Lycée Athar Sbeïtla	Devoir de contrôle n°2	Année Scolaire: 2014-2015
Prof: Ramzi Rebai	Sciences Physiques	Classe : 4 sc-exp 1

Chimie :

Exercice n°1: (4,5pts)

En dissolvant chacun de trois acides AH_1, AH_2 et AH_3 dans l'eau pure, on prépare respectivement trois solutions aqueuses d'acides (S_1), (S_2) et (S_3) de concentrations molaires identiques C. On oublie de coller une étiquette portant le nom de la solution sur chaque flacon. Seul l'un des acides correspond à un acide fort (le chlorure d'hydrogène). Chacun des deux autres étant un acide faible. Pour identifier chaque solution, on mesure son pH et on porte les résultats dans le tableau suivant :

Solution	(S_1)	(S_2)	(S_3)
pH	2,9	1	2,4

1) a) Classer les acides AH_1, AH_2 et AH_3 par ordre de force décroissante, justifier la réponse.
b) En déduire celui des trois acides qui correspond à HCl; Déterminer la valeur de la concentration de sa solution.
2) a) Exprimer le pka d'une solution d'acide faible HA en fonction de son pH et de la concentration C. Préciser les approximations utilisées sachant que $C \geq 10^{-6} mol.L^{-1}$.
b) Calculer le pka de chacun de deux acides faibles.
c) Identifier chacun de deux acides faibles en utilisant la liste des valeurs de pka de quelques acides consignés dans le tableau suivant :

Acide	méthanoïque	benzoïque	éthanoïque	carbonique
pKa	3,8	4,2	4,8	6,4

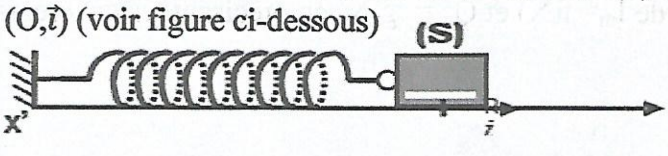
Exercice n° 2: (4,5pts)

On étudie l'équilibre de dissociation du peroxyde de diazote $N_2O_4 (g) \rightleftarrows 2NO_2 (g)$
Dans une enceinte de volume V = 20L, on introduit n_0 = 0,75mol de peroxyde d'azote N_2O_4 à la température θ_1 = 25°C et sous une pression P. A l'équilibre, on obtient un système chimique (S_1) formé par un mélange de N_2O_4 et de NO_2 tel que $n(NO_2) = 2\,n(N_2O_4)$.
1) a) Déterminer la composition finale du système à l'équilibre.
b) Calculer la constante équilibre K_1 à la température θ_1.
c) Calculer le taux d'avancement final τ_{f1} de la réaction de dissociation à la température θ_1.
d) On fat varier le système par Δn de la quantité de matière de NO_2, le taux d'avancement final prend la valeur τ_{f2} = 0,3. Préciser le sens de déplacement de l'équilibre chimique. Dire si Δn est une augmentation ou une diminution.
2) lorsqu'on élève la température dans (S_1) pour atteindre la valeur θ_2 supérieure à celle de θ_1 On remarque que la couleur rouge brun de dioxyde d'azote NO_2 devient plus intense.
a) Déterminer le caractère énergétique de la réaction de dissociation de N_2O_4.
b) Comparer en le justifiant K_1 et K_2 respectivement les constantes d'équilibre à θ_1 et à θ_2.
c) Préciser l'effet d'une augmentation de la pression sur cette équilibre.

Physique :

Exercice n°1: (4,5pts)

Un ressort à spires non jointives de masse négligeable et de coefficient de raideur $K=20N.m^{-1}$ est disposé sur un plan horizontal, l'une de ses extrémités est fixe, on accroche à l'autre extrémité un solide (S) de masse m= 0,2kg.Ce solide peut se déplacer sans frottement le long d'un axe horizontal (x'x). A l'équilibre le centre d'inertie G du solide (S) coïncide avec l'origine O du repère R $(O,\vec{i})$ (voir figure ci-dessous)



On allonge le ressort vers la droite, le point G occupe la position G_0 telle que $OG_0 = x_0 = 2,5$ cm et à l'instant t=0, on lâche le solide avec une vitesse initiale $v_0 = 0,25 ms^{-1}$.

1- a- Etablir l'équation différentielle qui régit le mouvement de (G).

b- En déduire l'expression de la pulsation propre w_0 des oscillations de (G), calculer w_0.

c- Vérifier que quelque soient les valeurs de x_m et φ, l'équation horaire $x(t)= x_m \sin (w_0 t+\varphi)$ est solution de l'équation différentielle précédente.

2- a- Déterminer la valeur de l'amplitude x_m et celle de la phase initiale φ.

b- En déduire l'expression de la vitesse instantanée v(t) de solide (S) en fonction de temps.

c-Trouver la date pout laquelle le solide passe par sa position d'équilibre pour la 5ème fois.

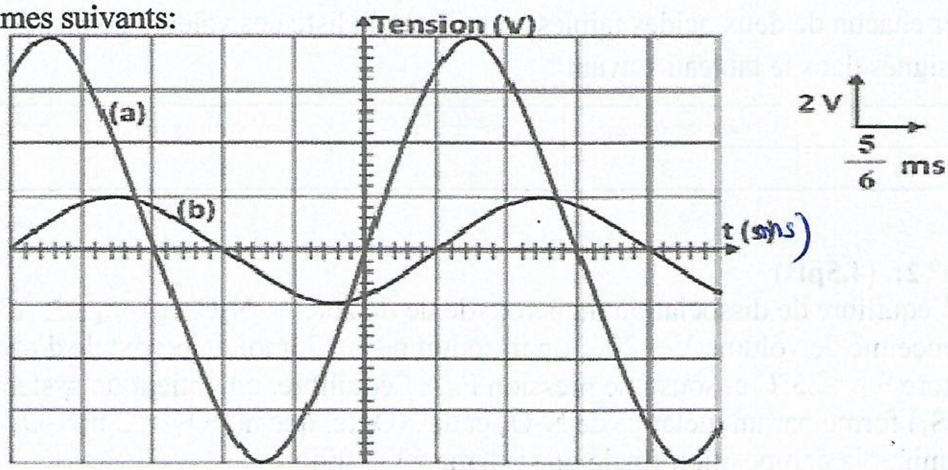
3)a) Donner l'expression de l'énergie mécanique de cet oscillateur.

b) Montrer que cette énergie se conserve au cours de temps.

c) En déduire son expression en fonction de K, m, x_0 et v_0.Calculer sa valeur.

Exercice n°2 : (6,5pts)

On monte en série une bobine d'inductance L = 0,1H et de résistance r , un résistor de résistance $R_0 = 10\Omega$ et un condensateur de capacité C.ON applique aux bornes du circuit une tension alternative : $u(t) = Um.\sin(2\pi Nt)$ de fréquence N réglable On visualise sinusoïdalement , à l'aide d'un oscilloscope bi courbe , les deux tensions $U_{R0}(t)$ et u(t) respectivement aux bornes du résistor R_0 et aux bornes de tout le circuit , on obtient les oscillogrammes suivants:



1)a) Montrer que la courbe (a) représente la variation de la tenson aux bornes du circuit RLC

b) Faire un schéma du montage en indiquant les branchements à effectuer entre l'oscilloscope et le circuit.

2) A partir des oscillogrammes ci-dessus, déterminer:

a) La fréquence N de la tension u(t).

b) la valeur maximale de l'intensité i (t) du courant débité dans le circuit et en déduire l'impédance Z du circuit.

c)Le déphasage de l'intensité du courant i(t) par rapport à la tenson u(t) et déduire la nature de circuit.

3) Etablir l'équation différentielle en i relative à cet oscillateur

4) Faire la construction de Fresnel à échelle convenable pour la valeur de N trouvé en 2) et en déduire la valeur de C et celle de r.

5) On règle la fréquence du générateur à la valeur N_0 (fréquence propre) .Déterminer dans ces conditions la valeur N_0, l'intensité maximale Im et le coefficient de surtension Q.

6) Tracer les allures de I_m= f(N) et Q_m = g(N) en précisant les différents points particuliers.

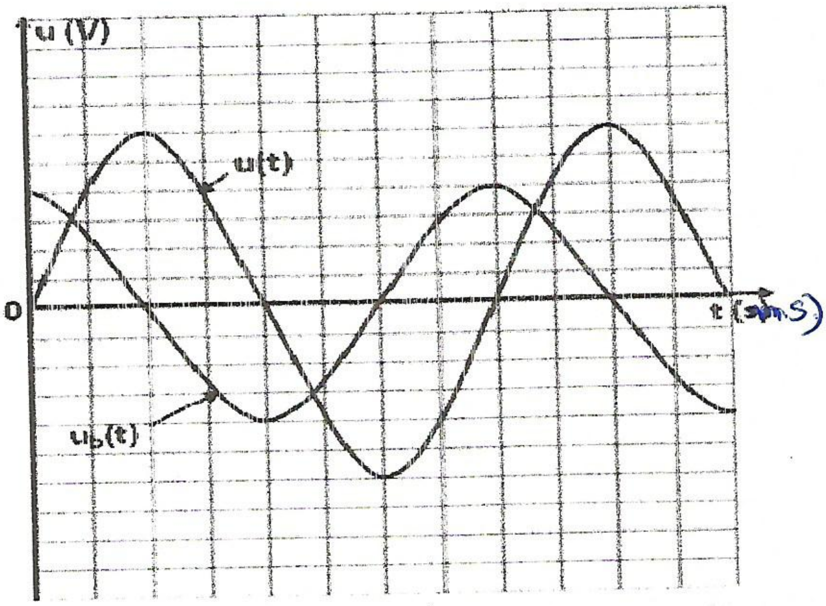
Exercice facultatif (4pts)

Un circuit électrique comporte en série :

- un résistor de résistance $R = 32\ \Omega$,
- une bobine d'inductance L et de résistance r,
- un condensateur de capacité C.

L'ensemble est alimenté par un GBF délivrant une tension alternative sinusoïdale : $u(t) = 30\sqrt{2}\sin(2\pi Nt)$, avec $N = 50$ Hz.

1) À l'aide d'un oscilloscope bicourbe, on observe les tensions $u(t)$ sur la voie (1) et $u_b(t)$ aux bornes de la bobine sur la voie (2), on obtient les oscillogrammes ci-contre.



a) Faire le schéma du circuit et préciser les branchements sur l'oscilloscope.

b) Déterminer le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_{u_b} - \varphi_u$.

c) Exprimer $u_b(t)$ sachant que la sensibilité verticale est la même sur les deux voies.

2) Établir l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$.

3) On donne, dans la figure ci-dessous, la représentation de Fresnel incomplète relative aux tensions efficaces.

a) À partir de cette représentation déterminer l'intensité efficace I et la résistance r.

b) Calculer le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_{u_b} - \varphi_i$. En déduire l'inductance L.

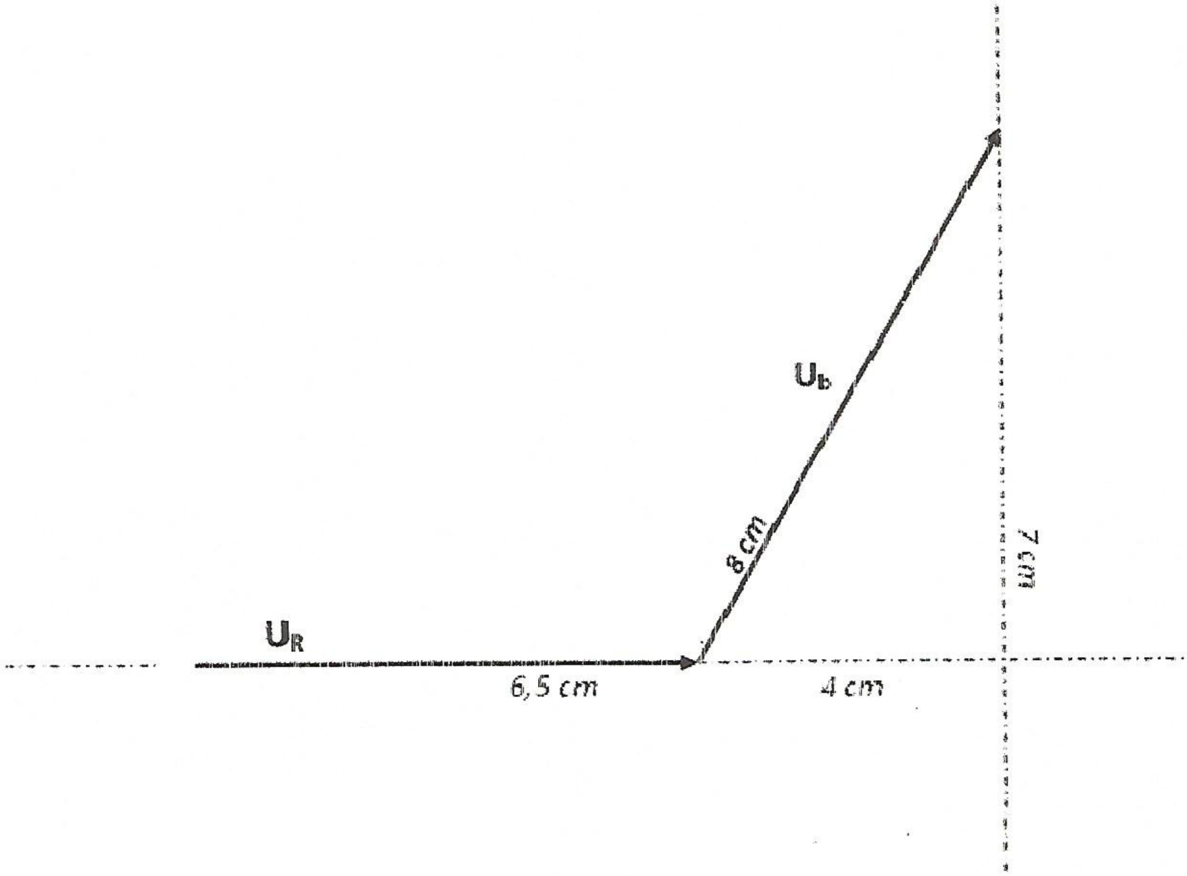
c) Montrer que le circuit est capacitif. Compléter la représentation et déduire la valeur de la capacité C.

4) Pour une fréquence N_1, la puissance moyenne consommée prend une valeur maximale P_1.

a) Calculer N_1 et P_1.

b) Établir l'expression de $u_c(t)$.

c) Calculer le coefficient de surtension du circuit.


Ub
8 cm
7 cm
UR
6,5 cm
4 cm

Chimie :

Exercice n°1 :

1) a) à égales concentrations, l'acide le plus fort lui correspond le pH le plus petit donc :

$\xrightarrow{\ A_2H \quad A_3H \quad A_1H\ }$ acidité décroissante

b) A_2H est le plus fort et A_1H et A_3H sont des acides faibles

$\Rightarrow$ A_2H est l'acide chlorhydrique HCl

$pH = -\log C$ donc $C = 10^{-pH} = 10^{-1}\ mol\,L^{-1}$

2) a) $AH + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$ et on a : $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

$[H_3O^+] = [H_3O^+]_{ac} + [H_3O^+]_{eau} = [A^-] + [OH^-] = y_f + 10^{pH-pK_e}$

$y_f = \tau_f C$ ce qui donne

$10^{-pH} = \tau_f . C + 10^{pH-pK_e}$

$C \geq 10^{-6}\ mol\,L^{-1}$ donc $10^{pH-pK_e} \ll 10^{-pH}$ pour une solution acide $\Rightarrow 10^{-pH} \simeq \tau_f . C$ (*)

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[AH]} = \frac{y_f . 10^{-pH}}{C - y_f} = \frac{\tau_f . C . 10^{-pH}}{C(1-\tau_f)} = \frac{\tau_f . 10^{-pH}}{1-\tau_f}$$

l'acide est faible $\Rightarrow 1 - \tau_f \simeq 1 \Rightarrow \tau_f = K_a . 10^{pH} = 10^{pH-pK_a}$

(*) devient $10^{-pH} = 10^{pH-pK_a} . C$

donc $10^{2pH-pK_a} = \frac{1}{C} \Leftrightarrow 2pH - pK_a = -\log C$

$\boxed{pK_a = 2pH + \log C}$

b) $pK_{a_1} = 2 \times pH_1 + \log C = 2 \times 2{,}9 - 1 = 4{,}8$

$pK_{a_2} = 2 \times pH_2 + \log C = 2 \times 2{,}4 - 1 = 3{,}8$

c) A_1H est l'acide éthanoïque.

A_3H est l'acide méthanoïque.

Exercice n°2 :

1) a)

	N_2O_4	$\rightleftharpoons$	$2NO_2$
à t_i	n_0		0
à t_f	$n_0 - x_f$		$2x_f$

or $n(NO_2) = 2(N_2O_4)$ donc $2(n_0 - x_f) = 2x_f \Leftrightarrow 2x_f = n_0$

$x_f = \frac{1}{2} n_0 = 0{,}375\ mol$

la composition de mélange à l'équilibre:

$n_f(N_2O_4) = n_0 - x_f = 0,375$ mol

$n_f(NO_2) = 2x_f = 0,75$ mol.

b) $K_1 = \frac{[NO_2]^2_{éq}}{[N_2O_4]_{éq}} = \frac{1}{V}\frac{(n_{NO_2})^2}{n_{N_2O_4}} = \frac{1}{20}\cdot\frac{0,75^2}{0,375} = 0,075$

c) $\tau_{f_1} = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{x_f}{n_0} = \frac{0,375}{0,75} = 0,5$

d) $\tau_{f_2} < \tau_{f_1}$: l'équilibre est déplacé dans le sens inverse. pour déplacer l'équilibre dans le sens inverse il faut augmenter sans changement de volume la quantité de NO_2 selon la loi de modération donc Δn est une augmentation.

2) a) l'augmentation de l'intensité de la couleur caractéristique de NO_2 montre que l'équilibre est déplacé dans le sens direct suite à cette augmentation de la température donc la réaction de dissociation de N_2O_4 est endothermique selon la loi de modération.

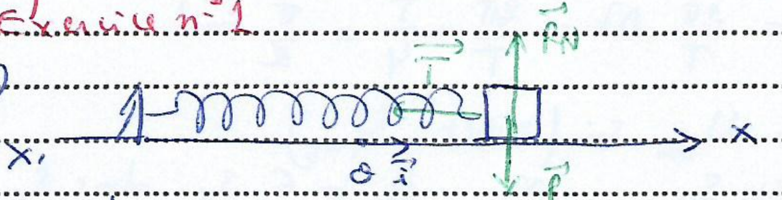
b) $K_2 > K_1$ lorsque l'équilibre est déplacé dans le sens direct lorsque θ est augmentée de θ_1 à θ_2.

c) Une augmentation de la pression à température constante déplace l'équilibre dans le sens inverse qui tend à diminuer le nbre de mole totale gazeux selon la loi de modération.

Physique:

Exercice n°1

1) a)



le solide est soumis à l'action de: son poids $\vec{P}$, la tension de ressort $\vec{T}$ et la réaction normale $\vec{R_N}$

donc $\vec{T} + \vec{R_N} + \vec{P} = m\vec{a}$

par projection sur (x'x) on a: $-Kx = ma$

donc $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K}{m}x = 0$

b) l'équation différentielle trouvée est de la forme $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0$ ce qui donne $\omega_0^2 = \frac{K}{m}$

alors $\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}}$

$\omega_0 = \sqrt{\frac{20}{0,2}} = 10 \text{ rad.s}^{-1}$

c) $x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x)$ alors $\frac{dx}{dt} = \omega_0 X_m \cos(\omega_0 t + \varphi_x)$

donc $\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega_0^2 X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x) = -\omega_0^2 x$

on trouve l'équation différentielle $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0$

alors $x(t) = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x)$ est une solution de cet équation diff.

2) a) $x(0) = X_m \sin(\omega_0 \times 0 + \varphi_x) = X_m \sin(\varphi_x) = x_0$ ①

$v(0) = X_m \omega_0 \cos(\omega_0 \times 0 + \varphi_x) = \omega_0 X_m \cos(\varphi_x) = v_0$ ②

$\frac{①}{②} \Rightarrow \frac{1}{\omega_0} tg\,\varphi_x = \frac{x_0}{v_0}$ alors $tg\,\varphi_x = \frac{\omega_0 x_0}{v_0} = \frac{10 \cdot 0,025}{0,25} = 1$

$\Rightarrow \varphi_x = \pi/4 \text{ rad}$ par la suite $X_m = \frac{x_0}{\sin\varphi_x} = \frac{2,5 \cdot 10^{-2}}{\sin(\pi/4)}$

$X_m = 3,53 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

b) $v(t) = V_m \sin(\omega_0 t + \varphi_v)$ avec $V_m = \omega_0 X_m = 0,353 \text{ ms}^{-1}$

$\varphi_v = \varphi_x + \pi/2 = \pi/4 + \pi/2 = 3\pi/4 \text{ rad}$

$v(t) = 0,353 \sin(10t + 3\pi/4)$ (ms^{-1})

c) le mobile passe par sa position d'équilibre donc

$v(t) = \pm V_m$ ce qui donne $\sin(10t + \frac{3\pi}{4}) = \cos(10t + \frac{\pi}{4}) = \pm 1$

donc $10 t_k + \pi/4 = k\pi$ $t_k = (k - \frac{1}{4})\frac{\pi}{10}$ avec $k \geq 1$

pour la 5ème fois $k = 5$ donc $t_5 = (5 - \frac{1}{4})\frac{\pi}{10} = 1,49 \text{ s}$

3) a) $E = E_c + E_p = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} K x^2$

b) $\frac{dE}{dt} = m v \frac{dv}{dt} + K x \frac{dx}{dt} = \frac{dx}{dt}\left[m \frac{d^2x}{dt^2} + Kx\right] = 0$

puisque $m \frac{d^2x}{dt^2} + Kx = 0$ alors $E = \text{cte}$: l'énergie se conserve

c) Pour $x = x_0$ on a $v = v_0$ et $E = cte$

donc $E = \frac{1}{2}Kx_0^2 + \frac{1}{2}mv_0^2$

AN: $E = \frac{1}{2}.20.(0{,}025)^2 + \frac{1}{2}.0{,}2.(0{,}25)^2 = 12{,}5.10^{-2}$ J

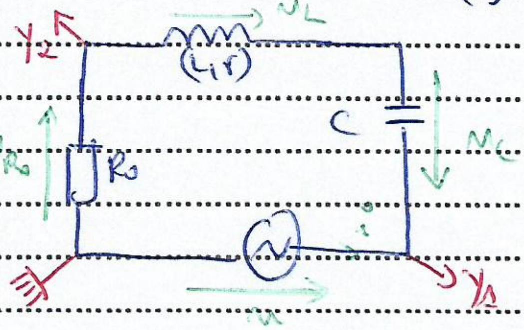
Exercice n°2 :

1) a) $U_m = Z.I_m$ et $U_{R_0m} = R_0.I_m$ or $Z > R_0 \ \forall N$

donc $U_m > U_{R_0m}$

la courbe (a) a l'amplitude la plus grande donc elle correspond à la tension $u(t)$.

b)



2) a) $N = \frac{1}{T} = \frac{1}{6.\frac{5}{6}.10^{-3}} = 200$ Hz

b) $I_m = \frac{U_{R_0m}}{R_0} = \frac{2}{10} = 0{,}2$ A ; $Z = \frac{U_m}{I_m} = \frac{8}{0{,}2} = 40\,\Omega$

c) $\varphi_i - \varphi_u = \varphi_{u_{R_0}} - \varphi_u = -\frac{2\pi}{T}.\Delta t = -\frac{2\pi}{T}.\frac{T}{6} = -\pi/3$ rad

$\varphi_i - \varphi_u < 0$: le circuit est inductif

3)

selon la loi des mailles on a : $u_L + u_{R_0} + u_C = u$

donc $L\frac{di}{dt} + (r+R_0)i + \frac{q}{C} = u \Leftrightarrow L\frac{di}{dt} + (r+R_0)i + \frac{1}{C}\int i\,dt = u$

4) $(R_0+r)\,i \longrightarrow \vec{OA}\ \{(R_0+r)I_m\ ;\ \varphi_i\}$

$L\frac{di}{dt} \longrightarrow \vec{AB}\ \{2\pi NL\,I_m\ ;\ \varphi_i + \pi/2\}$

$\frac{1}{C}\int i\,dt \longrightarrow \vec{BC}\ \{\frac{I_m}{2\pi NC}\ ;\ \varphi_i - \pi/2\}$

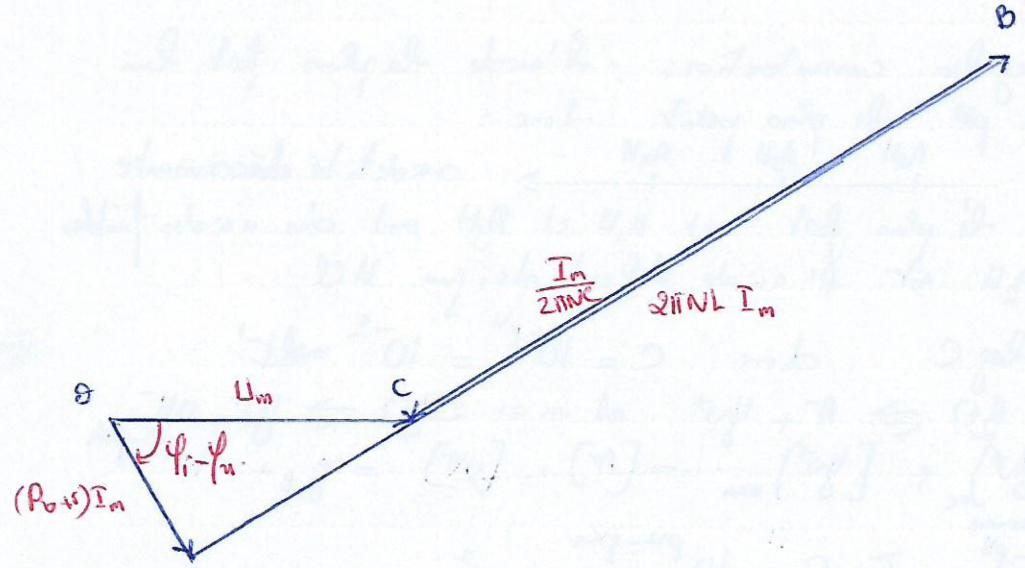
$u(t) \longrightarrow \vec{OC}\ \{U_m\ ;\ 0\}$

échelle : 2V ⟷ 1 cm

$2\pi NL I_m = 2\pi.200.0{,}1.0{,}2 = 25{,}12$ V donc AB = 12,56 cm.

$U_m = 8$ V donc OC = 4 cm.

$\varphi_i - \varphi_u = -\pi/3$ rad



$BC = 9{,}1$ cm donc $\frac{I_m}{2\pi NC} = U_{C_m} = 18{,}2$ V

alors $C = \frac{I_m}{2\pi N U_{Cm}} = \frac{0{,}2}{2\pi \cdot 200 \cdot 18{,}2} = 8{,}75 \cdot 10^{-6}$ F

$\boxed{C = 8{,}75\ \mu F}$

$OA = 2{,}1$ cm donc $(R_0+r)I_m = U_{1m} = 4{,}2$ V

alors $R_0 + r = \frac{U_{1m}}{I_m}$ donc $r = \frac{U_{1m}}{I_m} - R_0$

$r = \frac{4{,}2}{0{,}2} - 10 = 11\ \Omega$

5) lorsque $N = N_0$ on a la résonance d'intensité et le circuit est résistif c.a.d $Z = R_0 + r$.

donc $I_m = \frac{U_m}{Z} = \frac{U_m}{R_0+r} = \frac{8}{21} = 0{,}381$ A.

$Q = \frac{2\pi N_0 L}{R_0+r} = \frac{1}{2\pi N_0 (R_0+r) C} = \frac{1}{R_0+r}\sqrt{\frac{L}{C}}$

A.N. $Q = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{0{,}1}{8{,}75 \cdot 10^{-6}}} = 17{,}02$

6) $I_m = \frac{U_m}{\sqrt{(R_0+r)^2 + \left(2\pi NL - \frac{1}{2\pi NC}\right)^2}}$

pour $N = 0$ Hz on a : $I_m = 0$A

pour $N = N_0 = 170$Hz on a : $I_m = \frac{U_m}{R_0+r} = 0{,}381$ A

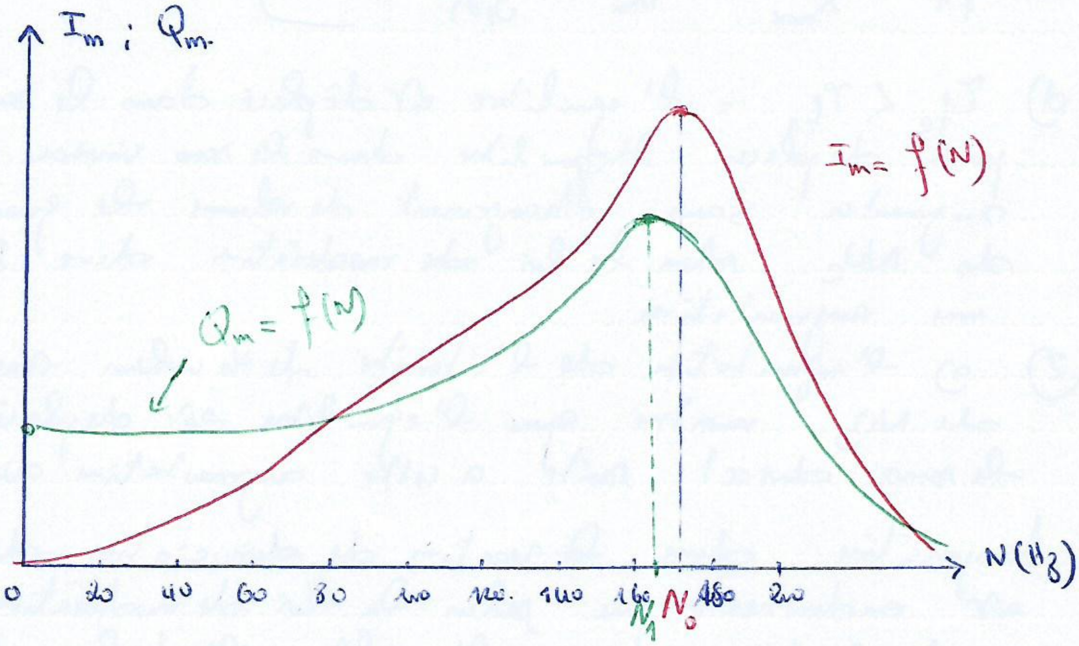
pour N très grande (infinie) alors $I_m = 0$A.

$$Q_m = \omega . I_m = 2\pi N . I_m = \frac{U_m}{\sqrt{\left[2\pi N (R_0+r)\right]^2 + \left(4\pi^2 N^2 L - \frac{1}{C}\right)^2}}$$

lorsque $N = 0$ Hz alors $Q_m = C.U_m$

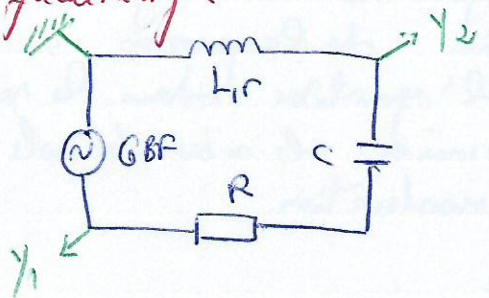
lorsque N est très grande on a : $Q_m = 0$ C.

lorsque $N_1 = \sqrt{N_0^2 - \frac{(R_0+r)^2}{8\pi^2 L^2}} = 168,34$ Hz.



Exercice facultatif :

1) a)



b) $\varphi_{u_b} - \varphi_u = \frac{2\pi}{T} . \Delta t = \frac{2\pi}{T} . \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}$ rad

c) $u_b(t) = U_{bm} \sin(2\pi N t + \varphi_{u_b})$

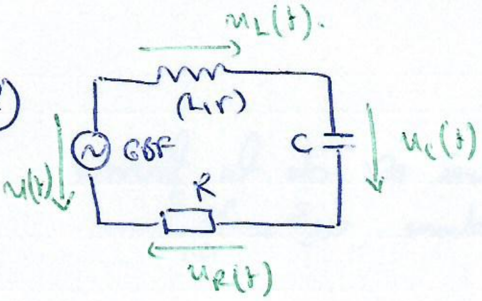
$U_{bm} = 4 . S_v$ or $U_m = 6 . S_v$ donc $S_v = \frac{30\sqrt{2}}{6}$

$S_v = 5\sqrt{2}$ V.div^{-1}

ce qui donne $U_{bm} = 20\sqrt{2}$ V

$\varphi_u = 0$ rad donc $\varphi_{u_b} = \varphi_u + \pi/2 = \pi/2$ rad

$N = \frac{1}{T} = 50$ Hz alors $u_b(t) = 20\sqrt{2} \sin(100\pi t + \pi/2)$ (V)

2) 

selon la loi des mailles on a

$u_L + u_R + u_C = u$

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

3)

a) $U_b = 20\,V$ qui correspond à 8 cm donc $1\,cm \leftrightarrow 2{,}5\,V$

$U_R = RI$ donc $I = \frac{U_R}{R} = \frac{6{,}5 \times 2{,}5}{32} \simeq 0{,}5\,A$.

$\cancel{U_b = Z_L \cdot I = 2\pi N}$

$(R+r)\, I = 10{,}5 \times 2{,}5 = 26{,}25\,V$ donc $R+r = \frac{26{,}25}{0{,}5} = 52{,}5\,\Omega$

alors $r = 52{,}5 - 32 = 20{,}5\,\Omega$

b) $tg(\varphi_{u_b} - \varphi_i) = \frac{7}{4} = 1{,}75$ donc $\varphi_{u_b} - \varphi_i = 60{,}25°$

$tg(\varphi_{u_b} - \varphi_i) = \frac{2\pi N L I}{r \cdot I} = \frac{2\pi N L}{r}$ alors $L = \frac{r}{2\pi N} \cdot tg(\varphi_{u_b} - \varphi_i)$

$L = 0{,}114\,H$

c) ① $\varphi_{u_b} - \varphi_i = 60{,}25°$ or $\varphi_{u_b} - \varphi_u = \pi/2$ rad ②

$\simeq \pi/3$ rad

② - ① $\Rightarrow \varphi_i - \varphi_u = \pi/2 - \pi/3 = \frac{\pi}{6}$ rad > 0

$\Rightarrow$ le circuit est capacitif.

le reste de la construction est sur la feuille annexe.

graphiquement $BC = 13\,cm$ donc $\frac{I}{2\pi N C} = 13 \times 2{,}5 = 32{,}5\,V$

donc $C = \frac{0{,}5}{2\pi \cdot 50 \cdot 32{,}5} \simeq 49 \cdot 10^{-6}\,F = 49\,\mu F$

4) a) $N_1 = N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0{,}114 \cdot 49 \cdot 10^{-6}}} = 67{,}37\,Hz$

$P_1 = (R+r) \cdot I^2 = (R+r) \cdot \frac{U^2}{(R+r)^2} = \frac{U^2}{R+r} = \frac{30^2}{52{,}5} = 17{,}14$ watt

b) $u_C(t) = U_{Cm} \sin(2\pi N_0 t + \varphi_{u_C})$.

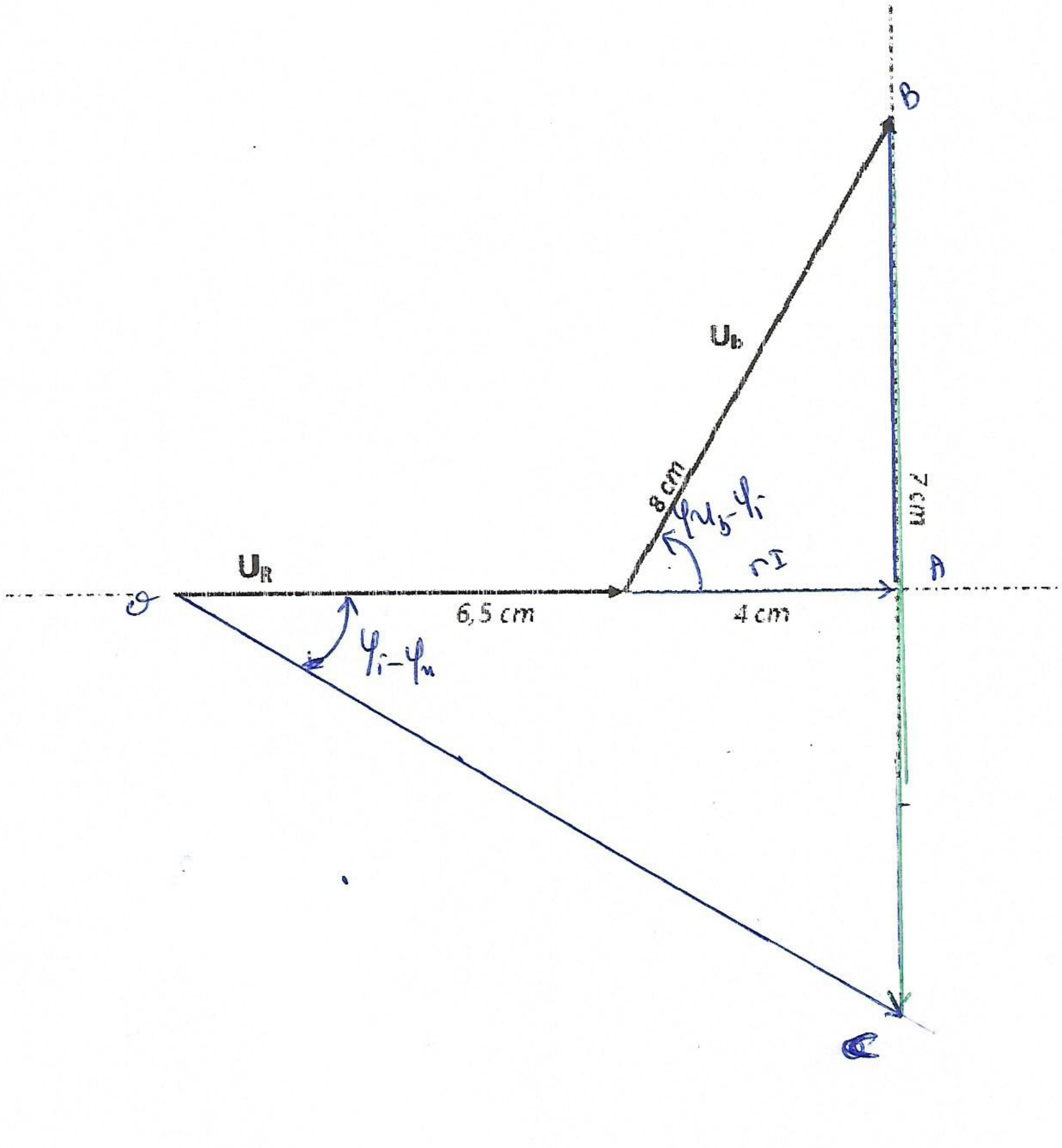
$U_{Cm} = \frac{I_m}{2\pi N_0 C} = \frac{0{,}81}{2\pi \cdot 67{,}37 \cdot 49 \cdot 10^{-6}} = 39{,}07\,V$

$\varphi_{u_C} = \varphi_i - \pi/2$ or $\varphi_i - \varphi_u = 0$ avec $\varphi_u = 0$ rad

donc $\varphi_{u_C} = -\pi/2$ rad

$$\boxed{u_C(t) = 39{,}07 \sin\left(423{,}1\, t - \pi/2\right)} \quad (V)$$

c) $Q = \dfrac{U_{Cm}}{U_m} = \dfrac{39{,}07}{30\sqrt{2}} = \boxed{0{,}92}$



B
U_b
8 cm
$\varphi_{u_b}-\varphi_i$
7 cm
U_R
rI
A
O
6,5 cm
4 cm
$\varphi_i-\varphi_u$
C

2/2