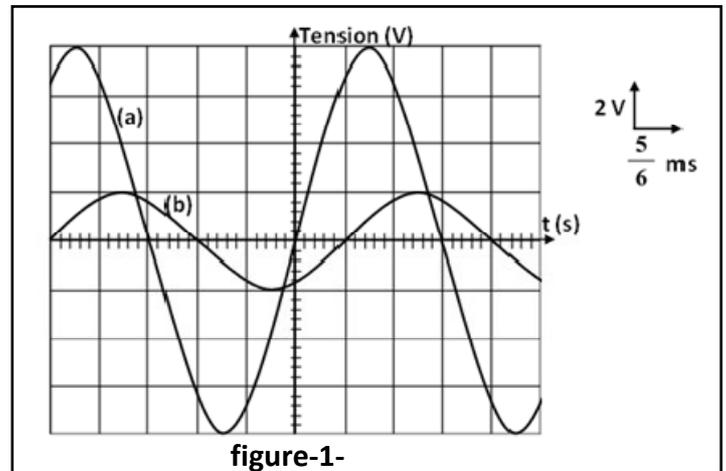


Oscillations électriques forcées 2019/2020

Exercice 1 :

On monte en série une bobine d'inductance $L=0,1$ H 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 : $u(t) = U_m \sin(2\pi N \cdot t)$ de fréquence N réglable. On visualise simultanément, à l'aide d'un oscilloscope bicourbe, les deux tensions $u_{R_0}(t)$ et $u(t)$ respectivement aux bornes du résistor R_0 et aux bornes de tout le circuit, on obtient les oscillogrammes de la figure-1-.



- 1) a) Montrer que la courbe (a) représente la variation de la tension aux bornes du circuit RLC série.
b) Faire un schéma du montage en indiquant les branchements à effectuer entre l'oscilloscope bicourbe et le circuit électrique.
- 2) À partir des oscillogrammes ci-dessus, déterminer :
 - a) La fréquence N de la tension $u(t)$ appliquée aux bornes du circuit RLC série.
 - b) La valeur maximale de l'intensité $i(t)$ du courant débité dans le circuit et déduire l'impédance Z du circuit.
 - c) Le déphasage de l'intensité du courant $i(t)$ par rapport à la tension $u(t)$, et déduire
 - i. la nature du circuit,
 - ii. la loi horaire de $i(t)$.
- 3) Écrire l'équation différentielle relative à cet oscillateur. Faire la représentation de Fresnel et déduire
 - a) la résistance r de la bobine,
 - b) la capacité C du condensateur,
 - c) la puissance moyenne consommée par le circuit.
- 4) On règle la fréquence du générateur à la valeur N_0 (la fréquence propre du résonateur). Déterminer dans ce cas :
 - a) la fréquence N_0 ,
 - b) l'intensité du courant maximale I_m ,
 - c) le coefficient de surtension Q .

Exercice 2 :

Une portion de circuit **AM** est formée par l'association en série d'un résistor de résistance $R = 150 \Omega$, d'une bobine d'inductance L et de résistance interne r et d'un condensateur de capacité $C = 5 \mu\text{F}$. À l'aide d'un générateur G.B.F, on applique entre **A** et **M** une tension alternative $u(t) = U_m \sin(2\pi N t + \varphi_u)$: d'amplitude $U_m = 7$ V, de fréquence N et de phase initiale φ_u (voir figure-2-).

On utilise un oscilloscope bicourbe pour observer l'allure de la tension $u(t)$ sur la voie Y_1 et l'allure de la tension $u_C(t)$, entre les bornes du condensateur, sur la voie Y_2 .

- 1) Reproduire le schéma et indiquer dessus, les branchements l'oscilloscope réalisés par l'opérateur.
- 2) Sur l'écran de l'oscilloscope, on observe les oscillogrammes indiqués par la figure-3-.

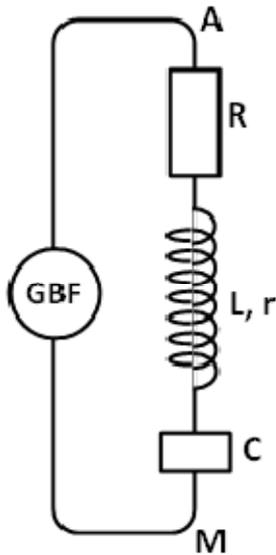


figure-2-

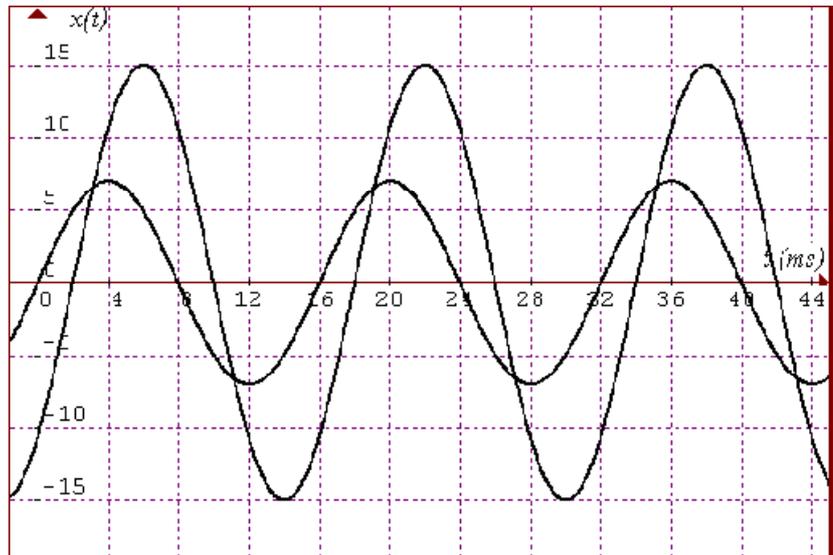


figure-3-

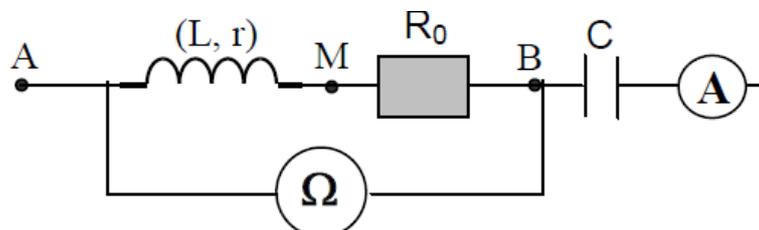
- a) Déterminer la fréquence N de $u(t)$ et le déphasage $(\varphi_u - \varphi_C)$ entre $u(t)$ et $u_C(t)$.
- b) Écrire l'équation horaire $u_C(t) = U_{Cm} \sin(\omega t + \varphi_C)$ en précisant les valeurs de U_{Cm} , ω et φ_C .
- 3) L'intensité instantanée du courant traversant le circuit est $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$:
 - a) Trouver I_m et φ_i .
 - b) Montrer que le circuit est de caractère capacitif.
- 4) a) Établir l'équation différentielle qui régit les oscillations en fonction de $u_C(t)$, de sa dérivée première et de sa dérivée seconde.
 - b) À l'aide d'une construction de Fresnel, montrer que :

$$U_{Cm} = \frac{U_m}{\sqrt{(R+r)^2 C^2 \omega^2 + (1 - LC\omega^2)^2}}$$

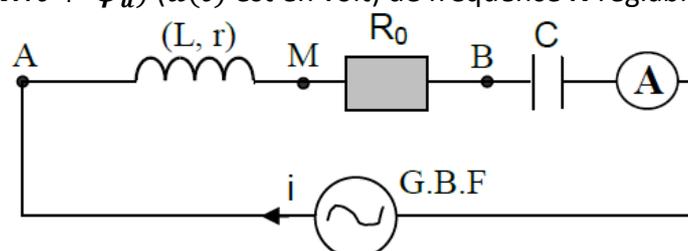
- c) Exprimer $\text{tg}(\varphi_u - \varphi_C)$ en fonction de R , r , C , L , et ω .
- d) Calculer l'inductance L et la résistance r .

Exercice 3 :

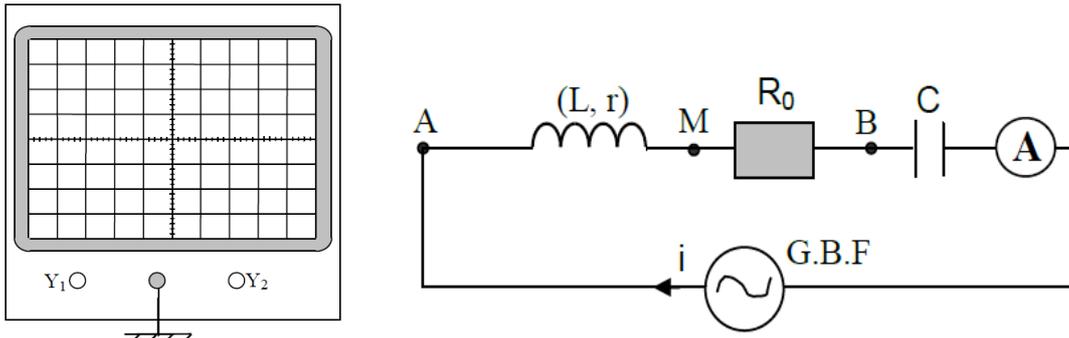
On considère une portion de circuit constituée d'un résistor de résistance R_0 en série avec une bobine d'inductance L et de résistance interne r , un condensateur de capacité C et un ampèremètre de résistance supposée négligeable. Un ohmmètre branché aux bornes de l'ensemble (bobine résistor) donne la valeur $R = 20 \Omega$.



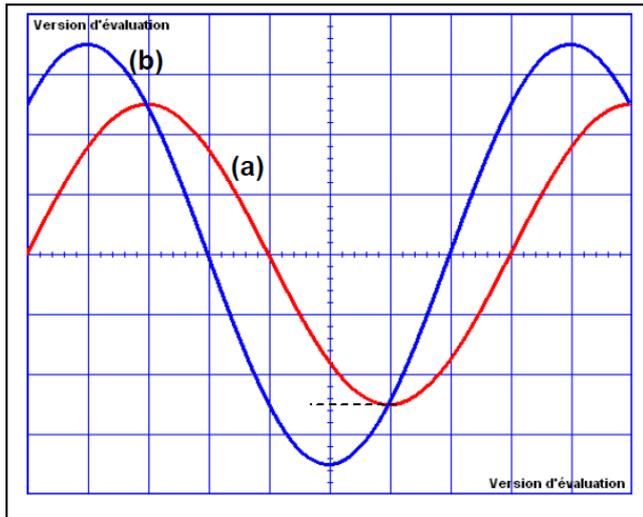
Ce circuit est branché aux bornes d'un générateur $B.F$ délivrant une tension sinusoïdale $u(t) = 5,55\sqrt{2} \cdot \sin(2\pi N \cdot t + \varphi_u)$ ($u(t)$ est en volt) de fréquence N réglable.



I-1) Représenter, les connexions entre le montage et l'oscilloscope afin de visualiser les tensions $u_b(t)$ sur la voie Y_1 et $u_R(t)$ sur la voie Y_2 où le signal est inversé ($u_b(t)$ est la tension aux bornes de la bobine).



2) Pour une fréquence N_1 , on observe sur l'écran de l'oscilloscope les courbes de la figure ci-dessous.



pour les deux voies
Sensibilité verticale $\cdot \sqrt{2}$ V/div
Balayage temps $\frac{\pi}{4}$ ms/div

a) Montrer que la courbe (a) est celle de la tension aux bornes du résistor.

b) Déterminer à partir des oscillogrammes, les grandeurs suivantes :

- ♦ La période T_1 et déduire la fréquence N_1 .
- ♦ Les valeurs maximales de $u_R(t)$ et $u_b(t)$.
- ♦ Le déphasage ($\varphi_{u_b} - \varphi_{u_R}$) de la tension $u_b(t)$ par rapport à $u_R(t)$.

c) Sachant que la fréquence propre de l'oscillateur étudié est $N_0 > 200$ Hz.

Précise en le justifiant la nature du circuit (résistif ou inductif ou capacitif).

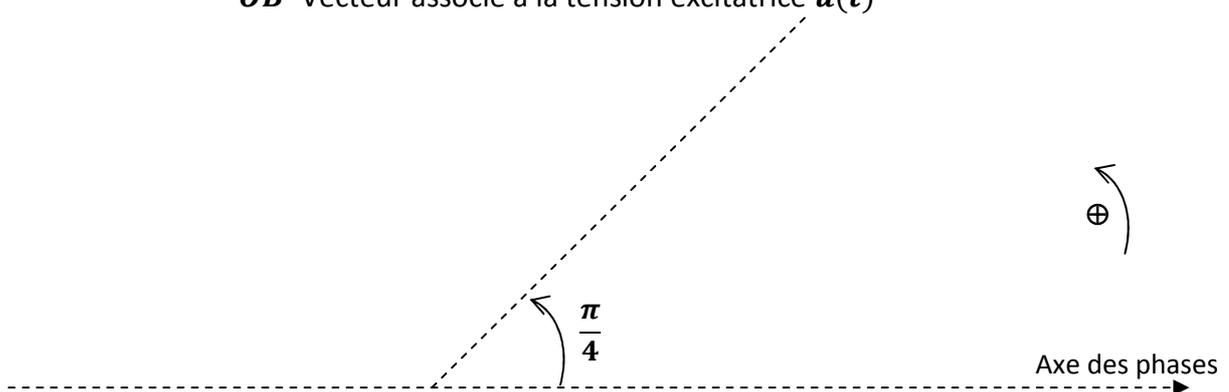
d) Sachant que l'intensité du courant $i(t)$ est de la forme $i(t) = I\sqrt{2} \cdot \sin(2\pi N \cdot t)$, donner les expressions numériques de $u_R(t)$ et $u_b(t)$.

3) a) Faire la construction de Fresnel sur ci-dessous lorsque le circuit étudié à la fréquence N_1 échelle : 2cm pour 2 V.

On désignera par : \vec{OA} Vecteur associé à la tension $u_R(t)$.

\vec{AB} Vecteur associé à la tension $u_b(t)$ (tension aux bornes de la bobine)

\vec{OB} Vecteur associé à la tension excitatrice $u(t)$



- b) Montrer que l'intensité maximale du courant est $I_{\max} = 0,25\sqrt{2}$ A et déduire la résistance R_0 du résistor.
- c) Compléter la représentation de Fresnel et déduire que l'inductance de la bobine est $L = 0,01$ H, sa résistance $r = R_0 = 10 \Omega$ et que la capacité du condensateur est $C = 5 \cdot 10^{-5}$ F.
- d) Déterminer la puissance moyenne consommée par le circuit.

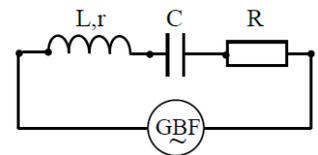
II- Pour une fréquence N_2 , la valeur maximale de la tension aux bornes du résistor est $U_{R\max} = 2,775\sqrt{2}$ V

- 1) Montrer que le circuit est en état de résonance d'intensité et déterminer l'intensité du courant I_2 indiquée par l'ampèremètre.
- 2) Déterminer la fréquence N_2 de la tension excitatrice.
- 3) a) Calculer le coefficient de surtension Q du circuit.
b) Ya-il une surtension aux bornes du condensateur? Justifier.

Exercice 4 :

Le circuit électrique de la figure ci-contre comporte en série :

- ♦ un résistor de résistance R ;
- ♦ un condensateur de capacité $C = 5 \cdot 10^{-5}$ F ;
- ♦ une bobine d'inductance L et de résistance interne r .

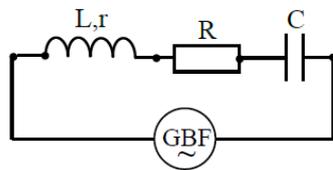
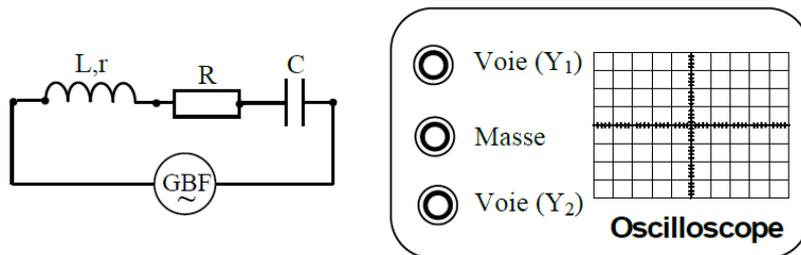


L'ensemble est alimenté par un générateur basse fréquence délivrant une tension sinusoïdale :

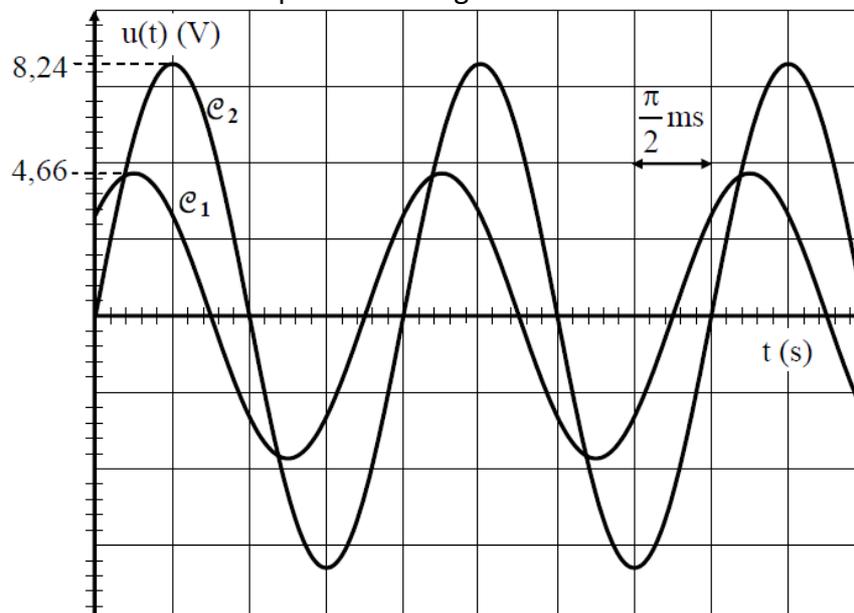
$$u(t) = 12 \sin \left(2\pi N \cdot t - \frac{\pi}{12} \right) \quad (u(t) \text{ en volt et } t \text{ en seconde})$$

- 1) Un oscilloscope bicourbe permet de visualiser sur la voie (Y_1) la tension $u_b(t)$ aux bornes de la bobine et sur la voie (Y_2) la tension $u_R(t)$ aux bornes du résistor. Indiquer les connexions nécessaires.

Le bouton inverse étant actionné.



- 2) Lorsque la fréquence N de la tension excitatrice est ajustée à la valeur N_1 , l'intensité instantanée du courant électrique est : $i(t) = 329,66 \cdot 10^{-3} \sin (2\pi \cdot N_1 \cdot t)$. ($i(t)$ en ampère et t en seconde).
On obtient sur l'écran de l'oscilloscope les chronogrammes suivants :



- a) Déterminer la période T_1 des oscillations et déduire la fréquence N_1 .

- b) Montrer que la courbe \mathcal{C}_1 correspond à $u_b(t)$.
- c) Déterminer graphiquement la tension maximale $U_{b\max}$ aux bornes de la bobine et $U_{R\max}$ aux bornes du résistor.
- d) Montrer que le déphasage de la tension $u_b(t)$ aux bornes de la bobine par rapport à la tension $u_R(t)$ aux bornes du résistor est égal à $\frac{\pi}{4}$ rad.
- e) Déterminer la valeur de la résistance R du résistor ainsi que l'impédance Z du circuit.
- f) Calculer $U_{C\max}$ la tension maximale aux bornes du condensateur et montrer que le circuit est capacitif.
- 3) L'équation reliant $i(t)$, sa dérivée première $\frac{di(t)}{dt}$ et sa primitive $\int i(t)dt$ est :
- $$R \cdot i(t) + r \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int i \cdot dt = U_m \sin\left(2\pi N \cdot t - \frac{\pi}{12}\right)$$
- a) * Faire la construction de Fresnel correspondante à la fréquence N_1 . (sans souci d'échelle)
* Faire apparaître sur la construction de Fresnel le vecteur associé à la tension $u_b(t)$ ainsi que le déphasage de la tension $u_b(t)$ aux bornes de la bobine par rapport à la tension $u_R(t)$ aux bornes du résistor.
- b) Montrer alors que la valeur de la résistance interne de la bobine est égale à $r = 10 \Omega$ et que la valeur de l'inductance $L = 0,01$ H.
- 4) On désire atteindre la résonance d'intensité.
- a) Dire dans quel sens faut-il faire varier la fréquence N du GBF, à partir de la valeur N_1 , pour atteindre cet objectif ? Justifier la réponse.
- b) Donner l'expression de l'intensité instantanée du courant $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$ en déterminant les valeurs numériques de I_m , N et φ_i .
- c) Calculer la puissance moyenne consommée par le circuit à la résonance d'intensité.
- d) Le facteur de surtension est $Q_0 = 404 \cdot 10^{-3}$.
- ♦ Déduire la tension maximale $U_{C\max}$ aux bornes du condensateur.
 - ♦ Retrouver la valeur de la capacité C du condensateur.

Exercice 5 :

On considère la portion de circuit MN de la figure-4 :

Comprenant en série :

- ♦ Un résistor de résistance $R=20 \Omega$.
- ♦ Une bobine de résistance r et d'inductance L .
- ♦ Un condensateur de capacité C .
- ♦ Un ampèremètre de résistance négligeable.
- ♦ Un voltmètre branché aux bornes du condensateur.

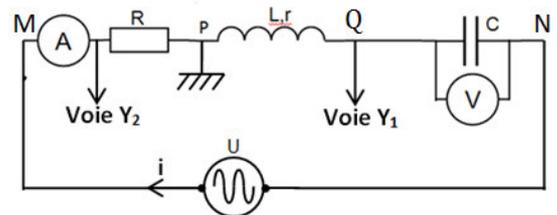


figure-4-

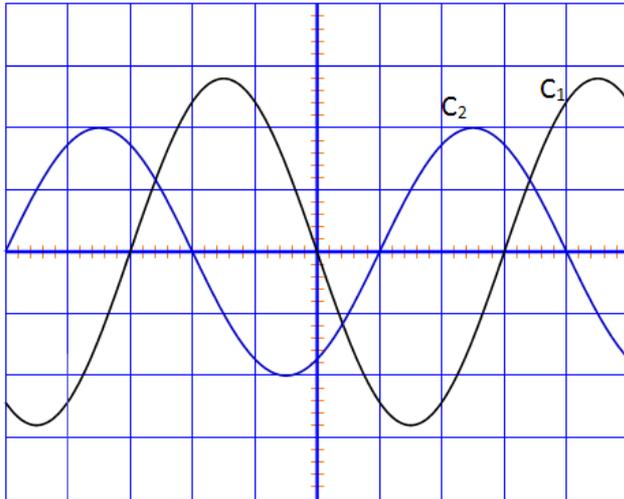
L'ensemble est alimenté par une tension sinusoïdale $u(t) = U\sqrt{2}\sin(\omega t)$. L'intensité du courant qui traverse le circuit est $i(t) = I\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi_i)$.

Partie I :

On fixe la fréquence de l'excitateur à une valeur N_1 , le voltmètre indique une tension $U_C = 20,20$ V.

A l'aide d'un oscilloscope bicourbe branché comme l'indique la figure-4-, on obtient les oscillogrammes de la figure-5-.

- 1) Montrer que l'oscillogramme \mathcal{C}_2 correspond à la tension aux bornes du résistor.
- 2) Déterminer, en utilisant le graphe :
 - L'intensité maximale du courant qui traverse le circuit.
 - La valeur maximale de la tension aux bornes de la bobine.
 - Le déphasage de la tension aux bornes de la bobine par rapport à l'intensité du courant $i(t)$.



$\left\{ \begin{array}{l} \text{Sensibilité verticale de la voie } Y_1: 2V \rightarrow 1\text{div} \\ \text{Sensibilité verticale de la voie } Y_2: 5V \rightarrow 1\text{div} \\ \text{Sensibilité horizontale} \quad : \frac{2\pi}{3} \text{ms} \rightarrow 1\text{div} \end{array} \right.$

figure-5-

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

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

- a) Faire la construction de Fresnel relative aux tensions maximales. (on prendra l'axe correspondant à $\varphi = \varphi_i$ horizontal, dirigé vers la droite). (Echelle : $2V \rightarrow 1 \text{ cm}$)
- b) Déduire la valeur de U_{\max} , C , L , r et φ_i .

Partie II :

Dans cette partie on étudie l'évolution de l'amplitude de l'intensité du courant I_{\max} et celle de la charge Q_{\max} en fonction de la fréquence N de la tension excitatrice. Les résultats de mesures nous ont permis de tracer les courbes de variation de I_{\max} et de Q_{\max} en fonction de N . (voir figure-6-).

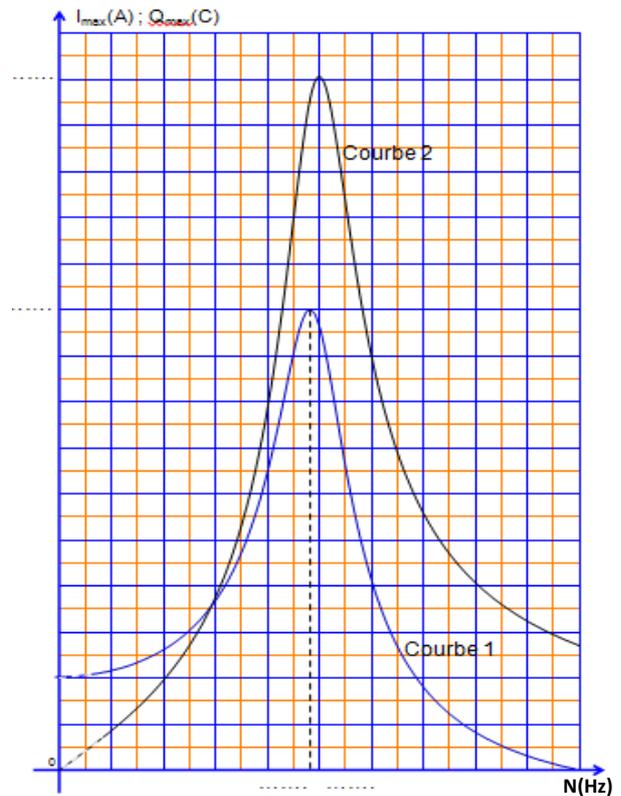


figure-6-

- 1) Donner l'expression de I_{\max} amplitude de l'intensité du courant en fonction de U_m , L , C , R , r et ω . Déduire l'expression de Q_{\max} amplitude de la charge électrique.
- 2) Établir l'expression de la fréquence à la résonance de charge en fonction de N_0 , R , r et L .
- 3) Identifier, en le justifiant, les courbes 1 et 2 de la figure-6-.
- 4) Compléter, en le justifiant, les pointillés sur le graphe de la figure-6-.

Exercice 6 :

Le circuit électrique de la figure-7- comporte, montés en série, un conducteur ohmique de résistance $R=50\Omega$, deux dipôles D_1 et D_2 inconnus et un générateur basse fréquence (GBF) qui délivre une tension sinusoïdale $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt)$ de fréquence N réglable et d'amplitude U_m constante.

Le circuit électrique est parcouru par un courant électrique sinusoïdal d'intensité $i(t) = I_m \sin(2\pi Nt + \varphi_i)$ d'amplitude I_m et de phase initiale φ_i .

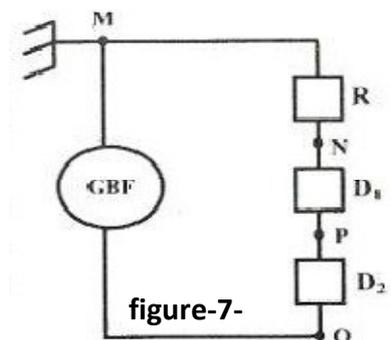


figure-7-

Chacun des dipôles D_1 et D_2 peut être soit un conducteur ohmique de résistance R_0 , soit un condensateur de capacité C , soit une bobine d'inductance L et de résistance négligeable.

On se propose d'identifier les deux dipôles D_1 et D_2 et de déterminer la grandeur caractéristique de chacun d'eux. Pour une fréquence N_1 de N , on réalise les expériences suivantes (1) et (2).

Expérience (1) :

A l'aide d'un oscilloscope bicourbe, convenablement branché, on visualise simultanément l'évolution au cours du temps des tensions $u_{NM}(t)$ et $u_{PM}(t)$.

Expérience (2) :

On change le branchement de l'oscilloscope et on visualise simultanément l'évolution au cours du temps des tensions $u_{NM}(t)$ et $u_{QM}(t)$.

Les expériences réalisées, ont permis d'obtenir les courbes représentées sur les figures 8 et 9.

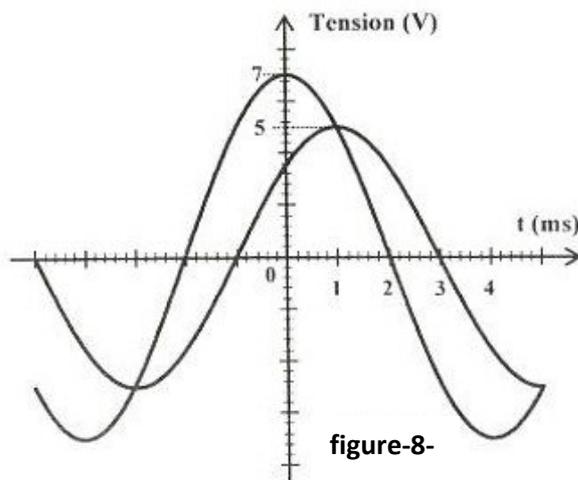


figure-8-

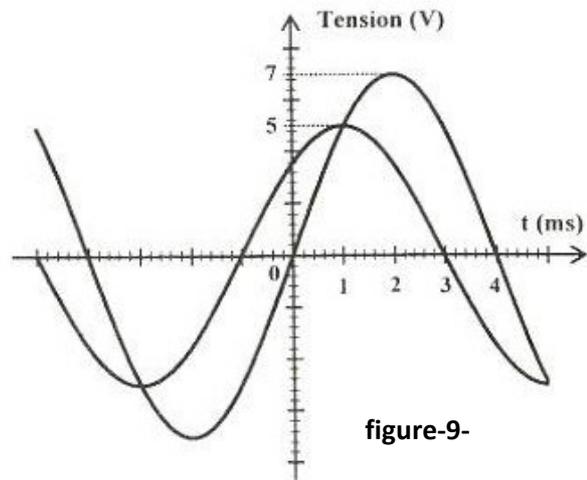


figure-9-

- 1) Justifier que les courbes de la figure-5- correspond à l'expérience (2).
- 2) a) Déterminer graphiquement N_1 , U_m et I_m .
b) Montrer que $\varphi_i = +\frac{\pi}{4}$ rad
- 3) En exploitant les courbes représentées sur les figures 8 et 9 :
a) Montrer que D_1 est la bobine alors que D_2 ne peut être que le condensateur.
b) Déduire que $L = 6,2 \cdot 10^{-2}$ H.
- 4) Sur la figure-10-, représente la construction de Fresnel inachevée correspondant au circuit électrique étudiée à la fréquence N_1 où le vecteur \vec{OA} est associée à la tension $u_{NM}(t)$.
a) Compléter, avec toutes les indications nécessaires, la construction de Fresnel, en respectant l'échelle suivante : $1 \text{ cm} \rightarrow 1 \text{ V}$.
b) En déduire la valeur de C .

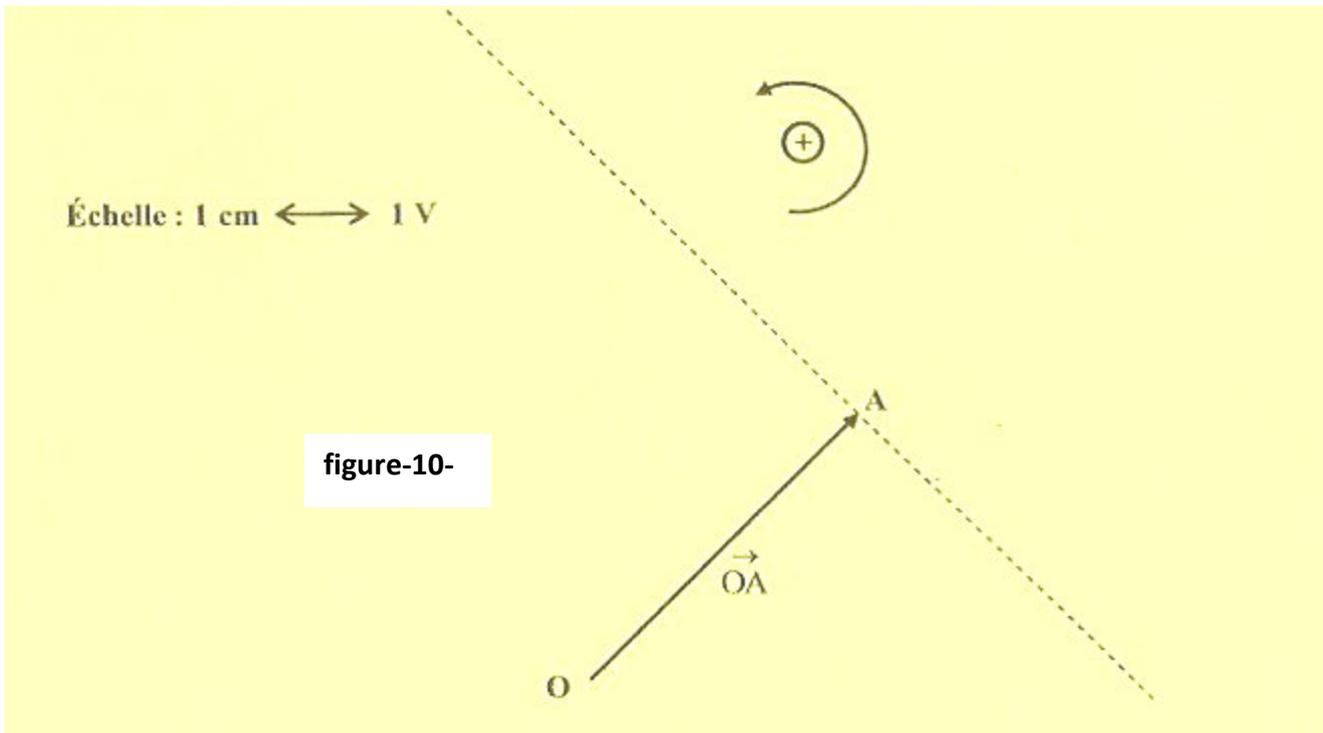


figure-10-

Exercice 7 :

Au cours d'une séance de travaux pratiques deux groupes d'élèves se proposent d'étudier expérimentalement un circuit **R LC** en régime sinusoïdal forcé.

I- Le premier groupe réalise un circuit électrique comportant en série un conducteur ohmique de résistance **R = 150 Ω**, un condensateur de capacité **C**, une bobine d'inductance **L=1 H** et de résistance interne négligeable et un GBF qui délivre une tension sinusoïdale $u(t) = U\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi_u)$ de pulsation ω variable et de valeur efficace **U** constante. Le courant traversant ce circuit est d'intensité $i(t) = I\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi_i)$.

Un oscilloscope bicourbe est branché de manière à visualiser :

- ♦ sur la voie **A** la tension $u(t)$ aux bornes du générateur ;
- ♦ sur la voie **B** la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique.

Données : base de temps : **1 ms.div⁻¹** ;
sensibilité verticale : **1 V.div⁻¹** pour la voie **A** et pour la voie **B**.

- 1) Schématiser le circuit adéquat avec les données de l'exercice et y indiquer les connexions à réaliser à l'oscilloscope.
- 2) Pour une certaine fréquence **N**, on obtient les courbes du schéma ci-dessous (**figure-11**):
 - a) Montrer que la courbe **(C₁)** représente la tension $u(t)$.
 - b) Déterminer la fréquence **N** des tensions $u(t)$ et $u_R(t)$, l'impédance **Z** du circuit à cette fréquence ainsi que le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i$.

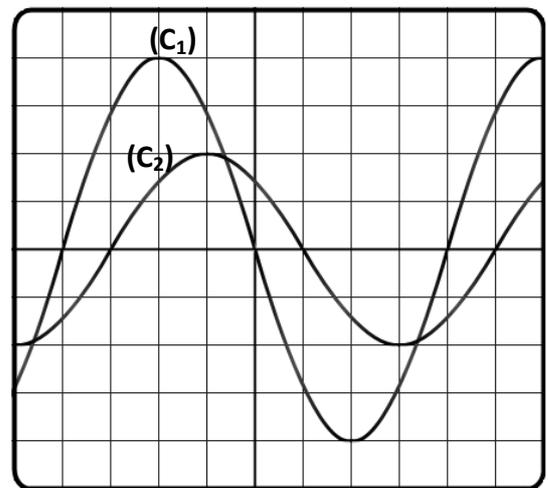


figure-11-

II- Le deuxième groupe souhaite construire point par point la courbe représentative $I_m = f(N)$ où I_m représente l'intensité maximale et **N** la fréquence imposée par le GBF.

Il monte en série, un résistor de résistance **R'**, une bobine d'inductance **L'=1H** et de résistance interne négligeable, un condensateur de capacité **C'** et un ampèremètre de résistance négligeable. Aux bornes de la portion de circuit ainsi réalisée, il applique une tension sinusoïdale $u(t)$ de fréquence **N** variable, d'amplitude U_m maintenue constante et d'expression $u(t) = 4 \sin 2\pi N t$.

Des mesures et des calculs de l'intensité maximale I_m du courant dans le circuit, en fonction de la fréquence N de la tension sinusoïdale permettent de tracer la courbe suivante (figure-12-):

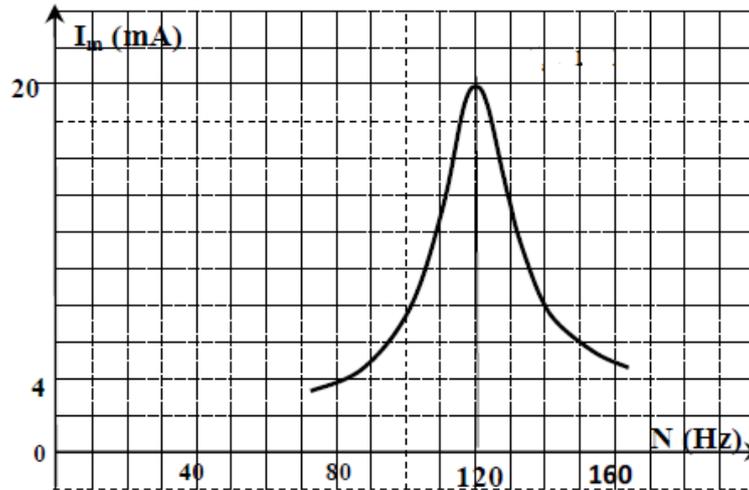


figure-12-

- 1) a) Déterminer graphiquement la fréquence N_0 de résonance d'intensité.
 b) Déterminer, à l'aide de cette courbe, les valeurs de R' et de C' .
 c) Calculer la valeur du facteur de surtension Q .
- 2) a) Exprimer la tension efficace U_c aux bornes du condensateur en fonction de U , R' , L' , C' et N .
 b) La tension efficace U_c prend sa valeur maximale pour une fréquence N_r .

Montrer que : $N_r = \sqrt{N_0^2 - \frac{R'^2}{8\pi^2 L'^2}}$. Calculer la valeur de N_r .

- c) Calculer la puissance électrique moyenne consommée par le dipôle **RLC** à la fréquence N_r .
- d) Montrer que la résonance de charge devient impossible pour les valeurs de R' supérieures à une valeur limite R_0 dont on déterminera la valeur.