment émise.

On note O l'avant du sous-marin équipé du sonar et *(Ox)* l'axe du sous-marin, correspondant à l'axe de propagation de l'onde sonore. Un second sous-marin est à la distance L du premier, dans la configuration représentée sur la figure 1.

II.1. Expliquer le principe de fonctionnement d'un sonar. Un schéma peut être fait.

II.2. L'émetteur produit une très brève impulsion sonore. Le récepteur en reçoit l'écho au bout d'une durée $\Delta t_e = 38{,}8\ ms$. En déduire la distance L à laquelle se situe le second sous-marin ; faire l'application numérique.

À partir de l'instant t = 0, le sonar émet l'impulsion sonore sinusoïdale de la figure 2, pendant une durée $\Delta t_i = 800\ \mu s$.

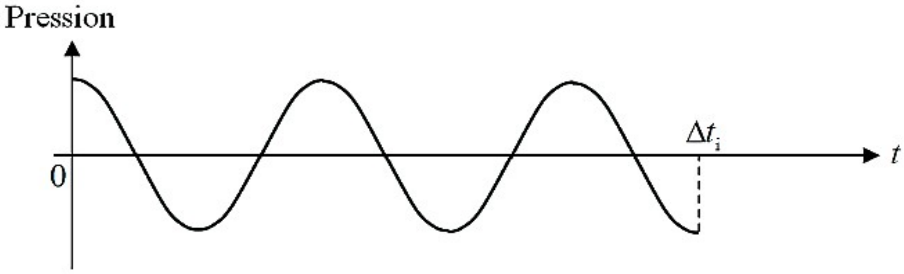


Figure 2 – Impulsion sinusoïdale correspondant au signal envoyé par le sonar .

II.3. Déterminer, en justifiant, la valeur numérique de la fréquence f de l'onde émise par le sonar.

On s'intéresse à la propagation spatiale de l'impulsion sonore : on la représente alors dans le système d'axes de la figure 3.

Figure 3 – Propagation spatiale.

II.4. Exprimer et calculer numériquement la longueur spatiale Δx de l'impulsion.

II.5. Reproduire sur la copie le système d'axes de la figure 3 et y représenter l'impulsion sonore à l'instant t = 12,0 ms ; calculer numériquement, en justifiant précisément, les positions du début (ou front) de l'impulsion et de sa fin.

Un détecteur d'ondes sonores est placé sur le second sous-marin, sur l'axe (Ox).

II.6. Représenter sur la copie l'évolution de l'amplitude enregistrée par ce détecteur au cours du temps. Calculer numériquement, en justifiant précisément, les instants auxquels le détecteur reçoit le début et la fin de l'impulsion et on repérera ces instants sur l'axe horizontal qu'on graduera.

Fin de l'énoncé

Correction

Problème 1:

1) $\boxed{x_0=-4\,cm}$ et $\boxed{v_0=0\,cm/s}$. Initialement le ressort a été comprimé de 4cm et lâché sans vitesse initiale.

2) $\boxed{T_0=4\,s}$, $\boxed{\omega_0=\frac{2\pi}{T_0}=1{,}57\,rad.s^{-1}}$, $\omega_0=\sqrt{\frac{k}{m}}$ donc $\boxed{k=\omega_0^2 m=\left(\frac{\pi}{2}\right)^2\times 0{,}1=0{,}25\,N.m^{-1}}$

3) $\boxed{X_m=-4\,cm}$. $\boxed{\phi=0}$, c'est la phase à l'origine.

4) $x(t)=X_m\cos(\omega_0 t)$ donc $\boxed{v(t)=\dot{x}(t)=-\omega_0 X_m \sin(\omega_0 t)}$ et $\boxed{v_{max}=-\omega_0 X_m=-\left(\frac{\pi}{2}\right)\times(-4)=6{,}28\,cm.s^{-1}}$. Le palet a cette vitesse pour les instants t_n tels que $\boxed{\omega_0 t_n=\frac{2\pi}{T_0}t_n=\frac{\pi}{2}+n\pi}$ soit $\boxed{t_n=(2n+1)\frac{T_0}{4}}$ quand il passe par sa position d'équilibre .

5) L'expression de l'énergie cinétique est $Ec=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}m\dot{x}^2$ d'où

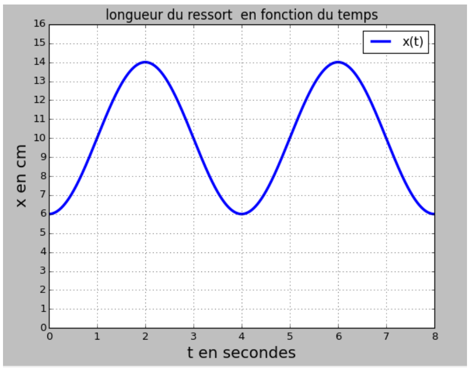
$\boxed{E_C=\frac{1}{2}m X_m^2\omega_0^2\sin^2(\omega_0 t)=\frac{1}{2}k X_m^2\sin^2(\omega_0 t)}$ car $m\omega_0^2=k$.

L'énergie potentielle est $E_P=\frac{1}{2}k(l-l_0)^2=\frac{1}{2}k x^2$ d'où $\boxed{E_P=\frac{1}{2}k X_m^2\cos^2(\omega_0 t)}$.

L'énergie mécanique est : $E_m=E_C+E_P=\frac{1}{2}k X_m^2\sin^2(\omega_0 t)+\frac{1}{2}k X_m^2\cos^2(\omega_0 t)$ d'où $\boxed{E_m=\frac{1}{2}k X_m^2}$ **ou** $\boxed{E_m=\frac{1}{2}m\omega_0^2 X_m^2}$. L'énergie mécanique est constante et vaut : $\boxed{E_m=\frac{1}{2}\times\left(\frac{\pi}{2}\right)^2\times 0{,}1\times 0{,}04^2=1{,}97.10^{-4}\,J}$.

6) Quand le palet passe par sa position d'équilibre son énergie potentielle est nulle et son énergie cinétique maximale. On a alors $E_m=E_{Cmax}=\frac{1}{2}m v_{max}^2$

d'où $\boxed{v_{max}=\sqrt{\frac{2E_m}{m}}=\sqrt{\frac{2}{m}\times\frac{1}{2}m\omega_0^2 X_m^2}=|\omega_0 X_m|=-\omega_0 X_m}$.



7) $\boxed{l(t)=10-4\cos(\omega_0 t)}$ (graphe ci-contre)

8) *<u>La solution de l'équation est du type</u>* $x(t)=A\cos(\omega_0 t)+B\sin(\omega_0 t)$ *avec* $\omega_0=\sqrt{k/m}$

<u>Exploitation de la première condition initiale :</u> $x(0)=0$ donc $A=0$.

<u>Exploitation de la deuxième condition initiale :</u>

On calcule la dérivée de x(t) pour exprimer la vitesse de la masse pour tout t : $\dot{x}(t)=+B\omega_0\cos(\omega_0 t)$.

D'après cette équation $\dot{x}(0)=B\omega_0$ or $\dot{x}(0)=v_0$ donc $B=\frac{v_0}{\omega_0}$. *d'où* $\boxed{x(t)=\frac{v_0}{\omega_0}\sin(\omega_0 t)}$.

Problème 2:

I - La propagation du son :

I.1 La variation de la pression de l'air est la grandeur physique qui se propage de proche en proche pour une onde acoustique.

I.2 - Le milieu de propagation est élastique .

On peut observer des ondes mécaniques :

- Le long d'une corde tendue instrument à cordes type violon, guitare ou à percussion type piano).
- A la surface de la croûte terrestre et à l'intérieur des roches : ondes sismiques.

I.3 - Le domaine des fréquences audibles se situe entre 20 Hz et 20 kHz .

Les fréquences des ultrasons se situe au-dessus des 20 kHz.

L'échographie utilise la réflexion des ultrasons dans le domaine de l'imagerie médicale.

I.4 – L'éclair est une onde électromagnétique.

Les longueurs d'onde du spectre du visible sont 400 nm<λ<800 nm .

La célérité de la lumière étant très élevée, on peut considérer que l'on observe l'éclair à l'instant t_0 où il est émis.

L'onde acoustique nous arrive après s'être propagée à la célérité c_{air} . Nous entendons donc le tonnerre avec le retard : $\Delta t = \frac{L}{c_{air}}$, L étant la distance qui nous sépare de l'endroit où la foudre est tombée. D'après le texte, $L(km) = \frac{\Delta t}{3}$;

donc $L(m) = \frac{1000 \times \Delta t}{3} = c_{air} \Delta t$; D'où $\boxed{c_{air} = \frac{1000}{3}}$. AN : $\boxed{c_{air} \approx 333\, m.s^{-1}}$

II - Principe du sonar :

II.1 Le sonar mesure le décalage temporel entre l'émission et la réception de l'onde sonore : $\Delta t = \frac{2L}{c_{mer}}$.

Connaissant la vitesse du son dans la mer c_{mer} , la mesure de Δt permet de déterminer L.

II.2 – $L = \frac{\Delta t \times c_{mer}}{2}$; AN : $\boxed{L = \frac{38{,}8.10^{-3} \times 1500}{2} = 29{,}1\, m}$

II.3 – D'après le schéma fig 2, on a : 2,5 T=Δt_i ; Soit : $2{,}5/f = \Delta t_i$; ainsi : $f = 2{,}5/\Delta t_i$.

AN : $\boxed{f = \frac{2{,}5}{800.10^{-6}} = 3125\, Hz}$

II.4 – On sait que $\Delta x = c_{mer} \times \Delta t_i$. AN : $\boxed{\Delta x = 1500 \times 800.10^{-6} = 1{,}2\, m}$.

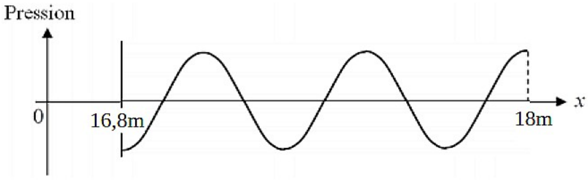
II.5 On passe en représentation spatiale.

L'impulsion émise à t=0 se trouve en $x_1 = c_{mer} \times t$ à l'instant t. $\boxed{x_1 = 1500 \times 12.10^{-3} = 18m}$

La fin du train d'onde se trouve en $\boxed{x_2 = x_1 - 1{,}2 = 16{,}8\, m}$.

Le signal est max en x_1 car d'après la représentation temporelle de l'énoncé il est max à t=0 au niveau de l'émetteur.

On obtient la figure ci-contre.



II.6 Le début de l'impulsion émis à t=0 est reçu à $t_1 = \frac{L}{c_{mer}}$. AN :

$\boxed{t_1 = \frac{29{,}1}{1500} = 19{,}4\, ms}$.

La fin de l'impulsion émise à $\boxed{t_2 = t_1 + \Delta t_i = 20{,}2\, ms}$.

On obtient le graphe ci-contre.