

## Chimie : (07 points)

Toutes les solutions sont prises à 25°C, température à laquelle  $K_e = 10^{-14}$

### Exercice N°1 : (03,5 pts)

On considère à 25°C deux solutions aqueuses basiques  $S_1$  et  $S_2$  de même concentration  $C = 4 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ .  $S_1$  est une solution d'ammoniac  $\text{NH}_3$  de  $\text{pH}_1 = 10,9$  et  $S_2$  d'éthylamine  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$  de  $\text{pH}_2 = 11,7$ .

1) a) L'ammoniac et l'éthylamine sont-elles des bases faibles ou fortes ? Justifier. (0,75pt)

b) Comparer les forces de ces deux bases. (0,5pt)

2) a) Compléter le tableau d'avancement de l'ionisation de l'ammoniac dans l'eau. (Page annexe) (0,75pt)

b) Etablir l'expression de  $\tau_f$  en fonction de  $C$ ,  $K_e$  et  $\text{pH}$  (1pt)

c) Calculer  $\tau_{f1}$  et  $\tau_{f2}$  pour les deux bases et en déduire en justifiant laquelle des deux est plus forte. (0,5pt)

### Exercice N°2 : (03,5 pts)

On néglige les ions provenant de l'ionisation propre de l'eau. On dispose de deux solutions aqueuses de même concentration molaires initiales  $C_A$ , l'une de chlorure d'hydrogène  $\text{HCl}$  (acide fort) et l'autre d'acide éthanóique (acide faible)  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ .

On dose séparément, un volume  $V_A = 10 \text{ mL}$  de chacune des deux solutions par une solution aqueuse de soude

$\text{NaOH}$  (base forte) de concentration  $C_B = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

A l'aide d'un pH-mètre, on suit l'évolution du pH du milieu

la solution de soude ajoutée. On obtient les courbes (1) et (2) de la figure 1.

1) a) Montrer que la courbe (2) correspond au dosage de la solution aqueuse de chlorure d'hydrogène. (0,5pt)

b) Ecrire l'équation chimique de la réaction de ce dosage. (0,25pt)

c) En exploitant la courbe (2), déterminer la valeur de  $C_A$ . (0,25pt)

2) Montrer que l'acide éthanóique est un acide faible. (0,25pt)

3) a) Ecrire l'équation chimique de la réaction d'ionisation de l'acide éthanóique dans l'eau. (0,25pt)

b) Compléter le tableau descriptif d'évolution du système correspondant à la réaction précédente. (Page annexe) (0,5pt)

c) Etablir en fonction de  $C_A$  et  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ , l'expression de la constante d'acidité  $K_a$  du couple  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$ . Calculer la valeur de son  $\text{p}K_a$ . (0,75pt)

d) Retrouver cette valeur par exploitation de la courbe (1). Justifier. (0,75pt)

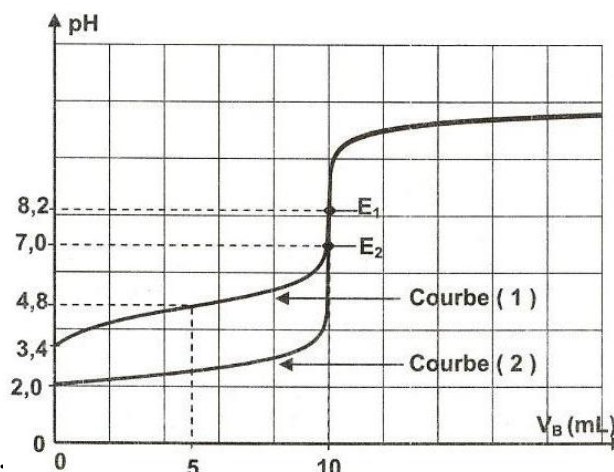


Figure 1



# Physique : (13 points)

**Exercice N° 1 :** (3 points) « Etude d'un document scientifique »

## La résonance : l'ennemi des organes

... Chaque objet, selon sa composition, sa taille, son poids... a tendance à vibrer à une fréquence particulière. Cette fréquence de vibration naturelle est appelée fréquence de résonance. Une machine vibrante transmet la quantité maximale d'énergie à un objet lorsqu'elle vibre à la fréquence de résonance de l'objet. Lorsqu'une personne est en contact avec une machine vibrante, l'énergie de vibration est transmise à son corps.

... Les effets de l'exposition aux vibrations dépendent de la fréquence de vibration. Chaque organe du corps a sa propre fréquence de résonance. Lorsque l'exposition se produit à une des fréquences de résonance des organes ou au voisinage d'une de ces fréquences, l'effet résultant sur les troubles de l'intestin et de l'appareil circulatoire, ainsi que des systèmes musculo-squelettique et neurologiques est grandement accru.

### D'après le conte Canadien d'hygiène et de sécurité au travail

- 1) Relever du texte un argument qui montre que la fréquence particulière d'un objet vibrant représente sa fréquence propre. (1pt)
- 2) Préciser le rôle joué par la machine vibrante vis-à-vis d'une personne qui lui est en contact.
- 3) Relever du texte les expressions indiquant qu'une machine présente un danger vis-à-vis d'une personne dans le cas de résonance (1pt)

**Exercice N°2 :** (03,75 points)

Les parties A et B sont reliées

Un pendule élastique est constitué d'un solide (S) ponctuel de masse  $m$  accroché à un ressort à l'extrémité libre d'un ressort (R) à spires non jointives de masse négligeable et de raideur  $K = 100 \text{ N.m}^{-1}$

### Partie A : les forces de frottements sont négligeables :

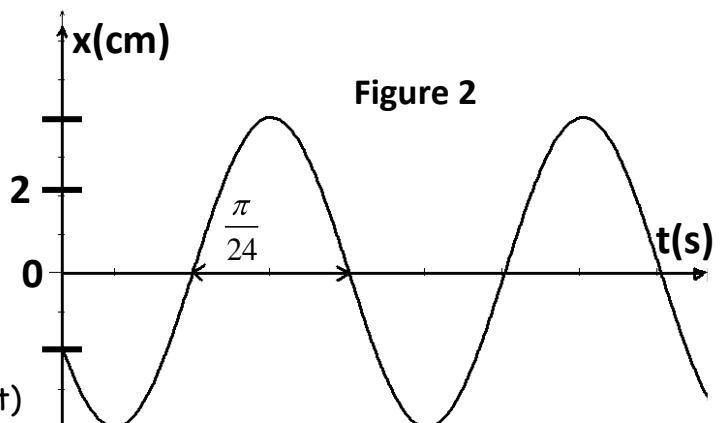
On écarte à  $t=0\text{s}$  le solide S d'une distance  $x_0$  à partir de sa position d'équilibre puis on le lance sans vitesse initiale.

- 1) Etablir l'équation différentielle en  $x$  de l'oscillateur mécanique. (0,5pt)
- 2) L'enregistrement graphique de  $x(t)$  donne la courbe de la figure 2.

a) Déterminer :

- $X_m$  (0,25pt)
- $T_0$  puis  $\omega_0$  (0,5pt)
- La phase initiale  $\varphi_x$  (0,25pt)
- $m$  (0,25pt)

b) Déduire l'expression numérique  $x(t)$  (0,25pt)

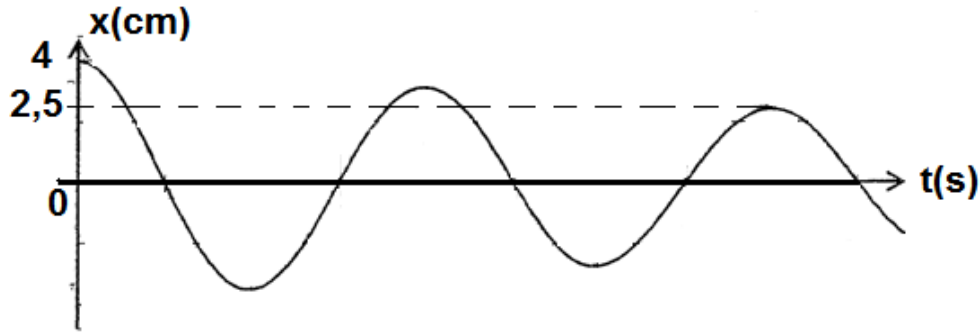


3) a) Montrer que l'énergie mécanique  $E$  du système  $\{S,R\}$  se conserve. (0,5pt)

b) Donner l'expression de l'énergie mécanique  $E$  en fonction de  $K$  et  $X_m$  (0,25pt)

**Partie B : les forces de frottement ne sont plus négligeable.**

On suppose que le solide est soumis à une force de frottement  $\vec{f} = -h\vec{v}$  de type visqueux ou  $h$  est le coefficient de frottement. L'enregistrement graphique de  $x(t)$  donne la courbe suivante :



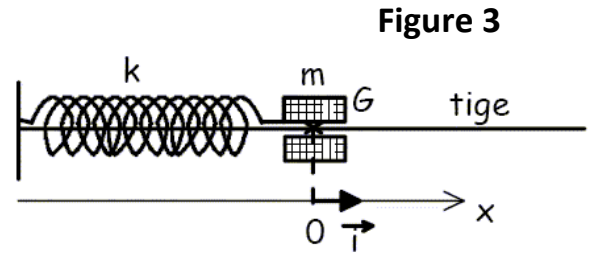
1) De quel régime s'agit-il ? Justifier votre réponse. (0,5pt)

2) Calculer la perte d'énergie mécanique  $\Delta E$  entre les instants  $t=0s$  et  $t= 2T$ . (0,5pt)

**Exercice N°3 : (06,25 points)**

Le dispositif mécanique de la figure 3 comprend :

- Un solide de masse  $m$
- Un ressort parfaitement élastique de raideur  $K$ .



Ce pendule élastique est excité par une force sinusoïdale  $\vec{F}(t) = F_m \sin(2\pi Nt) \vec{i}$  de valeur  $F_m$  constante et de fréquence  $N$  variable. Ce pendule est soumis à des forces de frottements équivalents à une force  $\vec{f} = -h \vec{v} \vec{i}$  ou  $h$  est une constante positive exprimée en  $N \cdot s \cdot m^{-1}$  et  $\vec{v}$  est la vitesse du centre d'inertie  $G$  du solide.

Le centre d'inertie  $G$  est repéré par son élongation  $x$  dans le repère  $R(O, \vec{i})$  d'origine la position d'équilibre de  $G$  qui admet une loi horaire de la forme  $x(t) = X_m \sin(2\pi Nt + \varphi_x)$ . La figure 4 représente  $F(t)$  et  $x(t)$ .



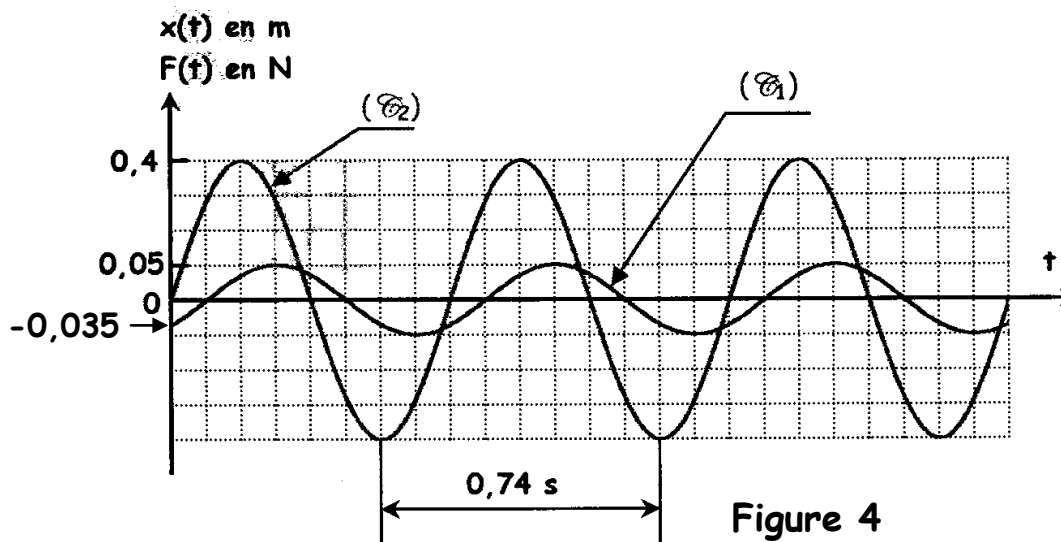


Figure 4

- 1) Montrer, en le justifiant que la courbe (  $\mathcal{C}_2$  ) correspond à  $F(t)$ .(0,5pt)
- 2) En exploitant les courbes, déterminer les expressions numériques de  $F(t)$  et  $x(t)$ .(1pt)
- 3) A tout instant l'équation différentielle qui régie le mouvement du pendule élastique est donnée par la relation :  $m \frac{d^2x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + K x = F(t)$  sur la figure 5 page annexe, on a représenté le vecteurs de Fresnel associée à  $F(t)$  selon l'échelle :  $10\text{cm} \leftrightarrow 1\text{N}$
- a) Compléter à l'échelle la construction de Fresnel relative à l'équation différentielle (Page annexe).(1pt)
- b) Déduire à partir de cette construction les valeurs de  $m$  ,  $h$  et  $K$  (1,5 pts)
- 4) A l'aide de la construction de Fresnel établir l'expression de  $X_m$ .(1pt)
- 5) En utilisant l'analogie mécanique -électrique déduire l'expression de  $Q_m$  et déterminer l'expression de la pulsation à la résonance de charge  $\omega_r$ .(1,25pts)



Page ANNEXE A RENDRE avec la copie du devoir

Chimie :

Exercice N°1 :

2)a)

Equation de la réaction	.....				
Etat du système	Avancement volumique	Quantité de matière en mol.L <sup>-1</sup>			
Etat initial	0				
Etat final	yf				

Exercice N°2 :

3)b)

Equation de la réaction	.....				
Etat du système	Avancement volumique	Quantité de matière en mol.L <sup>-1</sup>			
Etat initial	0				
Etat final	yf				

Physique :

Exercice N°3

3)a)



figure 5

Nom : ..... Prénom : ..... Classe : ..... N° : .....



Chimie :Exercice N°1 :

1)a) Une base est dite forte si son  $\text{pH} = \text{pK}_e + \text{Log } C_b$ , comme les deux bases ont la même concentration donc  $\text{pH} = 14 + \text{Log}(4 \cdot 10^{-2}) = 12,6$  donc les deux bases sont faibles car elles ont un pH mesuré différent de cette valeur.

b) Comme les deux bases sont faibles et ont la même concentration celle qui a le pH le plus élevé et la base la plus forte donc c'est l'éthylamine.

2)a)

Equation de la réaction	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$				
Etat du système	Avancement volumique	Quantité de matière en $\text{mol.L}^{-1}$			
Etat initial	0	C	excès	0	$10^{-\frac{\text{pK}_e}{2}}$
Etat final	$y_f$	$C - y_f$	excès	$y_f$	$10^{\text{pH} - \text{pK}_e}$

b)

$$\tau_f = \frac{y_f}{y_m} \text{ D'après le tableau précédent : } \begin{cases} y_f = 10^{\text{pH} - \text{pK}_e} \\ C - y_m = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} y_f = 10^{\text{pH} - \text{pK}_e} \\ C = y_m \end{cases} \text{ donc } \tau_f = \frac{10^{\text{pH} - \text{pK}_e}}{C}$$

c)

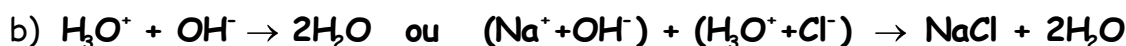
$$\begin{cases} \tau_f = \frac{10^{\text{pH} - \text{pK}_e}}{C} = \frac{10^{\text{pH}_1 - \text{pK}_e}}{C} = \frac{10^{(10,9 - 14)}}{10^{-1,39}} = 10^{-1,71} = 1,94984 \times 10^{-2} \\ \tau_f = \frac{10^{\text{pH} - \text{pK}_e}}{C} = \frac{10^{\text{pH}_2 - \text{pK}_e}}{C} = \frac{10^{(11,7 - 14)}}{10^{-1,39}} = 10^{-0,91} = 12,3026 \times 10^{-2} \end{cases}$$

$\tau_f > \tau_f$  Donc l'éthylamine s'ionise dans l'eau plus que l'ammoniac donc c'est la base la plus forte.

Exercice N°2 :

1)

a) La courbe (2) présente deux concavités et un point d'inflexion, (ou bien le  $\text{pH} = 7$  à l'équivalence, le mélange réactionnelle est neutre) elle correspond au dosage d'un acide fort par une base forte.



c) Comme l'acide est fort  $\text{pH}_i = -\text{Log } C_A$  donc  $C_A = 10^{-\text{pH}_i} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

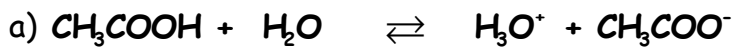
Autre méthode à l'équivalence acido-basique

$$n_{\text{OH}^-} = n_{\text{H}_3\text{O}^+} \Rightarrow C_A V_A = C_B V_{BE} \Rightarrow C_A = C_B \frac{V_{BE}}{V_A} = C_B = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$



2) Un acide est fort si son  $\text{pH} = -\text{Log } C_A$  et les deux acides ont la même concentration, pour la courbe (1) le  $\text{pH}_i = 3,4 \neq 2$  donc l'acide éthanóique est un acide faible. (ou bien : la courbe(1) n'est pas similaire à la courbe(2) donc elle correspond au dosage d'un acide faible par une base forte)

3)



b)

Equation de la réaction	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$				
Etat du système	Avancement volumique	Quantité de matière en $\text{mol.L}^{-1}$			
Etat initial	0	C	excès	$10^{-\frac{\text{pK}_a}{2}}$	0
Etat final	$y_f$	$C - y_f$	excès	$10^{-\text{pH}}$	$y_f$

c)

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

D'après le tableau d'avancement:

$$\begin{cases} [\text{CH}_3\text{COO}^-] = y_f = [\text{H}_3\text{O}^+] \\ [\text{CH}_3\text{COOH}] = C - y_f \end{cases}$$

comme l'acide éthanóique est faiblement ionisé dans l'eau  $y_f$  est faible

$$\text{donc } [\text{CH}_3\text{COOH}] \approx C \quad \text{donc } K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{C} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{C} = \frac{10^{-2\text{pH}}}{C}$$

$$-\text{Log } K_a = \text{pK}_a = -\text{Log}(10^{-2\text{pH}} - \text{Log } C) = 2\text{pH}_i + \text{Log } C = (2 \times 3,4) - 2 = 4,8 \Rightarrow \text{pK}_a = 4,8$$

d) A la demi-équivalence à  $V_B = V_{BE}/2 = 5 \text{ mL}$ ,  $\text{pH} = \text{pK}_a = 4,8$  d'après la courbe(1)

Physique :

Exercice N°1 : « Etude d'un document scientifique »

### La résonance : l'ennemi des organes

- 1) Chaque objet, selon sa composition, sa taille, son poids... a tendance à vibrer à une fréquence particulière.
- 2) Lorsqu'une personne est en contact avec une machine vibrante, l'énergie de vibration est transmise à son corps.



- 3) Lorsque l'exposition se produit à une des fréquences de résonance des organes ou au voisinage d'une de ces fréquences, l'effet résultant sur les troubles de l'intestin et de l'appareil circulatoire, ainsi que des systèmes musculo-squelettique et neurologiques est grandement accru.

### Exercice N°2 :

#### Partie A : les forces de frottements sont négligeables :

1)

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m\vec{a}$$

On projette les forces suivant l'axe du mouvement:

$$-kx = ma \Rightarrow ma + kx = 0 \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$$

2) D'après la courbe  $x=f(t)$

a)

$$\text{> } X_m = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

$$\text{> } T_0 = 2 \frac{\pi}{24} = \frac{\pi}{12} = 0,261799 \text{ s et } \omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = 24 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{> } x(0) = x_0 = X_m \sin \varphi_x \Rightarrow \sin \varphi_x = \frac{x_0}{X_m} = -\frac{1}{2} \Rightarrow \varphi_x = -\frac{\pi}{6} \text{ rad} = -30^\circ$$

$$\text{> } \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \omega_0^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow m = \frac{k}{\omega_0^2} = 0,17361 \text{ kg} = 173,61 \text{ g}$$

$$\text{b) } x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x) = 4 \cdot 10^{-2} \sin\left(24t - \frac{\pi}{6}\right) \text{ (x en m et t en s)}$$

3)a)

$$E = E_c + E_p = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$$

$$\frac{dE}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \right) = mv \frac{dv}{dt} + kx \frac{dx}{dt} = v \left( m \frac{d^2x}{dt^2} + kx \right) = 0$$

donc l'énergie mécanique est conservée.

$$\text{b) } E = \frac{1}{2}kX_m^2$$

#### Partie B : les forces de frottement ne sont plus négligeable.

- 1) Comme l'amplitude des oscillations diminue au cours du temps, le régime est pseudopériodique ou libre amorti.

2)

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

$$E_2 = E(t_2 = 2T) = \frac{1}{2}kX_m^2 = \frac{1}{2}(100 \times (2,5 \times 10^{-2})^2) = 3,125 \times 10^{-2} \text{ J}$$

$$E_1 = E(t_1 = 0) = \frac{1}{2}kX_m^2 = \frac{1}{2}(100 \times (4 \times 10^{-2})^2) = 8 \times 10^{-2} \text{ J}$$

$$\Delta E = (3,125 - 8)10^{-2} = -4,875 \times 10^{-2} \text{ J} < 0$$





**Exercice N°3:**

- 1)  $F(t)$  est toujours en avance de phase sur  $x(t)$  donc la courbe ( $\mathcal{E}_2$ ) correspond à  $F(t)$ .  
 2)

$$F(t) = F_m \sin(\omega t + \varphi_F)$$

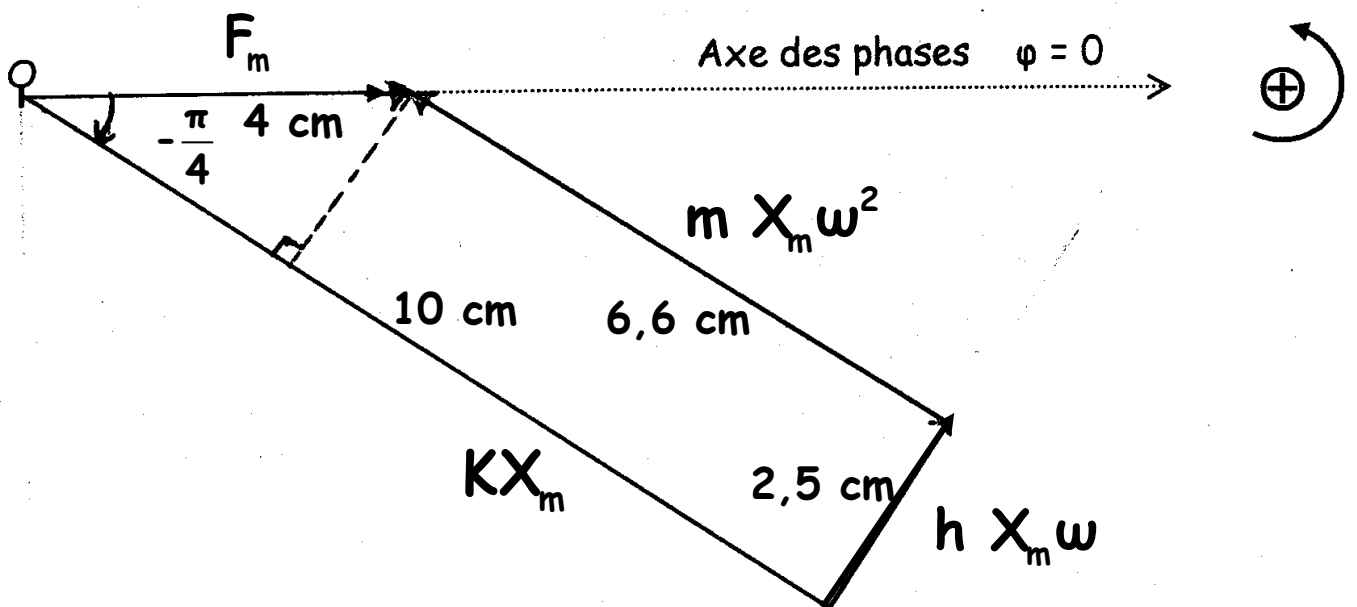
$$\left\{ \begin{array}{l} F_m = 0,4 \text{ N} \\ \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,74} = 2,7\pi \text{ rad.s}^{-1} \Rightarrow F(t) = 0,4 \sin(2,7\pi t) = F(t) = 0,4 \sin(8,49t) \\ F(0) = F_m \sin(\varphi_F) = 0 \Rightarrow \varphi_F = 0 \text{ rad} \end{array} \right.$$

$$x(t) = X_m \sin(\omega t + \varphi_x)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} X_m = 0,05 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,74} = 2,7\pi \text{ rad.s}^{-1} \Rightarrow x(t) = 5 \cdot 10^{-2} \sin(2,7\pi t - \frac{\pi}{4} \text{ rad}) \\ F(0) = X_m \sin(\varphi_x) = x_0 \Rightarrow \sin \varphi_x = \frac{x_0}{X_m} = \frac{-0,035}{0,05} = -0,7 \Rightarrow \varphi_x = -\frac{\pi}{4} \text{ rad} \end{array} \right.$$

3)a)

$$\begin{array}{ccccccc} m \frac{d^2x}{dt^2} & + & h \frac{dx}{dt} & + & Kx & = & F(t) \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ \vec{v}_1 \left| \begin{array}{l} m X_m \omega^2 \\ \varphi_x + \pi \end{array} \right. & & \vec{v}_2 \left| \begin{array}{l} h X_m \omega \\ \varphi_x + \frac{\pi}{2} \end{array} \right. & & \vec{v}_3 \left| \begin{array}{l} K X_m = 1 \text{ N} \\ \varphi_x = -\frac{\pi}{4} \text{ rad} \end{array} \right. & & \vec{v} \left| \begin{array}{l} F_m = 0,4 \text{ N} \\ \varphi_F = 0 \end{array} \right. \end{array}$$



b) A partir de la construction de Fresnel, en utilisant l'échelle :

$$\|\vec{v}_2\| = h X_m \omega = 0,25 \text{ N} \Rightarrow h = \frac{\|\vec{v}_2\|}{X_m \omega} = \frac{0,25}{5 \cdot 10^{-2} \times 8,49} = 0,5889 \text{ N.s.m}^{-1}$$

$$\|\vec{v}_1\| = m X_m \omega^2 = 0,66 \text{ N} \Rightarrow m = \frac{\|\vec{v}_1\|}{X_m \omega^2} = \frac{0,66}{5 \cdot 10^{-2} \times (8,49)^2} = 0,183 \text{ kg} = 183\text{g}$$

4) D'après le théorème de Pythagore appliqué a un triangle rectangle :

$$OA^2 = OB^2 + AB^2 \Rightarrow F_m^2 = (KX_m - m X_m \omega^2)^2 + (h X_m \omega)^2 \Rightarrow F_m^2 = (K - m\omega^2)^2 X_m^2 + X_m^2 (h \omega)^2$$

$$\Rightarrow X_m^2 = \frac{F_m^2}{(K - m\omega^2)^2 + (h\omega)^2} \Rightarrow X_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 \omega^2 + (K - m\omega^2)^2}}$$

4) Par analogie mécanique-électrique :

$$X_m \Rightarrow Q_m ; h \Rightarrow R_r ; k \Rightarrow \frac{1}{C} ; m \Rightarrow L \text{ et } F_m \Rightarrow U_m$$

$$X_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 \omega^2 + (K - m\omega^2)^2}} \Rightarrow Q_m = \frac{U_m}{\sqrt{R_r^2 \omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2}}$$

A la résonance de charge analogue à la résonance d'amplitude  $Q_m$  est

maximale si  $\frac{dg(\omega)}{d\omega} = 0$  avec  $g(\omega) = R_r^2 \omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2$

$$\frac{dg(\omega)}{d\omega} = 0 \Rightarrow \frac{d}{d\omega} (R_r^2 \omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2) = 0 \Rightarrow 2R_r^2 \omega - 2L\omega \times 2(\frac{1}{C} - L\omega^2) = 0$$

$$R_r^2 - 2L(\frac{1}{C} - L\omega^2) = 0 \Rightarrow 2L(\frac{1}{C} - L\omega^2) = R_r^2 \Rightarrow (\frac{1}{C} - L\omega^2) = \frac{R_r^2}{2L} \Rightarrow L\omega_r^2 = \frac{1}{C} - \frac{R_r^2}{2L}$$

$$\Rightarrow \omega_r^2 = \frac{1}{LC} - \frac{R_r^2}{2L^2} = \omega_0^2 - \frac{R_r^2}{2L^2} \text{ donc } \omega_r^2 = \omega_0^2 - \frac{R_r^2}{2L^2} \Rightarrow \omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{R_r^2}{2L^2}}$$

