Hichem.Benaich@edunet.tn

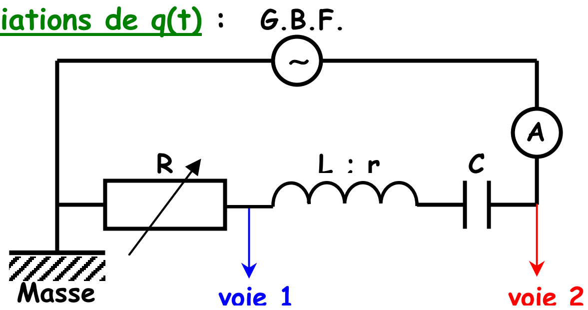
Proposée par Benaich Hichem

SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

RAPPEL DU COURS

1°) Equation différentielle régissant les variations de q(t) :



$U_C(t) + U_L(t) + U_R(t) = U_m.\sin(\omega t + \varphi_U)$

$\Rightarrow \dfrac{q}{C} + L\dfrac{di}{dt} + ri + Ri = U_m.\sin(\omega t)$

Posons $R = R_0 + r$

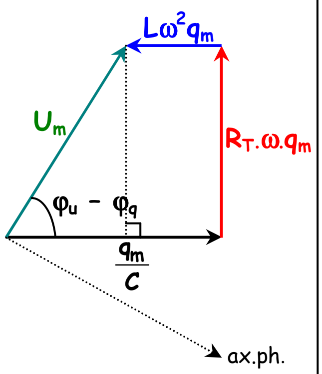
D'où $\boxed{\dfrac{q}{C} + R\dfrac{dq}{dt} + L\dfrac{d^2q}{dt^2} = U_m.\sin(\omega t + \varphi_U)}$

Cette équation différentielle admet comme solution :

$q(t) = q_m.\sin(\omega t + \varphi_U)$

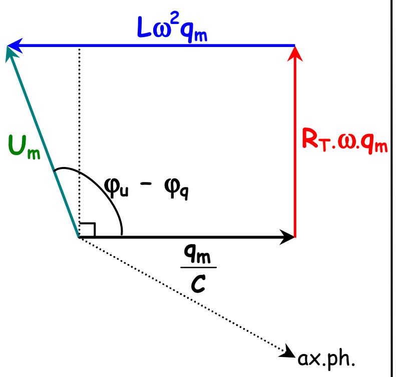
pulsation du générateur (excitateur) $\Rightarrow$ oscillations **forcées** .

1er cas : $L\omega^2 < \dfrac{1}{C} \Rightarrow \omega < \omega_0$



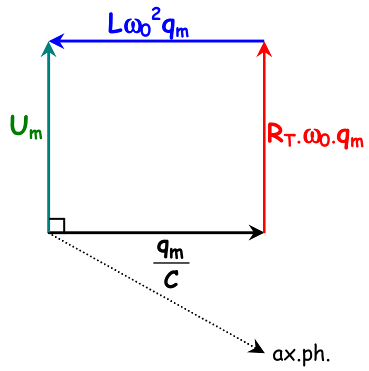
$\boxed{0 < \varphi_U - \varphi_q < \dfrac{\pi}{2}}$

2ème cas : $L\omega^2 > \dfrac{1}{C} \Rightarrow \omega > \omega_0$



$\boxed{\dfrac{\pi}{2} < \varphi_U - \varphi_q < \pi}$

3ème cas : $L\omega^2 = \dfrac{1}{C} \Rightarrow \omega = \omega_0$



$\boxed{\varphi_U - \varphi_q = \dfrac{\pi}{2}\,\text{rad}}$

q(t) est toujours en retard de phase par rapport à u(t)

- ***Calcul de q_m :***

1er cas : $\omega \neq \omega_0$ ($\omega > \omega_0$ ou $\omega < \omega_0$)

$U_m^2 = R_T^2.\omega^2.q_m^2 + (L\omega^2 - \dfrac{1}{C})^2 q_m^2 \Rightarrow \boxed{q_m = \dfrac{U_m}{\sqrt{R_T^2.\omega^2 + (\dfrac{1}{C} - L\omega^2)^2}}}$

2ème cas : $\omega = \omega_0$

$U_m = R_T.\omega_0.q_m \Rightarrow \boxed{q_m = \dfrac{U_m}{R_T.\omega_0}}$ (résultat qu'on peut retrouver en utilisant l'expression précédente pour $\omega = \omega_0$)

- ***Calcul de φ_q :***

1er cas : $\omega \neq \omega_0$ ($\omega > \omega_0$ ou $\omega < \omega_0$)

$\boxed{tg(\varphi_U - \varphi_q) = \dfrac{R_T.\omega}{\dfrac{1}{C} - L.\omega^2}}$

2ème cas : $\omega = \omega_0$

$\boxed{\varphi_U - \varphi_q = \dfrac{\pi}{2}\,\text{rad}}$

SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

❖ *Résonance de charge* :

q_m est max $\Rightarrow \dfrac{d}{d\omega}[R_T^2.\omega^2 + (L.\omega^2 - \dfrac{1}{C})^2] = 0 \Rightarrow 2R_T^2.\omega_R + 2(L.\omega_R^2 - \dfrac{1}{C}).2L.\omega_R = 0$

$$\not\Rightarrow 2\omega_R[R_T^2 + 2L(L.\omega_R^2 - \frac{1}{C})] = 0 \Rightarrow 2L^2.\omega_R^2 = 2\frac{L}{C} - R_T^2$$

soit $\boxed{\omega_R^2 = \omega_0^2 - \dfrac{R_T^2}{2L^2}}$ ou encore $\boxed{N_R^2 = N_0^2 - \dfrac{R_T^2}{8\pi^2L^2}}$

♦ **Etude du cas idéal** ($R_T = 0$) :

$\omega_R = \omega_0$ et $N_R = N_0$

$q_m = \dfrac{U_m}{\left|\dfrac{1}{C} - L\omega^2\right|}$

$U_m = cste > 0$ et $\lim\limits_{N \to N_0} \left|\dfrac{1}{C} - L\omega^2\right| = 0^+$

$\Rightarrow \lim\limits_{N \to N_0} q_m = +\infty$

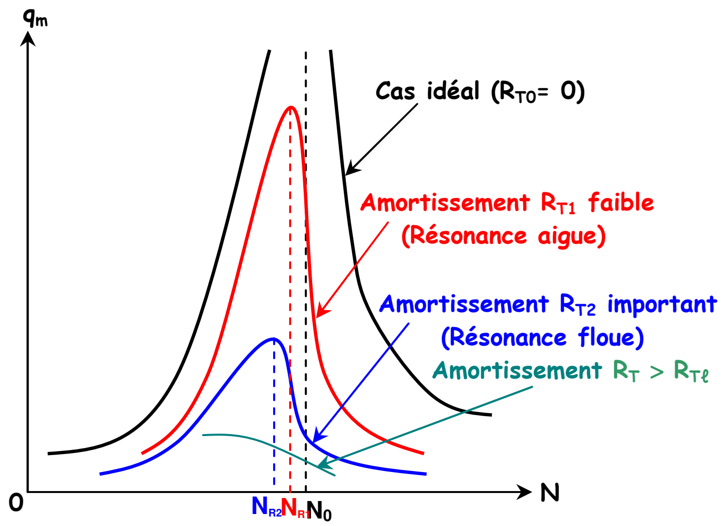
Remarque :

Pour $R_T \neq 0$, $N_R < N_0$ et si $R_T \nearrow$ alors $N_R \searrow$ et N_R s'éloigne de plus en plus de N_0 .

D'autre part , pour avoir résonance , il faut que $\omega_R^2 > 0 \Rightarrow 2\dfrac{L}{C} - R_T^2 > 0 \Rightarrow R_T^2 < 2\dfrac{L}{C}$

$$\Rightarrow R_T < \sqrt{2\frac{L}{C}} = R_{T\ell}$$

$R_{T\ell}$ étant la valeur limite qu'il ne faut pas dépasser sinon , on ne peut plus parler de résonance .



SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

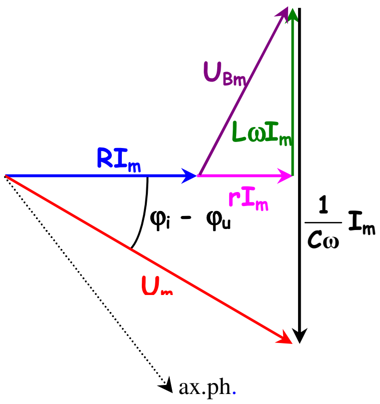
2°) Equation différentielle régissant les variations de i(t) :

L'équation différentielle précédente peut encore s'écrire sous la forme :

$$R.i + r.i + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i\,dt = U_m.\sin(\omega t + \varphi_U)$$

Cette équation différentielle admet comme solution $i(t) = I_m.\sin(\omega t + \varphi_i)$.

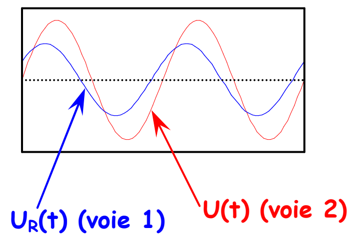
1er cas : $L\omega < \frac{1}{C\omega} \Rightarrow \omega < \omega_0$



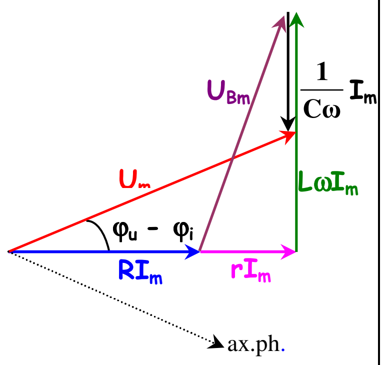
$\varphi_i - \varphi_u > 0$

circuit capacitif

u(t) est en **retard** de phase par rapport à i(t)

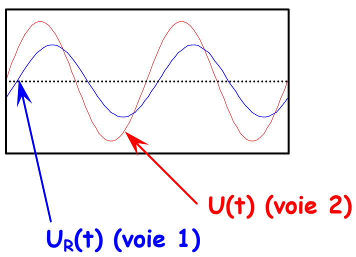


2ème cas : $L\omega > \frac{1}{C\omega} \Rightarrow \omega > \omega_0$

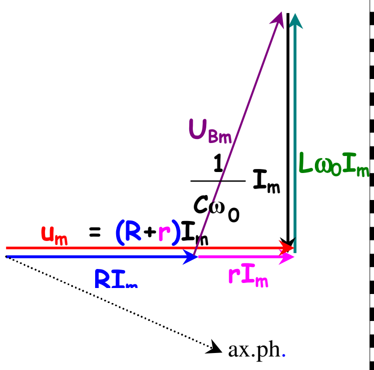


circuit inductif

u(t) est en **avance** de phase par rapport à i(t)



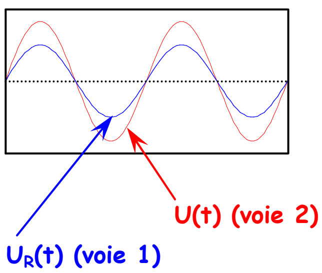
3ème cas : $L\omega = \frac{1}{C\omega} \Rightarrow \omega = \omega_0$



circuit résistif

u(t) et i(t) sont **en phase**

Résonance d'intensité



Remarques importantes :

- $U_R(t)$ peut être soit en avance soit en retard de phase par rapport à U(t) mais on a toujours : $U_m > U_{Rm}$.
- $U_C(t)$ est toujours en retard de phase par rapport à U(t) .
- $U_B(t)$ est toujours en avance de phase par rapport à U(t) .

SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

- **Calcul de I_m :**

1^er cas : $\omega \neq \omega_0$ ($\omega > \omega_0$ ou $\omega < \omega_0$)

$U_m^2 = (R + r)^2 I_m^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2 I_m^2 \Rightarrow$

$$\boxed{I_m = \frac{U_m}{\sqrt{(R+r)^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}}}$$

Par définition , le rapport noté $Z = \frac{U_m}{I_m} = \sqrt{(R+r)^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$ est appelé impédance électrique du circuit (R,L,C) et s'exprime en Ohms (Ω)

2^ème cas : $\omega = \omega_0$

$U_m = (R + r)I_m \Rightarrow$ $\boxed{I_m = \frac{U_m}{R + r}}$

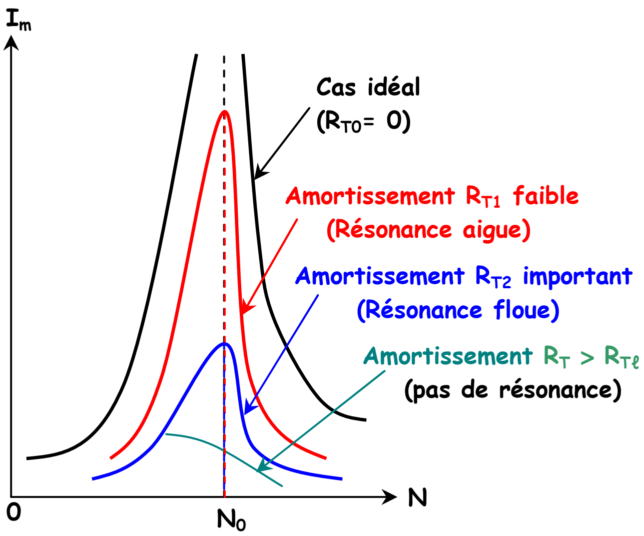
- **Calcul de φ_i :**

1^er cas : $\omega \neq \omega_0$ ($\omega > \omega_0$ ou $\omega < \omega_0$)

$\boxed{tg(\varphi_i - \varphi_U) = \frac{\frac{1}{C\omega} - L\omega}{R + r}}$ ou encore $\boxed{\cos(\varphi_i - \varphi_u) = \frac{R + r}{Z}}$ ($\cos(\varphi_i - \varphi_U)$ est appelé **facteur de puissance**)

2^ème cas : $\omega = \omega_0$

$\boxed{\varphi_i - \varphi_U = 0}$



- **Résonance d'intensité :**

I_m est max

$\Rightarrow [(R_0 + r)^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2]$ et min

$\Rightarrow L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0$

$\Rightarrow$ $\boxed{\omega = \omega_0}$ soit $\boxed{N = N_0}$

- **Facteur de qualité ou facteur de surtension :**

Par définition , le facteur de surtension ou facteur de qualité noté **Q** est donné par la formule :

$$\boxed{Q = \frac{U_{C_{max}}}{U_m} = \frac{1}{(R + r)C\omega_0} = \frac{L\omega_0}{R + r}}$$ (sans unité)

- **Puissance moyenne :**

$$\boxed{\mathscr{P} = \frac{U_m I_m \cos(\varphi_u - \varphi_i)}{2} = UI\cos(\varphi_i - \varphi_u) = \frac{(R + r)I_m^2}{2} = (R + r)I^2}$$

U : tension efficace délivrée par le générateur (V)
U_m : tension maximale délivrée par le générateur (V)
I : intensité efficace du courant (A)
I_m : intensité maximale du courant (A)
$\cos(\varphi_i - \varphi_u)$: facteur de puissance

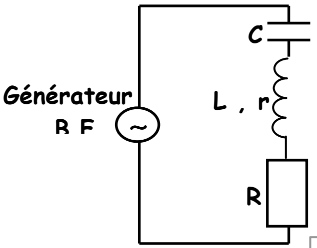
$\mathscr{P}$ est alors exprimée en watts (W)

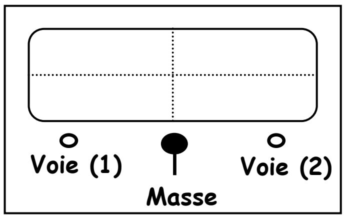
SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

EXERCICE 1 (Bac 88 ancien régime)

On réalise un circuit électrique schématisé sur la figure -1- et comprenant un générateur B.F. délivrant une tension sinusoïdale $u(t) = U_m \sin(2\pi ft)$ d'amplitude U_m constante de fréquence f variable, aux bornes duquel sont disposés en série le condensateur de capacité $C = 1\mu F$, une bobine de résistance r et d'inductance $L = 0{,}01H$ et un résistor de résistance R.





Oscilloscope cathodique

Figure -1-

On se propose de visualiser sur l'écran d'un oscilloscope à deux voies :
- la tension u(t) ⟶ voie (1).
- la tension $u_R(t)$ ⟶ voie (2).

1°) Etablir à l'aide d'un tracé clair les connexions nécessaires entre le circuit électrique de la figure-1- et l'oscilloscope.

2°) Etablir l'équation reliant i, sa dérivée première $\frac{di}{dt}$ et sa primitive $\int i\,dt$.

Soit $i(t) = I_m \sin(2\pi ft + \varphi_i)$ la solution de cette équation.

3°) a) Expérience n°1

On ajuste la fréquence f à la valeur f_0 correspondant à la fréquence propre du dipôle (L,C). On obtient les diagrammes de la figure-2-.

α- Montrer que, parmi les deux signaux qui constituent cette figure, celui ayant l'amplitude la plus élevée correspond à la tension u(t).

β- Etablir que $\frac{R}{R+r} = \frac{2}{3}$.

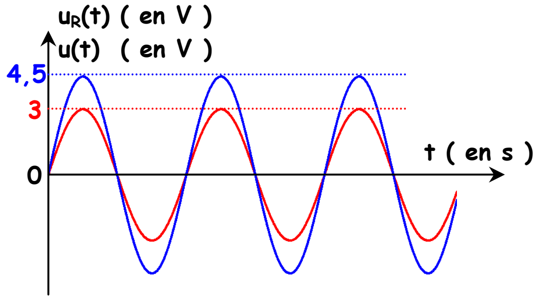


Figure -2-

b) Expérience n°2

A partir de cette valeur f_0, on fait varier la fréquence f de la tension excitatrice u(t) jusqu'à rendre cette dernière déphasée de $\frac{\pi}{6}$ par rapport au courant i(t).

La nouvelle de la fréquence est alors $f_1 = 1524$ Hz.

α- Dire, en le justifiant, si le circuit est inductif ou capacitif.

β- Faire la construction de Fresnel en tenant compte des données de cette expérience n°2 et montrer que $R + r = \sqrt{3}\left(\frac{1}{2\pi f_1 .C} - 2\pi f_1 .L\right)$.

γ- Calculer R et r.

c) Déterminer le facteur de qualité Q de cet oscillateur.

Rép. Num. : **2°)** $(R+r)i + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i\,dt = u(t)$; **3°) a) α-** $Z = \sqrt{(R+r)^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2} > R \Rightarrow u_m > u_{R_m}$;

β- $\frac{u_{R_m}}{u_m} = \frac{R}{R+r} = \frac{3}{4{,}5} = \frac{2}{3}$; **b) α-** $\varphi_U - \varphi_i = -\frac{\pi}{6} < 0 \Rightarrow$ circuit capacitif ; **β-** $tg(-\frac{\pi}{6}) = -\frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{-\frac{1}{C\omega_1} + L\omega_1}{R+r}$;

γ- $R = 10\Omega$; $r = 5\Omega$; **c)** $Q = \frac{L\omega_0}{R+r} = 6{,}66$

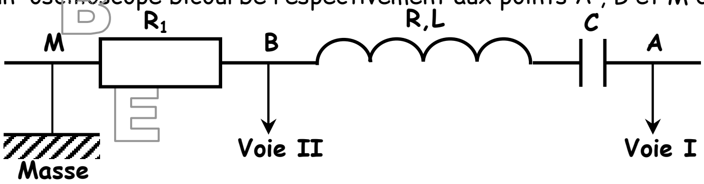
SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

EXERCICE 2 (Contrôle 96 ancien régime)

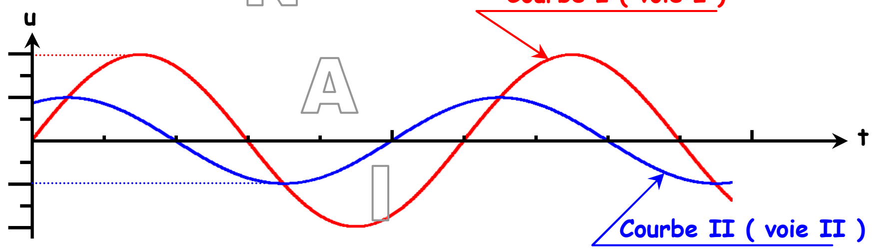
On monte , en série , un résistor de résistance $R_1 = 10\ \Omega$, une bobine d'inductance $L = 0,6$ H et de résistance R et un condensateur de capacité C . On applique entre les bornes A et M du dipôle ainsi obtenu une tension alternative sinusoïdale $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt)$ de fréquence N réglable . On relie la voie I , la voie II et la masse d'un oscilloscope bicourbe respectivement aux points A , B et M du circuit (figure 1) .

Figure 1



Pour une fréquence N_1 de la tension d'alimentation , on obtient sur l'écran de l'oscilloscope les courbes (I) et (II) de la figure 2 :

Figure 2



Echelle : 1 div. sur l'axe des abscisses représente 10^{-3} s
1 div. sur l'axe des ordonnées représente 2V pour la courbe I
1 div. sur l'axe des ordonnées représente 1V pour la courbe II

1°) Déduire à partir des courbes de la figure 2 :

a) La fréquence N_1 de la tension d'alimentation .

b) Les valeurs maximales U_m et U_{BM_m} respectivement de la tension d'alimentation et de la tension aux bornes du résistor .

c) Le déphasage φ de la tension instantanée $U_{BM}(t)$ par rapport à la tension d'alimentation .

2°) Déterminer l'intensité instantanée i(t) du courant qui circule dans le circuit , en précisant sa valeur maximale , sa fréquence et sa phase .

3°) Déterminer la valeur de la résistance R et celle de la capacité C .

4°) On ajuste la fréquence N à une nouvelle valeur N_2 et on relève les tensions maximales suivantes :

- entre A et B : $U_{AB_m} = 2V$.
- entre B et M : $U_{BM_m} = 2V$.
- entre A et M : $U_m = 4V$.

a) Montrer que le circuit est , dans ces conditions , en résonance d'intensité . Calculer alors l'intensité efficace I_0 du courant .

b) Déterminer la fréquence N_2 de la tension excitatrice .

c) Calculer le coefficient de surtension du circuit .

Rép.Num. : **1°) a)** $T_1=6.10^{-3}s \Rightarrow N_1=166,7Hz$; **b)** $U_m=4V$; $U_{BM_m}=1V$; **c)** $\varphi=\frac{\pi}{3}$ rad ; **2°)** $i(t)=0,1\sin(\frac{10^3}{3}\pi t+\frac{\pi}{3})$ (A) ;

3°) $R=\frac{U_m\cos\varphi}{I_m}-R_1=10\Omega$; $C=\frac{1}{2\pi N_1\left[2\pi N_1 L+(R+R_1)tg\varphi_i\right]}$ **4°) a)** $I_0=\frac{U_m}{\sqrt{2}(R+R_1)}=0,141A$;

b) $N_2=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}=171,3Hz$; **c)** $Q=\frac{2\pi N_2 L}{R+R_1}=32,3$.

Hichem.Benaich@edunet.tn
Proposée par Benaich Hichem

SERIE DE PHYSIQUE N° 4
OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

EXERCICE 3 (Bac 98 ancien régime)

Le circuit électrique de la figure-1 comporte en série :
- un résistor (R) de résistance R = 80 Ω .
- une bobine (B) d'inductance L et de résistance propre r .
- un condensateur (C) de capacité C = 11,5μF .

Un générateur (G) impose aux bornes D et M de l'ensemble {(R) , (B) , (C)} une tension alternative sinusoïdale $u(t) = U_{DM}\sqrt{2}\sin(2\pi ft + \varphi_u)$ de fréquence f réglable et de valeur efficace U_{DM} constante .
Un voltmètre (V_1) branché aux bornes D et N de l'ensemble {(B) , (C)} mesure la valeur de la tension efficace U_{DN} .
Un voltmètre (V_2) branché aux bornes N et M de (R) mesure la valeur de la tension efficace U_{NM} .

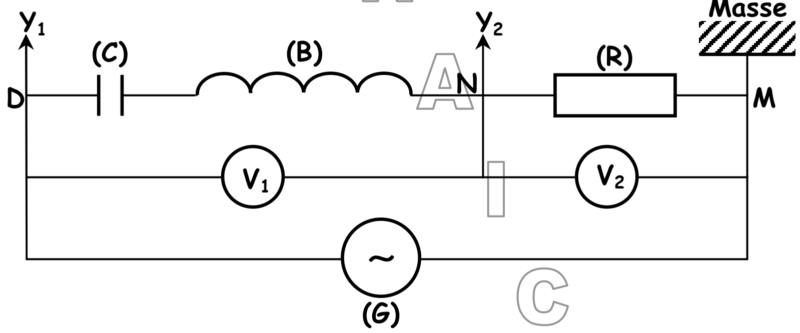


Figure-1

Lorsqu'on ajuste la fréquence f à la valeur 50 Hz , un oscillographe bicourbe à deux entrées Y_1 et Y_2 convenablement branché sur le circuit électrique (figure-2) fournit deux oscillogrammes (S) et (S') représentés sur la figure-2 .

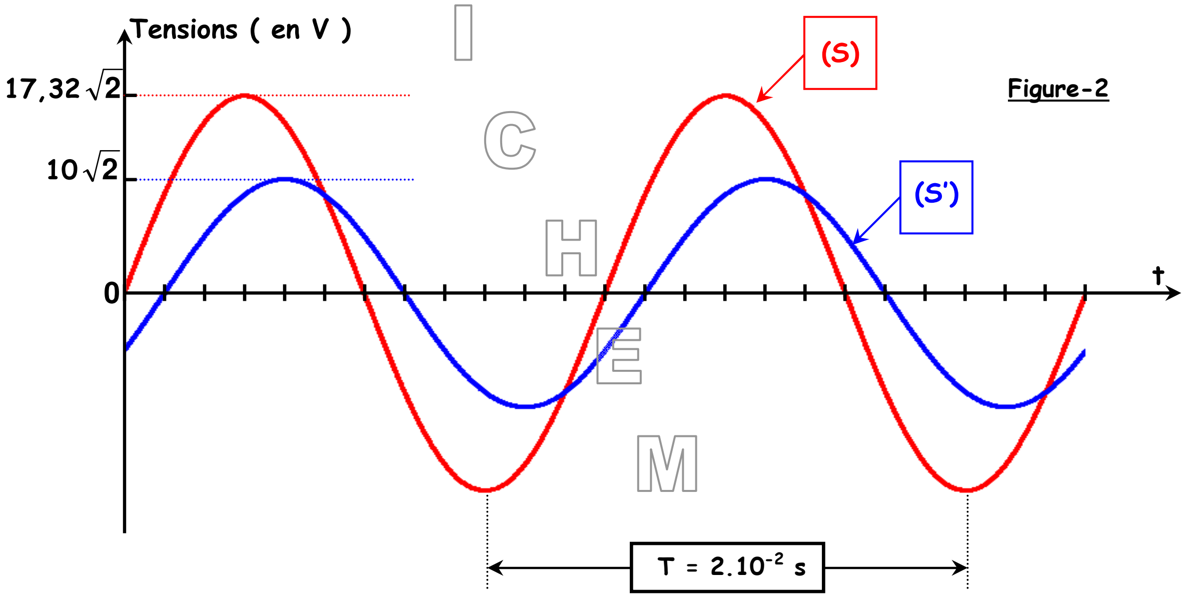


Figure-2

1°) En utilisant les oscillogrammes de la figure-2 :

a) Montrer que l'oscillogramme (S) correspond à la tension u(t) .
A quoi correspond l'oscillogramme (S') ?
Quelle grandeur électrique , autre que la tension , peut être déterminée à partir de l'oscillogramme (S') ?

b) Déterminer le déphasage $\Delta\varphi = (\varphi_u - \varphi_i)$ de la tension u(t) par rapport au courant $i(t) = I_e\sqrt{2}\sin(2\pi ft + \varphi_i)$ qui parcourt le circuit électrique alimenté par le générateur (G) .
Déduire si ce circuit électrique est inductif, capacitif ou résistif .

c) Préciser la valeur de l'amplitude et de la phase de u(t) et de i(t) .

2°) L'équation reliant i(t), sa dérivée première $\frac{di(t)}{dt}$ et sa primitive $\int i(t)dt$ est :

$$Ri(t) + ri(t) + L\frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C}\int i(t)dt = u(t).$$

Nous avons tracé deux constructions de Fresnel incomplètes (figure-3-a et figure-3-b) .

Echelle : 1,5 cm $\longleftrightarrow$ $5\sqrt{2}$ V

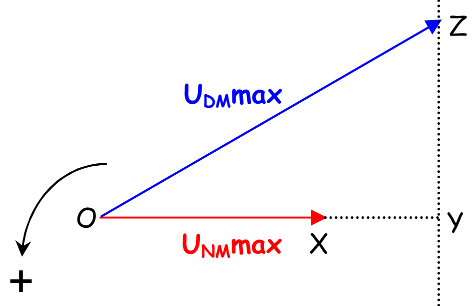


Figure-3-a

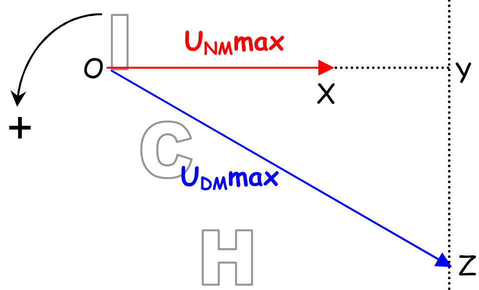


Figure-3-b

SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

a) Montrer , en le justifiant , laquelle parmi ces deux constructions celle qui correspond à l'équation décrivant le circuit .

b) Compléter la construction de Fresnel choisie en traçant , dans l'ordre suivant et selon l'échelle indiquée , les vecteurs de Fresnel représentant ri(t) , $\frac{1}{C}\int i(t)dt$ et $L\frac{di(t)}{dt}$.

c) En déduire la valeur de r et L . Déterminer la tension instantanée $u_{DN}(t)$.

3°) a) Donner l'expression de l'amplitude I_{max} de l'intensité instantanée du courant électrique en fonction de U_{DMmax} , R , r , L , C et f . En déduire l'expression de l'amplitude Q_{max} de la charge instantanée du condensateur en fonction des mêmes données .

b) Donner un équivalent mécanique du circuit électrique de la figure -1 en précisant les analogies utilisées .

c) Etablir , à l'aide de l'analogie électrique - mécanique , l'expression de l'amplitude $X_{max}(f)$ des oscillations mécaniques forcées . Tracer l'allure des variations de $X_{max}(f)$ en fonction de la fréquence f ; on notera , approximativement sur le tracé , la position de la fréquence f_r correspondant à la résonance d'amplitude par rapport à la fréquence propre f_0 de l'oscillateur . Quel est l'effet d'une augmentation des frottements sur l'allure de cette courbe?

Rép. Num. :1°) a) $\sqrt{(R+r)^2+(L\omega-\frac{1}{C\omega})^2}>R \Rightarrow U_{DMmax}>U_{NMmax}$; (S'):$u_{NM}(t)\rightarrow i(t)$; **b)** $\Delta\varphi=+\frac{\pi}{6}$ rad $\Rightarrow$ circuit inductif ;

c) $u(t)=17,32\sqrt{2}\sin(100\pi t)$ (v) ; $i(t)=0,125\sqrt{2}(100\pi t-\frac{\pi}{6})$ (A) ; **2°) a)** Fig-3-a (circuit inductif) ;

b) $\frac{I_e\sqrt{2}}{C\omega}\approx 34,6\sqrt{2}$ V$\rightarrow$10,4cm ; $L\omega I_e\sqrt{2}=43,3\sqrt{2}$ V$\rightarrow$13cm ; r=40Ω ; L=1,1H ;

$u_{DN}(t)=10\sqrt{2}\sin(100\pi t+\frac{\pi}{6})$ (v) ; **3°) a)** $I_{max}=\frac{u_{DM_{max}}}{\sqrt{(R+r)^2+(2\pi fL-\frac{1}{2\pi fC})^2}}\Rightarrow$

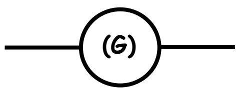
$Q_{max}=\frac{u_{DM_{max}}}{\sqrt{[(R+r)2\pi f]^2+[L(2\pi f)^2-\frac{1}{C}]^2}}$; **b)** Pendule élastique avec frottement en régime sinusoïdal forcé ; $L\leftrightarrow m$; $C\leftrightarrow\frac{1}{k}$; $u(t)\leftrightarrow F(t)$; $R+r\leftrightarrow h$; $X_{max}(f)=\frac{F_{max}}{\sqrt{(2\pi fh)^2+[m(2\pi fh)^2-k]^2}}$;

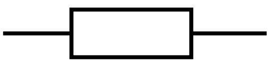
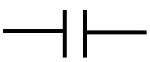
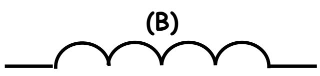
c) Si h ↗ , le pic diminue et f_r est décalée à gauche par rapport à f_0 .

EXERCICE 4 (Contrôle 99 ancien régime)

Au cours d'une séance de travaux pratiques , on dispose du matériel suivant :

- Un oscilloscope bicourbe .
- Un générateur basse fréquence (G) pouvant délivrer une tension sinusoïdale $u(t) = 9.\sin(2\pi ft)$ de fréquence f réglable ; u(t) étant exprimée en volts .



- Un résistor de résistance R : 
- Un condensateur de capacité $C = 10^{-6}$ F 
- Une bobine (B) d'inductance L et de résistance propre r : 

- Des fils de connexion .

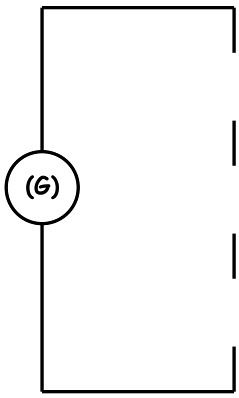
Hichem.Benaich@edunet.tn Proposée par Benaich Hichem

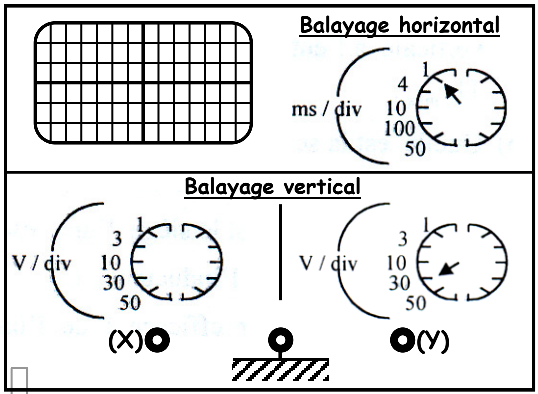
SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

1°) Dans cette page, à remplir par le candidat et à remettre avec la copie, est schématisé un circuit électrique incomplet (figure -1-). Placer convenablement la bobine (B), le condensateur et le résistor, et effectuer les connexions nécessaires avec l'oscilloscope afin :
- d'obtenir un circuit série alimenté par le générateur basse fréquence (G),
- de voir simultanément sur l'écran de l'oscilloscope la tension u(t) à l'entrée (X) et la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur à l'entrée (Y).

Figure-1-





2°) L'oscillogramme apparu sur l'écran de l'oscilloscope et correspondant à u(t) et à $u_C(t)$ est donné dans la figure -2-. Il est agrandi afin de pouvoir l'exploiter convenablement.
Remarque : Pour le balayage horizontal et le balayage vertical, la division est la même et correspond au côté d'un carré tracé sur l'écran.

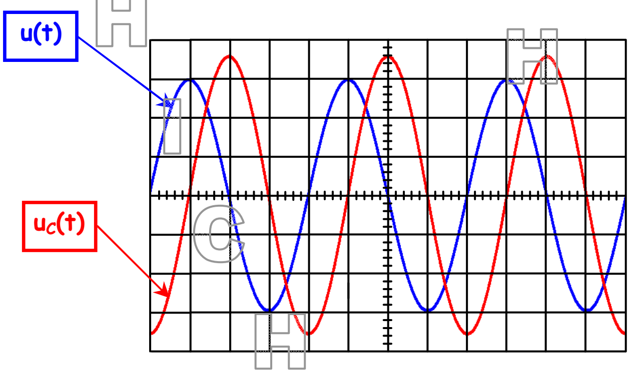


Figure-2-

a) En tenant compte du choix de la sensibilité horizontale et de la sensibilité verticale à l'entrée (Y) (voir figure-1-), déterminer la valeur de f et celle de U_{Cmax}.

b) Quelle est la sensibilité verticale utilisée à l'entrée (X) ? Le choix adopté sera marqué par une flèche à l'endroit qui convient sur la page précédente, à remplir par le candidat et à remettre avec la copie.

3°) **a)** Montrer que le circuit est le siège d'une résonance d'intensité de courant.

b) Déterminer la valeur de l'inductance L.

c) Montrer que la valeur efficace du courant électrique s'écrit : $I = \pi\sqrt{2}\,.f.C.U_{Cmax}$.

d) Déterminer la valeur de la résistance totale (R + r) du circuit électrique.

Rép. Num. : **2°) a)** $f=\frac{1}{T}=250Hz$; $U_{Cmax}=108V$; **b)** $U_{max}=9V \Rightarrow s=3V/div.$; **3°) a)** $\varphi_u - \varphi_{u_C} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi_u - \varphi_i = 0$;

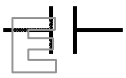
b) $L=\frac{1}{4\pi^2 f_0^2 C}=0{,}405H$; **c)** $I=\sqrt{2}\,.\pi.f_0.\,U_{Cmax}=0{,}12A$; **d)** $R+r=\frac{U_{max}}{\sqrt{2}I}=53\Omega$.

SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

EXERCICE 5 (Contrôle 2000 ancien régime)

Un oscillateur électrique est constitué des dipôles suivants associés en série :

- Un résistor de résistance R 
- Une bobine d'inductance L et de résistance négligeable 
- Un condensateur de capacité C 

Un générateur basse fréquence impose aux bornes de ce circuit une tension sinusoïdale $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt)$ de fréquence N variable et d'amplitude U_m maintenue constante.
Soit $u_c(t)$ la tension aux bornes du condensateur. Un oscilloscope convenablement branché permet de visualiser simultanément les tensions $u(t)$ et $u_c(t)$.

1°) Compléter le schéma du montage représenté par la figure -1- (à remplir par le candidat et à remettre avec la copie) en ajoutant les connexions nécessaires avec l'oscilloscope afin de visualiser $u(t)$ et $u_c(t)$.

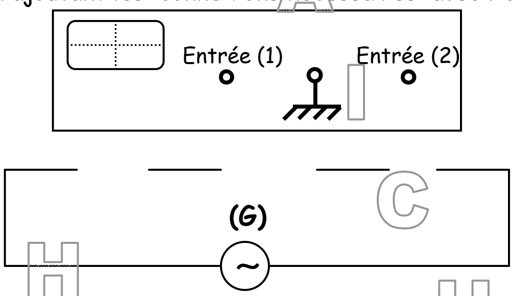


Fig. 1

2°) Pour une fréquence N_1, l'ampèremètre indique un courant d'intensité efficace de valeur $\sqrt{2}\,10^{-2}$A et, sur l'écran de l'oscilloscope, on observe les oscillogrammes de la figure -2- correspondant aux tensions $u(t)$ et $u_C(t)$.

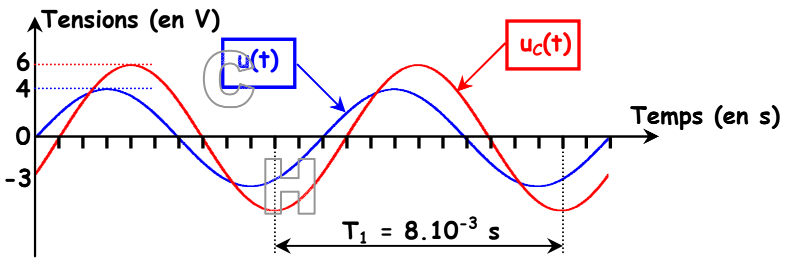


Fig. 2

a) Déterminer, à partir des oscillogrammes de la figure -2-, la fréquence N_1, l'amplitude U_m de la tension $u(t)$, l'amplitude U_{Cm} de la tension $u_C(t)$ et le déphasage de $u_C(t)$ par rapport à $u(t)$.
En déduire la valeur de la capacité de C.

b) Montrer que la tension $u(t)$ est retard de $\frac{\pi}{3}$ par rapport au courant $i(t)$.

Le circuit est-il inductif, capacitif ou équivalent à une résistance pure ?

3°) Effectuer la construction de Fresnel relative à ce circuit en prenant pour échelle :
1cm ↔ 1volt.
En déduire la valeur de R et celle de L.

Rép. Num.: 1°) Le condensateur et le générateur doivent avoir une borne commue ; 2°) a) N_1=125Hz ; U_m=4V ; U_{Cm}=6V ;

$\varphi_{u_C} - \varphi_u = -\frac{\pi}{6}$ rad ; $C = \frac{I\sqrt{2}}{2\pi N_1 U_{Cm}}$ =4,2µF ; $\varphi_u - \varphi_i = -\frac{\pi}{3}$ <0⇒circuit capacitif ; 3°) R=100Ω ; L=0,16H .

SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

EXERCICE 6 (Bac 2001 ancien régime)

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, alimente un circuit électrique comportant les dipôles suivants, montés en série :

- un condensateur de capacité C ,
- une bobine d'inductance L et de résistance propre négligeable ,
- un résistor de résistance R ,
- un milliampèremètre (mA) ,
- un interrupteur (K) .

1°) Indiquer, sur la figure -1- à remplir par le candidat et à remettre avec la copie, les connexions à établir entre le circuit électrique et l'oscilloscope bicourbe afin de visualiser u(t) et la tension instantanée $u_C(t)$ aux bornes du condensateur .

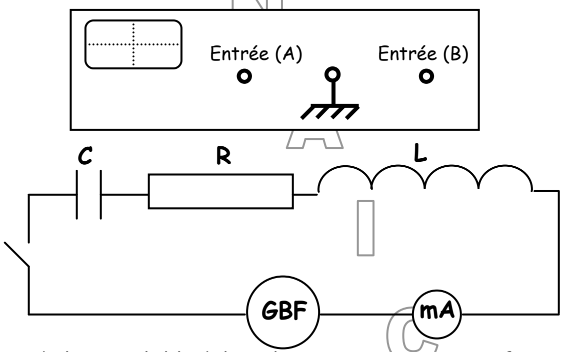


Figure -1-

2°) La fréquence du (GBF) étant réglée à la valeur N = 100 Hz , on ferme (K) .
L'oscillogramme donné dans la figure -2 - apparaît sur l'écran de l'oscilloscope .

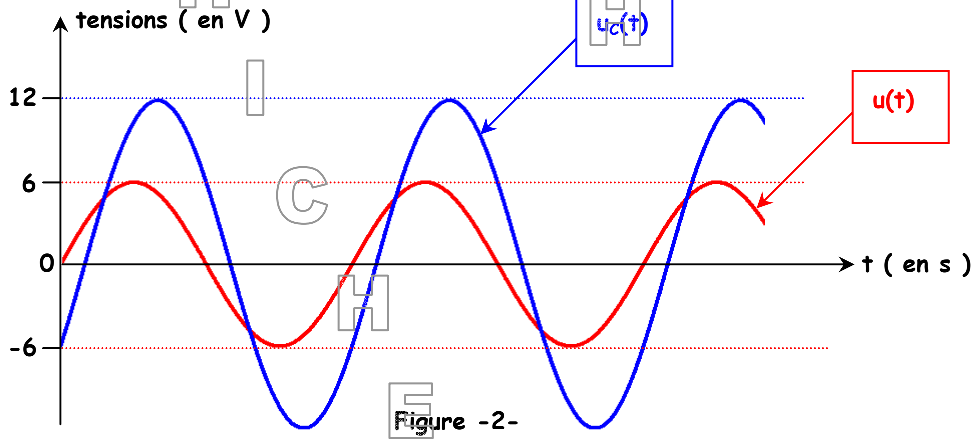


Figure -2-

a) Montrer que la tension u(t) est en avance de $\left(\frac{\pi}{6}\right)$ par rapport à la tension instantanée $u_C(t)$ aux bornes du condensateur .

b) Ecrire $u_C(t)$ en précisant les valeurs de l'amplitude et de la phase .

3°) L'équation différentielle correspondant aux oscillations électriques forcées est :

$$L\frac{d^2q}{dt^2} + R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = u(t) .$$

q = q(t) étant la charge instantanée du condensateur.

a) Déterminer l'amplitude Q_m de q(t) en fonction de l'amplitude I_m de l'intensité du courant et de la fréquence N .
Calculer la valeur de Q_m sachant que la valeur de l'intensité efficace indiquée par le milliampèremètre est 50 mA .

b) Faire la construction de Fresnel relative aux tensions maximales sur la page ci-dessous à remplir par le candidat et à remettre avec la copie .
On prendra comme échelle : 1 cm $\leftrightarrow$ 1 volt .

Construction de Fresnel

Axe origine des phases

4°) Déterminer les valeurs de C , R , et L .

Rép. Num. : **1°)** $\tau \approx \frac{T}{12} \Rightarrow \varphi_U - \varphi_{U_C} = 2\pi\frac{\tau}{T} = +\frac{\pi}{6}$ rad ; **b)** $u_C(t) = 12\sin(200\pi t - \frac{\pi}{6})$ (V) ; **3°) a)** $Q_m = \frac{I\sqrt{2}}{2\pi N} = 1{,}125.10^{-4}$C ;

4°) $R = \frac{U_{R_m}}{I_m} = 42{,}4\Omega$; $C = \frac{I\sqrt{2}}{2\pi N U_{C_m}} = 9{,}38.10^{-6}$F ; $\cos(\varphi_U - \varphi_{U_C}) = \frac{U_{C_m} - L\omega I_m}{U_m} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow L = 0{,}153$H .

EXERCICE 7 (Contrôle 2002 ancien régime)

Une portion de circuit est formée par une bobine d'inductance L et de résistance r , un condensateur de capacité C et un résistor de résistance R = 130 Ω montés en série . Un générateur basse fréquence (GBF) 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. Cette description correspond au schéma de la figure -1 - .

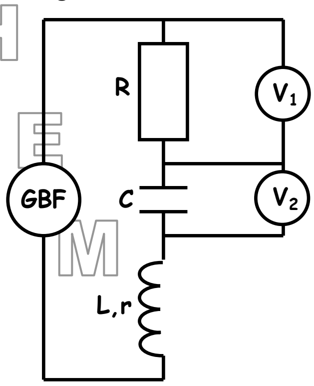


Figure -1-

Hichem.Benaich@edunet.tn *Proposée par Benaich Hichem*

SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

1°) On fait varier la fréquence N du générateur . A l'aide de deux voltmètres (V_1) et (V_2) , branchés respectivement aux bornes du résistor R et du condensateur , on mesure les tensions efficaces U_R et U_C . Les résultats des mesures permettent de tracer les courbes $U_C(N)$ et $U_R(N)$ correspondant aux diagrammes de la figure -2 - .

L'échelle choisie pour l'axe des fréquences est la même pour les deux courbes . Par contre , les échelles choisies pour les deux tensions sont différentes .

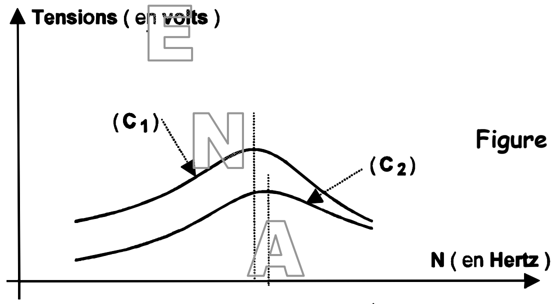


Figure -2-

Les deux courbes mettent en évidence deux phénomènes de résonance . Montrer que la courbe (C_2) correspond à la résonance d'intensité du courant , et la courbe (C_1) correspond à la résonance de charge .

2°) La fréquence N du générateur est ajustée à la valeur N_0 = 891 Hz correspondant à la résonance d'intensité .

On lit 9,1 V sur (V_1) et 125 V sur (V_2) .

a) Calculer la valeur I_0 de l'intensité efficace du courant électrique .

b) Etablir que $r = \left(\frac{U}{U_R} - 1\right).R$. Calculer sa valeur .

Déterminer la valeur de C puis celle de L .

c) Déterminer l'expression de la charge électrique instantanée q(t) du condensateur C en précisant sa valeur maximale Q_m et sa phase initiale φ_q .

Rép. Num. : **1°)** $(N_R)_i = N_0$ et $(N_R)_q < N_0 \Rightarrow (C_2) \rightarrow$ rés. d'intensité ; $(C_1) \rightarrow$ rés. de charge . **2°) a)** $\frac{U}{U_R} = \frac{(R+r)I_0}{RI_0} = \frac{R+r}{R} \Rightarrow$

$r = \left(\frac{U}{U_R} - 1\right).R = 10\Omega$; $C = \frac{I_0}{2\pi N_0 U_C} = 0{,}1\mu F$; $L = \frac{1}{C(2\pi N_0)^2} = 0{,}32H$; $q(t) = \frac{I_0\sqrt{2}}{2\pi N_0}\sin(2\pi N_0 t + \frac{3\pi}{2})$

soit $q(t) = 1{,}25.10^{-5}\sqrt{2}\sin(1782\pi t - \frac{\pi}{2})$ (C) .

EXERCICE 8 (Bac 2003 ancien régime)

Le circuit de la figure -1- à remplir par le candidat et à remettre avec la copie comporte :

- un résistor de résistance R = 24 Ω ,
- un condensateur de capacité C ,
- une bobine d'inductance L = 0,8 H et de résistance interne r .

L'ensemble est alimenté par un générateur basse fréquence (G.B.F.) délivrant une tension sinusoïdale $u(t) = U_m.\sin(2\pi.N.t)$ telle que U_m est constante et égale à 10 V et la fréquence N est réglable .

L'intensité instantanée du courant électrique est $i(t) = I\sqrt{2}\sin(2\pi.N.t + \varphi_i)$.

Hichem.Benaich@edunet.tn
Proposée par Benaich Hichem

SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

1°) Un oscilloscope bicourbe permet de visualiser sur la voie (Y_1) la tension u(t) et sur la voie (Y_2) la tension $u_R(t)$ aux bornes du résistor .
Indiquer , sur la figure -1- à remplir par le candidat et à remettre avec la copie , les connexions nécessaires .

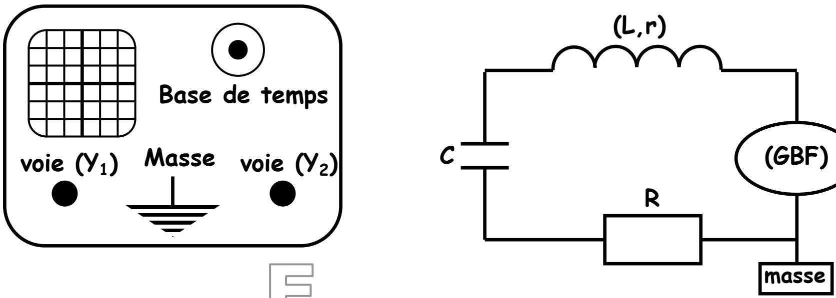


Figure -1-

2°) Quand la fréquence N est ajustée à la valeur 202 Hz , sur l'écran de l'oscilloscope on observe les deux courbes (1) et (2) de la figure -2- .

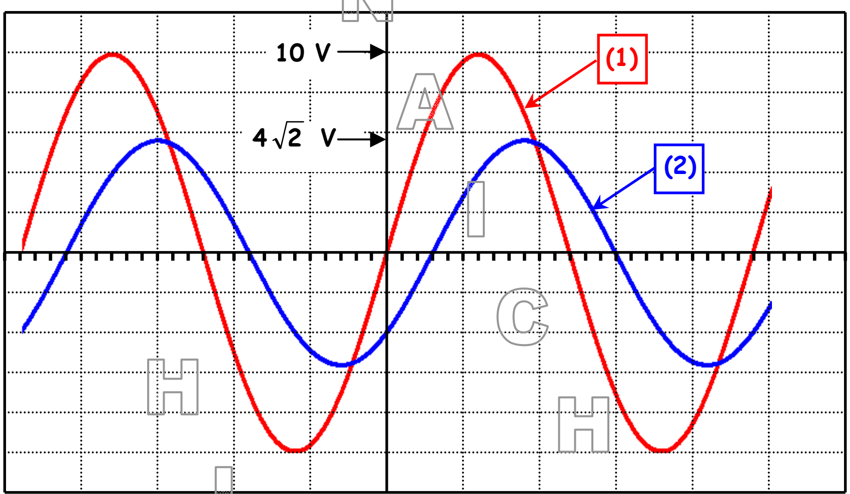


Figure -2-

a) Montrer que la courbe (1) correspond à u(t) et en déduire si le circuit est inductif , capacitif ou équivalent à une résistance pure .
b) Déterminer les valeurs de I et de φ_i .

3°) L'équation différentielle reliant i(t) , sa dérivée première $\frac{di(t)}{dt}$ et sa primitive $\int i(t)dt$ s'écrit :

$$Ri(t) + ri(t) + L\frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C}\int i(t)dt = u(t) .$$

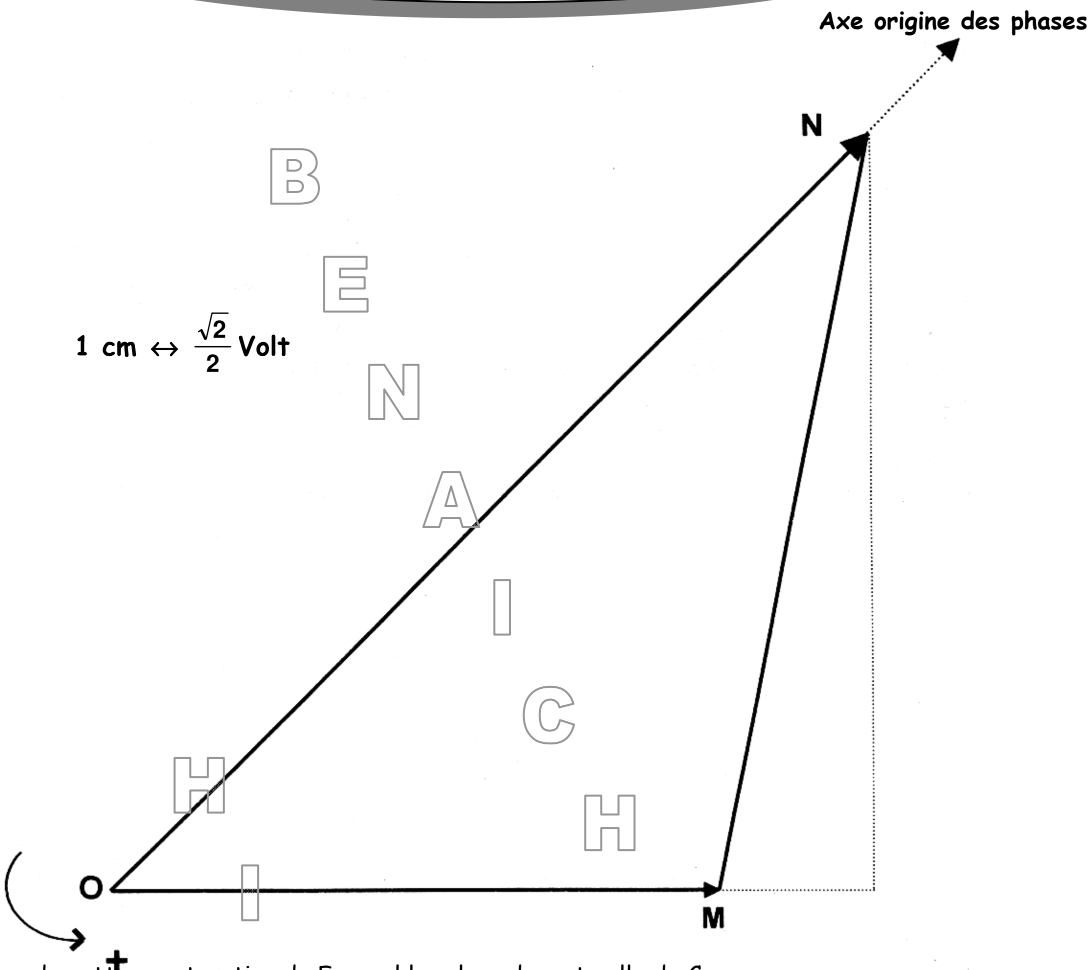
La construction de Fresnel correspondant à la fréquence N = 202 Hz est donnée par la figure -3 - où l'échelle adoptée est : 1 cm ↔ $\frac{\sqrt{2}}{2}$ Volt .

Dans cette figure :

- le vecteur $\overrightarrow{ON}$ est associé à la tension u(t) .
- le vecteur $\overrightarrow{OM}$ est associé à la tension $u_R(t)$.
- le vecteur $\overrightarrow{MN}$ est associé à la tension aux bornes de l'ensemble { bobine, condensateur } .

SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES



Déduire de cette construction de Fresnel la valeur de r et celle de C.

4°) On agit sur la fréquence N du (G.B.F.) tout en gardant U_m constante, de manière à rendre les deux courbes correspondant aux tensions u(t) et U_R(t) en phases .

a) Quel est le phénomène observé ?

b) Préciser , en le justifiant , si l'on doit augmenter la valeur de N ou la diminuer pour atteindre cet objectif .

Rép. Num. : **2°) a)** $\sqrt{(R+r)^2+(L\omega-\frac{1}{C\omega})^2} > R \Rightarrow U_m > U_{Rmax}$; **b)** $I=\frac{U_{R_m}}{\sqrt{2}R}$ =0,166A ; $\varphi_i=-\frac{\pi}{4}$ rad ;

3°) $r=\frac{\sqrt{2}}{I_m}$ =6Ω ; $X=L\omega-\frac{1}{C\omega}$ =30Ω et $C=\frac{1}{2\pi N(2\pi NL - X)}$ =0,8µF ; **4°) a)** Rés. d'intensité ; **b)** On diminue N .

EXERCICE 9 (Bac 2006 ancien régime)

On monte en série , un résistor de résistance R , une bobine d'inductance L et de résistance r = 20 Ω , un condensateur de capacité C = 5 µF et un ampèremètre de résistance négligeable .

Aux bornes de la portion de circuit réalisé (figure -1-) , on applique une tension alternative sinusoïdale $u_1(t)$ de fréquence N variable , d'amplitude U_m maintenue constante et d'expression en fonction du temps t : $u_1(t) = U_1m.\sin(2\pi Nt)$.

soit $u_2(t)$ la tension instantanée aux bornes du dipôle formé par l'ensemble { bobine , condensateur } .

Un oscilloscope bicourbe , convenablement branché , permet de visualiser simultanément les tensions instantanées $u_1(t)$ et $u_2(t)$.

SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

1°) Indiquer les connexions à réaliser avec l'oscilloscope, pour visualiser $u_1(t)$ et $u_2(t)$, en complétant le schéma de la figure -1- « à remplier par le candidat et à remettre avec la copie ».

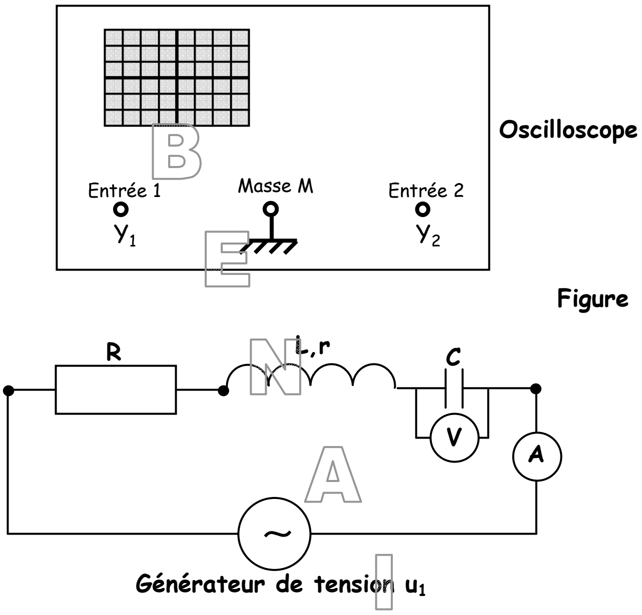


Figure -1-

2°) Pour une valeur N_1 de la fréquence du générateur, on obtient les deux oscillogrammes de la figure -2-.
Déduire à partir de ces oscillogrammes, les valeurs de :

a) La fréquence N_1 du générateur.

b) La tension maximale U_{1m} aux bornes du générateur.

c) La tension maximale U_{2m} aux bornes du dipôle { bobine, condensateur }.

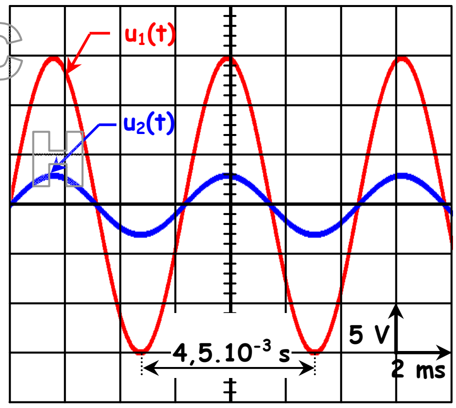


Figure -2-

3°) A la fréquence N_1, l'ampèremètre indique la valeur efficace $I = \frac{0,15}{\sqrt{2}}$ A.

a) Sachant que I_m est l'intensité maximale du courant qui circule dans le circuit, calculer la valeur $r.I_m$ et la comparer à celle de U_{2m}.

b) Montrer qu'on est à la résonance d'intensité.

c) Calculer la valeur U_{cm} de la tension aux bornes du condensateur et la comparer à la valeur maximale U_{1m} de la tension d'alimentation. Nommer le phénomène ainsi obtenu.

4°) On fait diminuer la fréquence du générateur à partir de la fréquence N_1 et on suit l'évolution de la valeur efficace U_C de la tension aux bornes du condensateur à l'aide d'un voltmètre (figure -1-). Pour une fréquence N_2, le voltmètre indique la valeur de U_C la plus élevée : $U_C = 16$ V et l'ampèremètre affiche $I = 96$ mA.

a) Déterminer la valeur de N_2.

b) Monter que la fréquence N_2 correspond à une résonance de charge.

c) Par analogie avec la résonance d'élongation d'un oscillateur mécanique, déterminer la valeur théorique de la fréquence N_2 correspondant à la résonance de charge et la comparer à sa valeur expérimentale calculée en 4°) a). On rappelle que pour un pendule élastique, en régime sinusoïdal forcé, la résonance d'élongation se produit à la fréquence N_r telle que : $N_r^2 = \frac{1}{4\pi^2 m}\left(k - \frac{h^2}{2m}\right)$

où m : masse du corps accroché au ressort

k : constante de raideur du ressort

h : coefficient de frottement

Rép. Num. : **2°) a)** $N_1 = \frac{1}{T_1} = 222{,}22Hz$; **b)** $U_{1m} = 15V$; **c)** $U_{2m} = 3V$; **3°) a)** $r.I_m = 3V = U_{2m}$;

b) $rI_m = U_{2m} \Rightarrow r.I_m = \sqrt{r^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}\; I_m \Rightarrow L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0 \Rightarrow$ rés. d'intensité ;

c) $U_{Cm} = \frac{1}{C\omega_2}\sqrt{2}\, I = 21{,}48V$; $U_{Cm} > U_{1m}$: surtension ; **4°) a)** $N_2 = \frac{I_2}{2\pi N_2 C} = 191Hz$;

b) $U_C = \frac{Q_m}{\sqrt{2}C}$, donc, si U_C est max., Q_m est max. : rés. de charge ;

c) $N_2^2 = \frac{1}{4\pi^2 L}\left[\frac{1}{C} - \frac{(R+r)^2}{2L}\right]$ soit $N_{2\,(théorique)} = 191{,}6$ Hz $\approx N_{2\,(expérimentale)}$.

EXERCICE 10 (Contrôle 2007 ancien régime)

Le circuit électrique schématisé sur la figure 1 comporte les éléments suivants :

- Un générateur basses fréquences (G.B.F.) délivrant une tension u(t) de fréquence N variable et d'amplitude U_m constante ,
- Un condensateur de capacité C ,
- Une bobine d'inductance L et de résistance interne r ,
- Un résistor de résistance R_0 ,
- Un ampèremètre de résistance interne négligeable .

On se propose d'étudier la réponse de l'oscillateur ($R = R_0 + r$, L , C) , pour différentes valeurs de N .

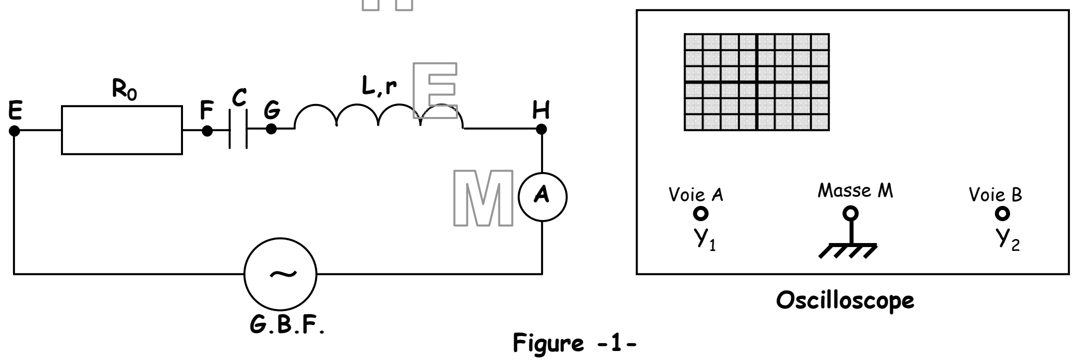


Figure -1-

I- Expérience 1 :

Pour une valeur N_1 de la fréquence , un oscilloscope bicourbe , convenablement branché , permet de visualiser simultanément les courbes u(t) et $u_{R0}(t)$, respectivement aux bornes du G.B.F. et aux bornes du résistor R_0 ; on obtient les oscillogrammes de la figure 2 .

Les sensibilités verticale et horizontale , pour le s deux voies A et B utilisées , sont respectivement : 2V / div et 1 ms / div .

1°) a) Montrer que la courbe ($\mathcal{C}_1$) visualisée sur la voie A de l'oscilloscope correspond à la tension u(t) aux bornes du G.B.F. .

SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

b) Lequel des points E , F , G ou H de la figure 1 , est relié à la voie A de l'oscilloscope ? justifier la réponse .

2°) En exploitant l'oscillogramme de la figure 2 :

a) Déterminer le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_{u(t)} - \varphi_{u_{R0}(t)}$ et justifier son signe , sachant que $\varphi_{u(t)}$ est la phase initiale (à t = 0) de u(t) et $\varphi_{u_{R0}(t)}$ est la phase initiale de $u_{R0}(t)$.

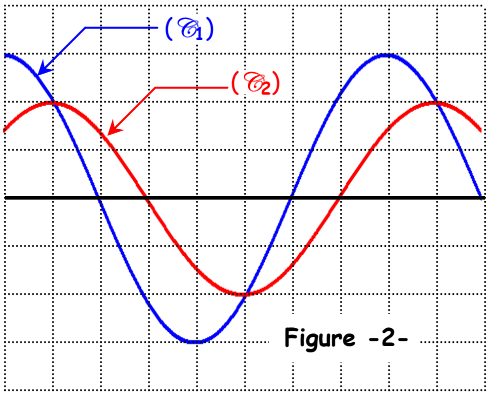


Figure -2-

b) Sachant que $u(t) = U_m.\sin(2\pi N_1.t)$, recopier puis compléter le tableau suivant , en précisant les valeurs des grandeurs physiques :

	Valeur maximale	Phase initiale	Fréquence N_1
u(t)			
$u_{R0}(t)$			

c) Quelle est l'indication de l'ampèremètre , sachant que l'impédance du circuit Z = 90 Ω .

d) Calculer la valeur de la résistance R_0 .

On rappelle que l'impédance $Z = \sqrt{(R_0 + r)^2 + (L\omega_1 - \frac{1}{C\omega_1})^2}$.

II- Expérience 2 :

On fait varier la fréquence N .

Pour une valeur N_2 de cette fréquence , les oscillogrammes obtenus sont représentés sue la figure 3 .

La sensibilité horizontale des oscillogrammes est 2 ms / div.

La sensibilité verticale est 2 V / div pour la voie A qui visualise u(t) et 5 V / div pour la voie B qui visualise $u_{R0}(t)$.

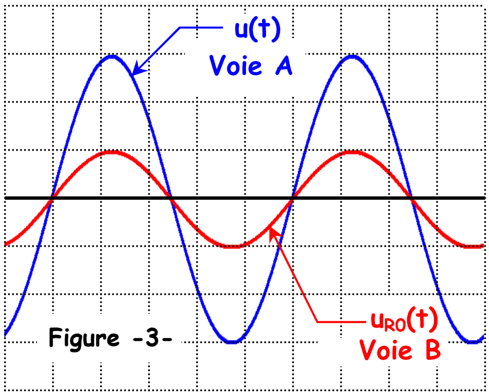


Figure -3-

1°) Justifier le fait que l'oscillateur est en état de résonance d'intensité .

2°) La valeur de R_0 étant R_0 = 60 Ω , quelle est la nouvelle indication de l'ampèremètre ?

3°) Montrer que la valeur de la résistance r de la bobine est environ 12 Ω .

4°) Sachant que L = 1H , calculer la valeur de la capacité C du condensateur .

Rép. Num. : **I/1°) a)** $U_{R0m} < U_m$; **b)** Point H ; **2°) a)** $\Delta\varphi = \frac{\pi}{4}$ rad ; **b)** U_m=6V ; U_{R0m}=4V ; $\varphi_{u(t)} = 0$; $\varphi_{u_{R0}(t)} = -\frac{\pi}{4}$ rad ;

N_1=125Hz ; **c)** $I = \frac{U_m}{\sqrt{2}Z}$ =4,71.10^{-2}A ; $R_0 = \frac{U_{R_0m}}{\sqrt{2}I}$ =60Ω ;

II/1°) u(t) et $u_{R0}(t)$ en phase ⇒ u(t) et i(t) en phase ⇒ rés. d'intensité ; **2°)** $I = \frac{U_{R_0m}}{\sqrt{2}R_0}$ =5,89.10^{-2}A ;

3°) $r = \frac{U_m}{\sqrt{2}I} - R_0$ =12Ω ; **4°)** $C = \frac{1}{4\pi^2 N_0^2 L}$ =2,53.10^{-6}F .

SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

EXERCICE 11 (Bac 2008 ancien régime)

Un générateur d'alimentation " basse fréquence " (G.B.F.) , délivrant une tension sinusoïdale u(t) d'expression $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt + \frac{\pi}{2})$, d'amplitude U_m constante et de fréquence N variable , alimente une portion de circuit électrique qui comporte , en série , un condensateur de capacité $C = 6.10^{-6}$ F , une bobine d'inductance L et de résistance r , un résistor de résistance R = 100 Ω et un ampèremètre de résistance négligeable .

A l'aide d'un oscilloscope bicourbe , on visualise simultanément les tensions u(t) aux bornes du (G.B.F.) et $u_R(t)$ aux bornes du résistor R tel que $u_R(t) = U_{Rm}\sin(2\pi Nt + \varphi)$ et on obtient les courbes de la figure 1 .

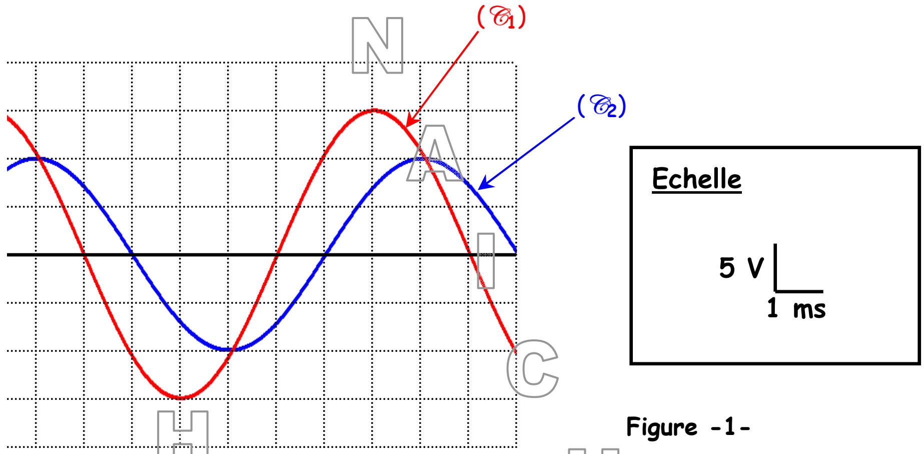


Figure -1-

1°) Indiquer , sur la figure 2 , « à remplir par le candidat et à remettre avec la copie » , les connexions nécessaires à établir entre l'oscilloscope et le circuit pour visualiser simultanément u(t) sur la voie Y_A et $u_R(t)$ sur la voie Y_B .

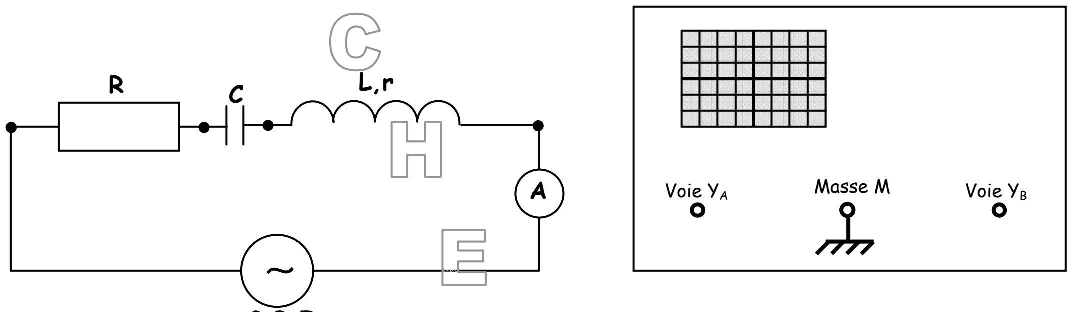


Figure -2-

2°) Les sensibilités verticales sont les mêmes sur les voies Y_A et Y_B de l'oscilloscope .

a) Montrer que la courbe ($\mathscr{C}_1$) de l'oscillogramme de la figure 1 correspond à la tension u(t) .

b) Justifier que la courbe ($\mathscr{C}_2$) permet l'étude de la variation de l'intensité du courant i(t) dans le circuit au cours du temps .

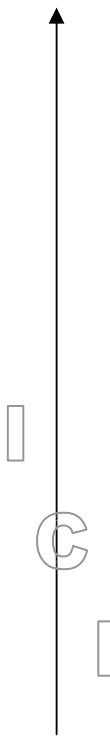
3°) En exploitant la figure 1 , déterminer :

a) La fréquence N et les valeurs des tensions maximales U_m et U_{Rm} .

b) Le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_i - \varphi_u$; sachant que φ_i et φ_u sont respectivement les phases initiales (à l'instant t = 0) de l'intensité i(t) et de la tension u(t) . Justifier le signe de $\Delta\varphi$.

4°) Déterminer l'expression de l'intensité du courant i(t) qui circule dans le circuit en fonction du temps en précisant les valeurs de l'amplitude I_m , de la pulsation ω et de la phase initiale φ_i .

5°) a) Compléter, à l'échelle, la construction de Fresnel de la figure 3 « à remplir par le candidat et à remettre avec la copie », en représentant dans l'ordre, les deux vecteurs de Fresnel correspondant aux tensions $u_C(t)$ (de module $\frac{1}{C\omega}I_m$) et $u_L(t)$ (de module $L\omega.I_m$).



b) En exploitant la construction de Fresnel, montrer que ce circuit est inductif.

c) Déduire la valeur de la résistance r de la bobine et celle de son inductance L.

Rép. Num. : **2°) a)** $U_{Rm}<U_m$; **b)** $u_R(t)=R.i(t) \Rightarrow u_R(t)$ et i(t) proportionnelles ; **3°) a)** N=125Hz ; $\Delta\varphi=-\frac{\pi}{4}$ rad ;

b) i(t) en retard de phase par rapport à u(t) $\Rightarrow \varphi_i-\varphi_u<0$; **4°)** $i(t)=0,1.\sin(250\pi t+\frac{\pi}{4})$ (A) ;

5°) a) $U_{Cm}=21,23V \rightarrow 6,36cm$; U_{Lm} : 9,6cm $\Rightarrow U_{Lm}=32V$;

b) i(t) en retard de phase par rapport à u(t) $\Rightarrow$ circuit inductif ; **c)** $r=6\Omega$; L=0,4H (0,39→0,41) ;

EXERCICE 12 (Contrôle 2008 section informatique)

On associe en série, un conducteur ohmique de résistance R = 200 Ω, un condensateur de capacité C et une bobine d'inductance L et de résistance négligeable. L'ensemble est alimenté par un générateur basses fréquences (G.B.F.) délivrant à ses bornes une tension alternative sinusoïdale $u(t) = U_m.\sin(2\pi Nt)$, d'amplitude U_m constante et de fréquence N réglable (figure 1).

A l'aide d'un oscilloscope bicourbe, convenablement branché, on visualise simultanément les variations en fonction du temps, les tensions u(t) aux bornes du générateur et $u_L(t)$ aux bornes de la bobine.

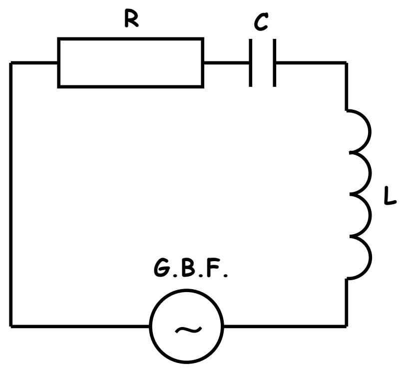


Figure -1-

1°) Reproduire la figure 1 et indiquer les connexions effectuées à l'oscilloscope.

SERIE DE PHYSIQUE N° 4

OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

2°) Pour une fréquence N_1, de la fréquence N de la tension délivrée par le G.B.F. , on obtient les oscillogrammes de la figure 2 , avec les réglages suivants :
- La sensibilité verticale est la même pour les deux voies : 2 $V.div^{-1}$.
- Le balayage horizontal est : 1 $ms.div^{-1}$.

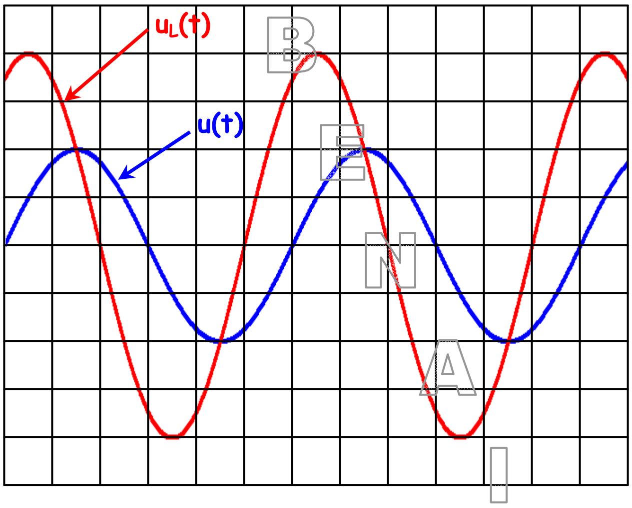


Figure -2-

Déterminer graphiquement :

a) La fréquence N_1 de la tension u(t) .

b) Les tensions maximales U_m de u(t) et U_{Lm} de $u_L(t)$.

c) Le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_{u_L}$.

3°) a) Montrer que l'intensité i(t) du courant dans le circuit est en retard de $\frac{\pi}{6}$ rad par rapport à la tension excitatrice u(t) .

b) Préciser , en justifiant la réponse , la nature du circuit : inductif , capacitif ou résistif .

4°) A partir de la fréquence N_1, on fait varier la fréquence N de la tension u(t) . Pour une valeur N_2 de N , la tension $u_L(t)$ devient en quadrature avance de phase par rapport à u(t) . Un voltmètre , branché aux bornes de la bobine , indique une tension U_L = 15 V .

a) Montrer que le circuit est le siège d'une résonance d'intensité .

b) Calculer la valeur de l'intensité efficace I_0 du courant qui circule dans le circuit .

c) Déterminer la valeur de la fréquence N_2 . On donne L = 1,1 H .

d) Calculer la valeur de la capacité C du condensateur .

Rép. Num. : **2°) a)** N_1=166,67Hz ; **b)** U_m=4V , U_{Lm}=8V ; **c)** $\varphi_u-\varphi_{uL}=\frac{\pi}{3}$ rad ; **3°) a)** $\varphi_i-\varphi_u=\varphi_i-\varphi_{uL}+\varphi_{uL}-\varphi_u=-\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{6}=-\frac{\pi}{6}$ rad ;

b) $\varphi_i-\varphi_u<0 \Rightarrow$ circuit capacitif ; **4°) a)** $\varphi_i-\varphi_u=\varphi_i-\varphi_{uL}+\varphi_{uL}-\varphi_u=-\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{2}=0 \Rightarrow$ rés. d'intensité ;

b) $I_0=\frac{U_m}{\sqrt{2}R}$ =14,14ma ; **c)** $N_2=\frac{U_L}{2\pi L I_0}$ =153,56Hz ; **d)** $C=\frac{1}{4\pi^2 N_2^2 L}$ =0,98µF .