Lycée Rue Elmenzah Bnikhalled	**DEVOIR DE CONTROLE N°2**	**Classe : $4^{ième}$ M1**
Prof : Jalel Chakroun	Sciences physiques Le : 05/02/2010	**Durée : 2 Heures**

Chimie :

EXERCICE N°1 : « 3,5 POINTS »

On considère trois solutions aqueuses à 25 °C obtenues, par dissolution dans l'eau pure, des acides **A_1**, **A_2** et **A_3**. Ces solutions ont même concentrations **$C = 10^{-3}$ mol.L^{-1}**. La mesure, dans un ordre quelconque, du **pH** des ces trois solutions a donné les valeurs suivantes : **3,0** ; **3,6** et **6,1**.

La constante de basicité du couple **A_1/b_1** vaut **$K_{b1} = 1,59.10^{-10}$** ; le **pK_a** du couple **A_3/b_3** vaut **$pK_{a\,3} = 9,2$**.

1°) Définir un acide selon Brönsted.

2°) Calculer le **$pK_{a\,1}$** du couple **A_1/b_1** . En déduire que **A_1** est un acide plus fort que **A_3**.

3°) Attribuer à chacune des solutions son **pH** et préciser à chaque fois si l'acide est fort ou faible. Justifier sans calcul.

4°) Classer les bases conjuguées **b_1**, **b_2**, **b_3** de ces acides par basicité croissante. Justifier votre réponse.

5°) On fait réagir **A_1** avec **b_3**. Déterminer la constante d'équilibre **K** de cette réaction. Que peut-on conclure ?

<u>**On donne**</u> : Le produit ionique de l'eau pure à 25°C : **$K_e = 10^{-14}$**.

EXERCICE N°2 : « 3,5 POINTS »

En dissolvant chacun des trois composés basiques **B_1**, **B_2** et **B_3** dans de l'eau pure, on prépare respectivement trois solutions aqueuses **(S_1)**, **(S_2)** et **(S_3)** de concentrations **C_i** initiales identiques (**$C_1 = C_2 = C_3$**).
On a oublié de coller une étiquette portant le nom de la solution sur chaque flacon. Seule l'une des bases correspond à une **base forte** (hydroxyde de sodium **NaOH)**. Chacune des deux autres étant une **base faible**.
Pour identifier chaque solution, on a mesuré son **pH** à 25°C. Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

Solution :	**(S_1)**	**(S_2)**	**(S_3)**
pH	8,85	10,3	11,3

1-
- **a)** Classer ces bases par ordre de force croissant. Justifier la réponse.
- **b)** En déduire celle des trois bases qui correspond à **NaOH**. Déterminer alors, la valeur **C_i** de la concentration molaire de sa solution.

2- Soit **B** l'une des deux bases faibles utilisées dans l'expérience décrite ci - dessus.
- **a-** Etablir l'expression du **pKa** de cette base **B** en fonction de sa concentration initiale **C** en solution aqueuse et de son **pH**. (On supposera que, la concentration de la base restante **B** est pratiquement égale à **C)**.
- **b-** Calculer le **pKa** de chacune des deux bases faibles.
- **c-** Chacune des deux bases faibles peut être conjuguée à l'un des acides consignés dans le tableau suivant :

Acide	HCOOH	CH_3COOH	H_2CO_3	HCN	$CH_3NH_3^+$
pKa	3,75	4,75	6,4	9,3	10,6

Identifier, en justifier la réponse, ces deux bases faibles et préciser leur formules.

- **d-** Que devient le **pH** de chacune des solutions des deux bases faibles si l'on **dilue 2 fois** ?

Physique :

EXERCICE N°1 : « 5,5 POINTS » DIPOLE : RLC – SERIE

Une portion de circuit est formée par une bobine (inductance **L** ; résistance **r**), un condensateur (capacité **C**) et un résistor (résistance **R = 130 Ω**) montés en série. Un générateur **BF** impose aux bornes de cette portion de circuit, une tension sinusoïdale $u(t) = U.\sqrt{2}.\sin(2\pi N\, t)$ avec **U = 9,8 V**.

1- On fait varier la fréquence **N** du générateur et à l'aide de deux voltmètres (V1) et (V2), on mesure Respectivement, les tensions efficaces U_R et U_C (voir **Figure – 1**). Les résultats de mesures ont permis de tracer les deux courbes $\mathscr{C}_1$ et $\mathscr{C}_2$ de la **Figure – 2** .
Chacune des deux courbes met en évidence un phénomène de **résonanc**e.
- **a-** Quel est le phénomène de résonance mis en évidence pour chaque courbe ?
- **b-** Associer chacune des deux courbes au phénomène de résonance correspondant. Justifier la réponse.

2- On fixe la fréquence du générateur à la valeur $N = N_2 = 891\ Hz$, on lit alors la valeur **9,1 V** sur le voltmètre (V1) et la valeur **125 V** sur le voltmètre (V2).
- **a-** Calculer, dans ce cas, la valeur I_0 de l'intensité efficace du courant électrique traversant le circuit. Justifier la réponse.
- **b-** Monter que la résistance de la bobine est donnée par : $r = R.\left[\frac{U}{U_R} - 1\right]$. Calculer sa valeur.
- **c-** Déterminer la valeur du facteur de qualité (facteur de surtension) **Q** caractérisant le circuit.
- **d-** Déterminer la valeur de la capacité **C** puis celle de l'inductance **L**.
- **e-** Montrer que pour $N = N_2$, la charge instantanée **q(t)** vérifie l'équation différentielle suivante :
$$L.\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{C}q = 0$$
. Interpréter ce résultat.
- **f-** Déterminer l'expression de la charge instantanée **q(t)** du condensateur en précisant sa valeur maximale Q_m et sa phase initiale φ_q.

EXERCICE N°2 : « 7,5 POINTS » PENDULE ELASTIQUE HORIZONTALE

N.B : Dans cet exercice, on étudie l'évolution du même système mécanique (pendule élastique) mais, dans deux situations différentes.

Le pendule élastique à étudier, comporte :
- Un solide aimanté (**C**) de masse **m = 100 g** pouvant coulisser sans frottement le long d'une tige horizontale.
- Un ressort à spires non jointives, d'axe horizontal, de masse négligeable et de constante de raideur **K**.

Le solide (**C**) est soudé à l'extrémité libre **s** du ressort dont l'autre extrémité est fixée à un support.

Partie (I) : (Figures – 3 & 4)
Dans cette partie, on néglige tout type de force de frottement.
A **t = 0 s**, le solide est placé en une position d'abscisse $X_0 = +2,5\ cm$, puis libéré avec vitesse initiale : $\vec{v}_0 = -\|\vec{v}_0\|\,\vec{i}$.
Le système, étant conservatif, effectue des oscillations d'équation horaire : $x(t) = A.\sin(\omega_0.t + \varphi_0)$.
L'étude de l'énergie potentielle élastique E_p du pendule, en fonction du temps **t**, a fournie la courbe de la **figure – 4**.

1- Donner l'expression de l'énergie mécanique totale **E**(t) du pendule en fonction de **x**(t) et **v**(t).

2- En déduire l'expression de sa valeur initiale E_0 en fonction de X_0 et $\|\vec{v}_0\|$.

3- **a)** Montrer que l'expression de l'énergie potentielle élastique s'écrit :
$$E_P = \frac{K.A^2}{4}\left(1 - \cos(2\omega_0 .t + 2\varphi_0)\right)$$

b) En exploitant la courbe de la **Figure – 4,** déterminer les valeurs de la raideur **K** et de l'amplitude **A**.

c) En déduire les valeurs de la vitesse initiale II $\vec{v}_0$ II et de la phase initiale φ_0 .
d) Donner alors l'expression numérique de l'élongation instantanée **x** = f(t).

Partie (II) : (Figures – 5 & 6)

Dans cette partie, on prendra : **K = 40 N.m⁻¹**

- A l'aide d'un dispositif (**D**), jouant le rôle d'amortisseur, on soumet le solide (**C**) à une force de frottement de type visqueux : $\vec{f} = -h.\vec{v}(t)$. (Avec : **h** est une C^{te} positive et **v(t)** la vitesse instantanée de (**C**))
- A l'aide d'un électroaimant ($\mathcal{E}$), on applique sur le solide (**C**) une force $\vec{F}$ horizontale et périodique telle que :

$\vec{F}(t) = F(t) . \vec{i} = F_m.\sin(\omega t + \varphi_F) . \vec{i}$ (Avec : $\omega = 2\pi N = 2\pi / T$)

1- Etablir l'équation différentielle : **m.Error!** + **h.Error!** + **K.x** = **F**(t) dont la solution est de la forme : $x(t) = X_m \sin(\omega t + \varphi_x)$.

2- Pour une fréquence $\omega = \omega_1 = 18{,}56$ **rad.s⁻¹**, on a représenté sur la **Figure – 6** simultanément, les variations de la force excitatrice **F**(t) et de l'élongation **x**(t) avec la même échelle sur l'axe du temps.

a) Déterminer le déphasage $\varphi = (\varphi_F - \varphi_x)$ entre la force excitatrice **F**(t) et l'élongation instantanée **x**(t).
b) Faire alors, la construction de Fresnel relative à l'équation différentielle.
c) En déduire les valeurs de l'amplitude X_{m1} de l'élongation et du coefficient de frottement **h**.

<u>**On donne**</u> : intensité maximale de la force excitatrice : $F_m = 0{,}88$ N

3- On fait varier la pulsation ω de l'électroaimant et on suit la variation de l'amplitude X_m des oscillations du pendule. Cette expérience est répétée trois fois pour trois valeurs du coefficient de frottement **h** différentes telles que : $h = h_1 = 0{,}3$ kg.s⁻¹ ; $h = h_2 = 0{,}5$ kg.s⁻¹ et $h = h_3 = 0{,}7$ kg.s⁻¹

a- Qu'appelle – t– on résonance d'élongation ?
b- A quelle pulsation excitatrice ω_r ce phénomène se produit – il ? (expression et valeur)
Donner, dans le même système d'axes, l'allure des courbes de réponse $X_m = f(\omega)$ obtenues et préciser toutes les indications nécessaires.

Figure – 1

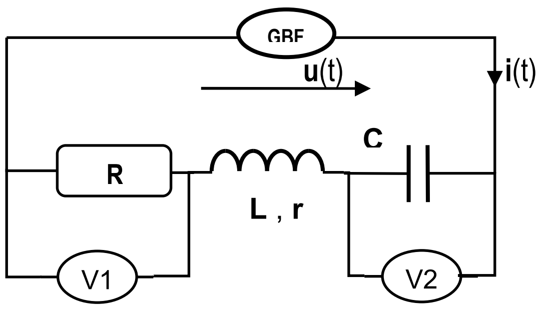
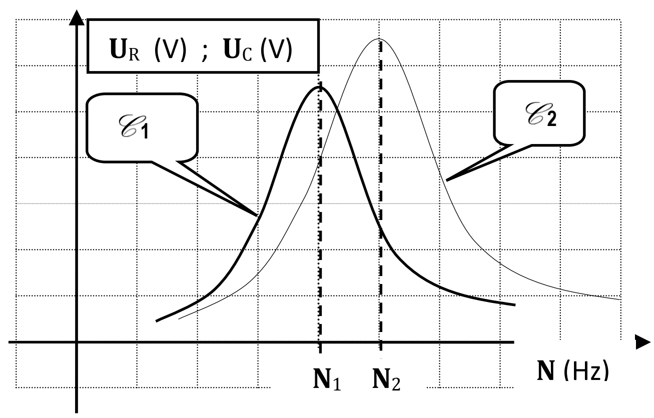


Figure – 2



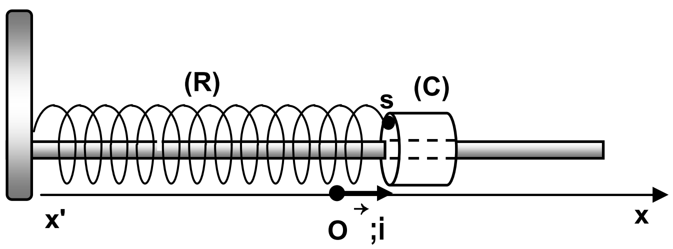


Figure – 3

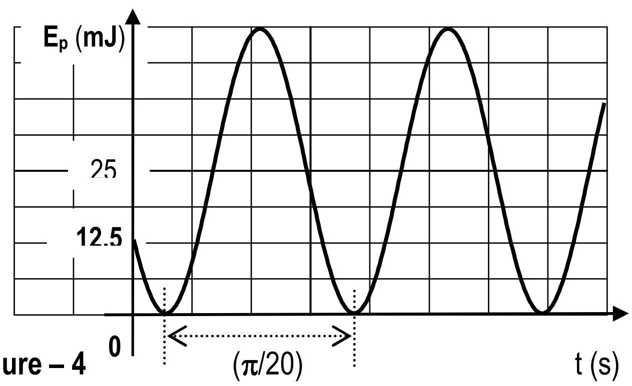


Figure – 4

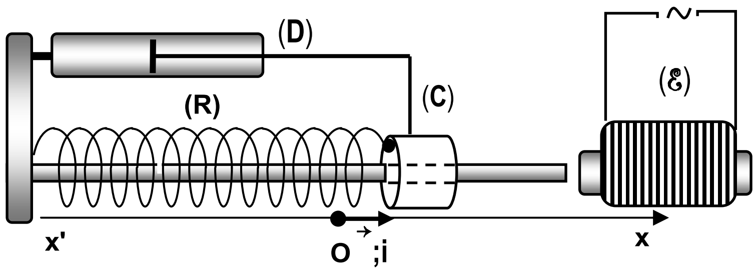


Figure – 5

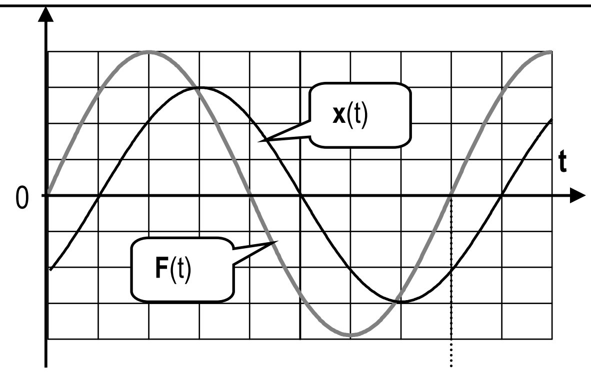


Figure – 6

Chimie :

	Barème
Exercice N°1 :	
1) Acide de Brönsted : Toute entité chimique (chargée ou neutre) susceptible de libérer un ion hydrogène H^+ (ou proton) lors d'une réaction chimique.	0,5
2) $pK_{a1} + pK_{b1} = pK_e \Rightarrow pK_{a1} = pK_e + \log K_{b1} = 4,2$. Puisque : $pK_{a1} < pK_{a3} \Rightarrow A_1$ est donc un acide plus fort que A_3.	0,75
3) On sait que : • Un acide est faible si sa constante K_a est faible devant 1. • A égales molarités, l'acide le plus fort est celui dont la solution a le pH le plus petit. – solution de $A_3 \Rightarrow pH = 6,1 \Rightarrow A_3$ acide faible ($pK_{a3} > 0 \Rightarrow K_{a3} < 1$) – solution de $A_1 \Rightarrow pH = 3,6 \Rightarrow A_1$ acide faible ($pK_{a1} > 0 \Rightarrow K_{a1} < 1$) – solution de $A_2 \Rightarrow pH = 3 \Rightarrow A_2$ acide fort car $C = 10^{-pH}$.	0,75
4) On sait que : La base la **plus forte** est conjuguée à l'acide le **plus faible**. **Acidité croissante** (←) : A_2, A_1, A_3 $\Rightarrow$ **Basicité croissante** (→) : b_2, b_1, b_3	0,75
5) L'équation de réaction est : $A_1 + b_3 \rightleftarrows b_1 + A_3$ $\Rightarrow$ La loi d'action de masse, appliquée à cette réaction : $\Pi_{éq} = K = \frac{[b_1].[A_3]}{[A_1].[b_3]} = \frac{[b_1].[H_3O^+].[A_3]}{[A_1].[H_3O^+].[b_3]} = \frac{K_{a1}}{K_{a3}} = 10^{(pK_{a3} - pK_{a1})} = 10^5$ $\Rightarrow$ K est très grande $\Rightarrow$ la réaction est pratiquement totale.	0,75
Exercice N°2 :	
1) a - On sait que : A égales molarités, la base la plus forte est celle dont la solution a le pH le plus grand. $\Rightarrow$ B_1, B_2, B_3 → (force croissante)	0,5
b- La base la plus forte (parmi les trois) est la base forte. $\Rightarrow$ **$B_3 \equiv$ NaOH** $\Rightarrow$ On a alors : $pH_{(S3)} = pK_e + \log C_3 \Rightarrow \log C_3 = pH_{(S3)} - pK_e = -2,7 \Rightarrow \underline{C_3 = 2.10^{-3}\ mol.L^{-1}}$	0,5
2) a- B est une base faible $\Rightarrow$ sa réaction avec l'eau est très limitée : $B + H_2O \rightleftarrows BH^+ + OH^-$ $\Rightarrow$ La constante d'équilibre est : $K_b = \frac{[BH^+].[OH^-]}{[B]}$ (1) ➢ La solution étant **basique** et son **pH >10** $\Rightarrow [H_3O^+] = [OH^-]_{eau} << [OH^-]$ $\Rightarrow [OH^-] \approx [BH^+]$ (2) ➢ La réaction de la base est très limitée $\Rightarrow \underline{[B] \approx C}$ (3)	0,75
$\Rightarrow$ (2) et (3) dans (1) : $K_b = \frac{[OH^-]^2}{C} = \frac{K_e}{K_a} \Rightarrow \boxed{\frac{K_e^2}{C.[H_3O^+]^2} = \frac{K_e}{K_a}} \Rightarrow K_a = \frac{C.[H_3O^+]^2}{K_e}$	0,5
$\Rightarrow \boxed{pK_a = 2\ pH - pK_e - \log C}$	0,5
b- Pour B_1: $pK_{a1} = 2\ pH_1 - pK_e - \log C_1 = 6,4$ **Pour B_2:** $pK_{a2} = 2\ pH_2 - pK_e - \log C_2 = 9,3$	0,75

c- D'après les valeurs des constantes $pK_{a\,i}$: $B_1 \equiv HCO_3^-$ (ion hydrogénocarbonate)
$B_2 \equiv CN^-$ (ion cyanate)

d- Pour une solution de **base faible**, le pH est tel que :

$$pH = \frac{1}{2}(pK_a + pK_e + \log C)$$

$\Rightarrow$ Après dilution **deux fois**, le pH devient : $pH' = \frac{1}{2}(pK_a + pK_e + \log \frac{C}{2}) = pH - \frac{1}{2}\log 2 = pH - 0{,}15$

$\Rightarrow$ **Donc :** pou (S_1) : $pH_1 = 8{,}85$ après dilution $pH'_1 = 8{,}70$.
pou (S_2) : $pH_2 = 10{,}3$ après dilution $pH'_2 = 10{,}15$.

Physique :

Exercice N°1 :

1) a- • $U_C = f(N) \Rightarrow$ phénomène de résonance de **charge** (Car : $U_C = \frac{Q_m}{C.\sqrt{2}}$).

• $U_R = f(N) \Rightarrow$ phénomène de résonance d'**intensité** (Car : $U_R = \frac{R.I_m}{\sqrt{2}}$).

c- • La résonance d'**intensité** se produit à une fréquence excitatrice : $N_r = N_0$ (fréquence propre de l'oscillateur)
• La résonance de **charge** se produit à une fréquence excitatrice : $N'_r < N_0$

D'après les courbes, les fréquences de résonance correspondant aux maximums sont N_1 et N_2 avec $N_1 < N_2$

$\Rightarrow$ La résonance d'**intensité** se produit à $N_r = N_2 = N_0 \Rightarrow$ Donc courbe ($\mathscr{C}_2$)
La résonance de **charge** se produit à $N'_r = N_1 < N_0 \Rightarrow$ Donc courbe ($\mathscr{C}_1$)

2) $N = N_2 = 891$ Hz $\Rightarrow$ Le circuit est dons à l'état de résonance d'intensité.

a- $I_0 = \frac{U_R}{R} = \frac{9{,}1}{130} = 0{,}07$ A = 70 mA

b- A la résonance d'intensité, on a : $Z = (R + r) \Rightarrow U = Z.\ I_0 = (R + r).\ I_0$ et on a : $U_R = R.\ I_0$

$\Rightarrow \frac{U}{U_R} = 1 + \frac{r}{R} \Rightarrow r = (\frac{U}{U_R} - 1).\ R$ **= 10 Ω**

c- Le facteur de surtension (ou de qualité) est donné par : $Q = \frac{U_C}{U} = \frac{125}{9{,}8} = 12{,}76$

d- On a : $Q = \frac{1}{(R + r).C.\omega_2} = \frac{1}{2\,((R + r).C.N_2} \Rightarrow C = \frac{1}{2\,((R + r).Q.N_2}$ **= 0,1 µF**

On a aussi : $Q = \frac{L.\omega_2}{(R + r)} \Rightarrow L = \frac{Q.(R + r)}{2\,(.N_2}$ **= 0,319 H**

e- A la résonance d'intensité, on a : $\omega = \omega_0$, $\varphi_u = \varphi_i$ (tension et intensité en phase) et $U_m = (R+r).I_m$

$\Rightarrow u(t) = U_m \sin(\omega_0\, t + \varphi_u) = (R+r).I_m.\sin(\omega_0\, t + \varphi_u) = (R+r).\ i(t)$

Et d'après la loi des mailles, on a : $L\frac{di}{dt} + (R+r).\ i(t) + \frac{1}{C}\int i(t)dt = u(t)$

$$\Rightarrow L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i(t)dt = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \boxed{L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{C}q = 0}$$

$\Rightarrow$ L'oscillateur **RLC-série** se comporte comme un oscillateur libre non amorti (oscillateur harmonique) ; En effet, la perte d'énergie par effet Joule (dans sa résistance totale) est régénérée (componsée) par le générateur (qui l'excite avec une fréquence égale à sa fréquence propre N_0).

f- La charge instantanée stockée par le condensateur est : $q(t) = Q_m.\ \text{Sin}\,(\omega_0\, t + \varphi_q)$ car $\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L.C}} = 2\pi N_2$

Avec : $Q_m = C.\,U_{Cm} = C.\sqrt{2}\,.U_C = 1{,}77.10^{-5}$ C

Et $\varphi_q = \varphi_i$ - (/2 = φ_u - (/2 = - (/2 rad (car $\varphi_u = 0$) $\Rightarrow$ $\boxed{q(t) = 1{,}77.10^{-5}.\ \text{Sin}\ (1782.\pi\ t - (/2\ )}$

Exercice N°2 :

Partie (I) :

1) L'énergie mécanique totale est : $E(t) = E_c(t) + E_{pé}(t) = \frac{1}{2}\,m.v^2(t) + \frac{1}{2}\,K\,x^2(t)$. (à tout instant **t**)

2) $E(t = 0) = E_0 = \frac{1}{2}\,m.v_0^2 + \frac{1}{2}\,K\,x_0^2$.

3) a- $E_{pé}(t) = \frac{1}{2}\,K\,x^2(t) = \frac{1}{2}\,K\,A^2 \sin^2(\omega_0\,t + \varphi_0) = \frac{1}{4}\,K\,A^2\,[\,1 - \cos(2.\omega_0\,t + 2.\varphi_0)\,]$

b- • On a : $E_{pé}(t)$ est une fonction périodique de pulsation : $\omega = 2.\omega_0$ $\Rightarrow$ donc de période $T = \frac{T_0}{2}$

Avec : T = (/20 s $\Rightarrow$ $T_0 = 2.T$ = (/10 s $\Rightarrow$ ω_0 = 2(/T↓0 = 20 rad.s^{-1}

Et on a : (0^2 = $\frac{K}{m}$ $\Rightarrow$ k = m. (0^2 = 40 N.m^{-1}.

• D'après l'expression de $E_{pé}(t)$: $E_{p.max} = \frac{1}{2}\,K\,A^2$ $\Rightarrow$ $A = \sqrt{\frac{2.E_{p.max}}{K}} = 5.10^{-2}$ m

c- • A t = 0, on a : $E = E_0 = \frac{1}{2}\,m.v_0^2 + \frac{1}{2}\,K\,x_0^2 = E_{p.max} = C^{te}$ (Le système étant conservatif)

$\Rightarrow \|\vec{v_0}\| = \sqrt{\frac{2.E_{p.max} - K.X_0^2}{m}}$; Avec : $E_{p.max} = 50.10^{-3}$ J $\Rightarrow \|\vec{v_0}\| = 0{,}866$ m.s^{-1}

• A t = 0, on a : $x = X_0 = A.\sin\varphi_0$ $\Rightarrow$ $\sin\varphi_0 = \frac{X_0}{A} = \frac{1}{2}$ $\Rightarrow$ φ_0 = (/6 ou 5.(/ 6

Or : $v(t = 0) = -\|\vec{v_0}\| = (\frac{dx}{dt})_{t=0} = A.\,\omega_0\,\cos\varphi_0 < 0$ $\Rightarrow$ $\cos\varphi_0 < 0$ $\Rightarrow$ $\boxed{\varphi_0 = 5.(/ 6 \text{ rad}}$

d- On a : $x(t) = A.\sin(\omega_0\,t + \varphi_0)$ $\Rightarrow$ $\boxed{x(t) = 5.10^{-2} \sin(20\,t + 5.(/ 6\ )}$

Partie (II) :

1) La 2ème loi de Newton, appliquée au solide (C) : $\vec{P} + \vec{R}_N + \vec{f} + \vec{T} + \vec{F} = m.\,\vec{a}$

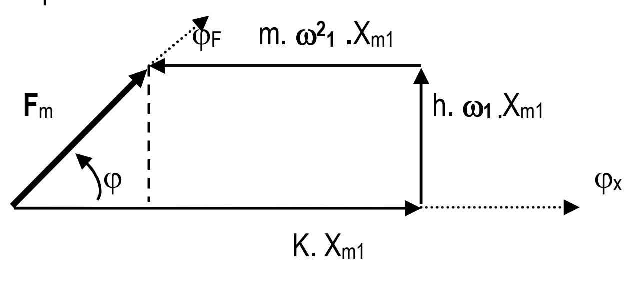
La projection sur l'axe du mouvement ($\overrightarrow{x'x}$) : $- K.x(t) - h.\,v(t) + F(t) = m.\,a(t)$ $\Leftrightarrow$ $\boxed{m\,\frac{d^2x}{dt^2} + h.\frac{dx}{dt} + k.\,x = F(t)}$

2) On a : $\omega = \omega_1 = 18{,}56$ rad.s^{-1} $\Rightarrow$ $\omega_1 < \omega_0$

a- Le déphasage force excitatrice – élongation est : $\varphi = (\varphi_F - \varphi_x)$ avec : $|\varphi| = \frac{2.(}{T}\,.\Delta t = \frac{2.(}{T}\,.\frac{T}{8}$ = (/4 rad

Or : $\varphi_F > \varphi_x\ \forall\ \omega$ $\Rightarrow \varphi$ = (/4 rad

b- La construction de Fresnel relative à l'équation différentielle est la suivante :



c- On a :

- $\cos\varphi = \frac{(K - m.\omega_1^2).X_{m1}}{F_m}$ $\Rightarrow$ $X_{m1} = \frac{F_m . \cos(\varphi)}{(K - m.\omega_1^2)}$ = $11{,}2.10^{-2}$ m

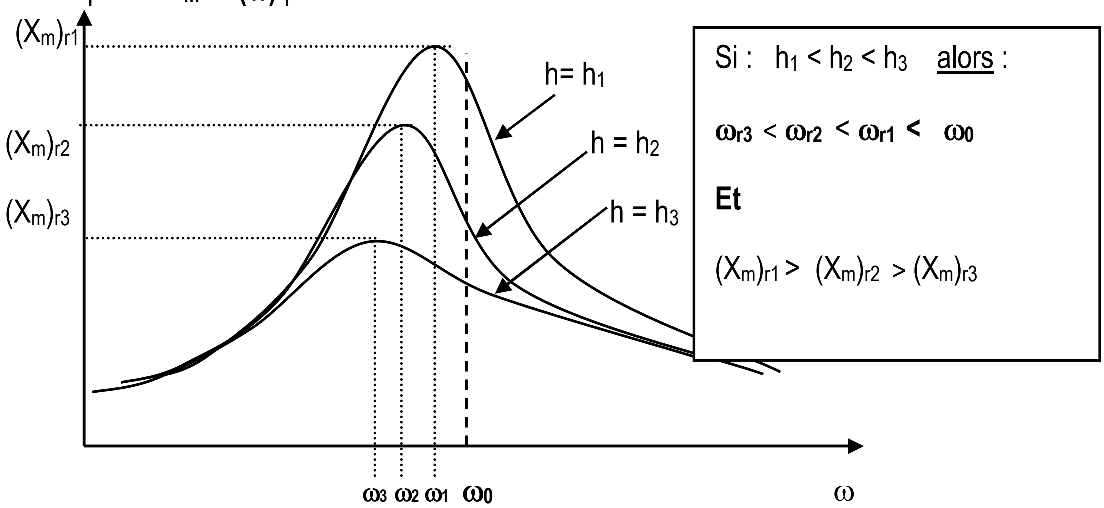
- $\sin\varphi = \frac{h.\omega_1.X_{m1}}{F_m}$ $\Rightarrow$ $h = \frac{F_m . \sin(\varphi)}{X_{m1}.\omega_1}$ = **0,3 kg.s^{-1}**

3) **a-** **Résonance d'élongation** (ou d'amplitude) : phénomène au cours duquel l'amplitude de l'élongation Xm devient maximale et cela se produit pour une pulsation excitatrice ω particulière.

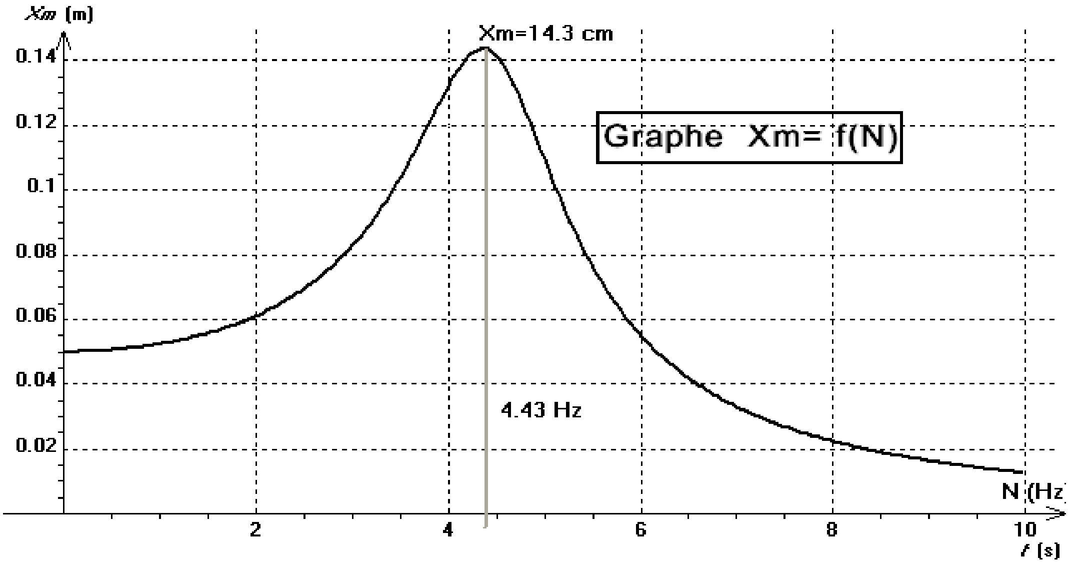
b- La pulsation de résonance d'élongation est égale à ω_r telle que : $\omega_r^2 = \omega_0^2 - \frac{h^2}{2.m^2}$

$\Rightarrow$ **A.N : ω_r = 19,89 rad.s^{-1}**

c- Les courbes de réponse **$X_m = f(\omega)$** pour différentes valeurs du coefficient d'amortissement **h** sont :



N (Hz)


Xm (m)
Xm=14.3 cm
Graphe Xm= f(N)
0.14
0.12
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
4.43 Hz
N (Hz)
2
4
6
8
10
t (s)
