

Exercice 1

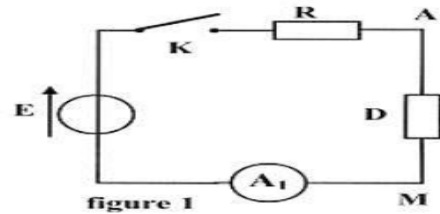
Le circuit de la figure 1 comporte un générateur supposé idéal de fem  $E$ , un interrupteur  $K$ , un ampèremètre ( $A_1$ ), un résistor de résistance  $R = 200 \Omega$  et un dipôle  $D$ , tous branchés en série.

Le dipôle  $D$  peut être soit :

- une bobine d'inductance  $L$  et de résistance interne supposée nulle,
- un condensateur de capacité  $C$ .

A une date  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur  $K$  et on visualise, la tension  $u_{AM}(t)$  aux bornes du dipôle  $D$ , à l'aide d'un oscilloscope, on obtient alors la courbe de la figure 2 de la page 5/5.

- 1) Préciser, en le justifiant, si le dipôle  $D$  est une bobine ou bien un condensateur.
- 2) Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_{AM}(t)$ .



- 3) La solution de l'équation différentielle précédente s'écrit :  $u_{AM}(t) = U_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ .
  - a- Déterminer graphiquement les valeurs de la tension  $U_0$  et de la constante de temps  $\tau$ .
  - b- En déduire la valeur de la grandeur ( $L$  ou  $C$ ) qui caractérise le dipôle  $D$ .

- 4) Maintenant, on insère en série, dans le circuit, une bobine d'inductance  $L = 0,5 \text{ H}$  et de résistance interne  $r$  et on remplace le générateur de fem  $E$  par un GBF délivrant une tension sinusoïdale  $u(t) = U_m \sin(2\pi N t)$  d'amplitude  $U_m$  constante et de fréquence  $N$  réglable.

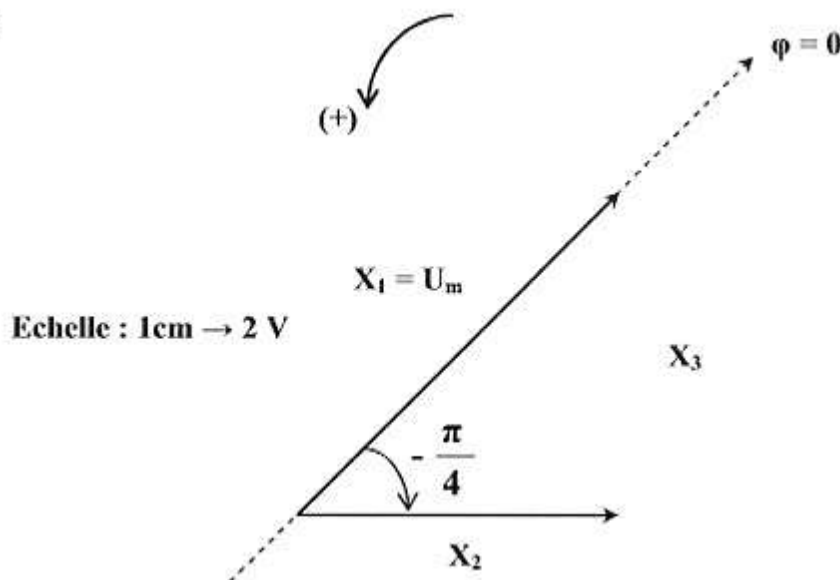
L'intensité instantanée du courant électrique  $i(t)$ , circulant dans le circuit, vérifie l'équation différentielle suivante :  $L \frac{di}{dt} + (R + r).i + \frac{1}{C} \int i.dt = u(t)$ . La solution de cette équation s'écrit :

$$i(t) = I_m \sin(2\pi N t - \frac{\pi}{4}).$$

On maintient la fréquence du GBF à une valeur  $N_1$ . Une étude appropriée permet de tracer le diagramme de Fresnel représenté par la figure 3 de la page 5/5.

- a- Préciser, en le justifiant, la nature (inductif, capacitif ou résistif) du circuit.
  - b- Compléter, sur la figure 3 de la page 5/5 (à remplir par le candidat et à remettre avec sa copie), en respectant l'échelle donnée, le diagramme de Fresnel correspondant à l'équation différentielle précédente. Préciser les expressions de  $X_2$  et de  $X_3$ .
  - c- Montrer que l'impédance  $Z$  du circuit s'écrit :  $Z = \sqrt{2}.(R + r)$ .
  - d- L'intensité du courant électrique, mesurée à l'aide de l'ampèremètre, est de valeur  $I = \frac{38,6}{\sqrt{2}} \text{ mA}$ . Déterminer la valeur de la résistance  $r$ .
- 5) On fait varier la fréquence  $N$  du GBF à partir de la valeur  $N_1$  jusqu'à la valeur  $N_0$ . Pour cette fréquence  $N_0$ , l'ampèremètre indique la valeur la plus élevée  $I_0 = \frac{57,5}{\sqrt{2}} \text{ mA}$ .
    - a- Justifier, sans faire de calcul, que pour  $N = N_0$ , on peut retrouver la valeur de la grandeur qui caractérise le dipôle  $D$ .
    - b- La tension maximale que peut supporter ce condensateur est de  $20 \text{ V}$ . Préciser, en le justifiant, s'il y a risque de claquage du condensateur.

figure 3



## Exercice 2

Dans une séance de travaux pratiques, un groupe d'élèves étudie les oscillations électriques en régime sinusoïdal forcé d'un circuit RLC série.

Le montage expérimental comporte un résistor de la résistance  $R$ , une bobine d'inductance  $L = 0,5 \text{ H}$  et de résistance  $r = 10 \Omega$ , un condensateur de capacité  $C$ , un générateur basses fréquences délivrant une tension sinusoïdale :  $u(t) = U\sqrt{2} \sin(2\pi Nt)$  de fréquence  $N$  réglable et de valeur efficace  $U$ , un ampèremètre et un voltmètre.

L'intensité du courant qui parcourt le circuit est :  $i(t) = I\sqrt{2} \sin(2\pi Nt + \varphi)$ .

Pour différentes valeurs de  $N$ , le groupe d'élèves note l'indication  $I$  de l'ampèremètre tout en veillant à maintenir  $U$  constante et égale à  $4 \text{ V}$  à l'aide d'un voltmètre. Ainsi il a été possible de tracer la courbe représentant la variation de l'intensité efficace  $I$  du courant en fonction de la fréquence  $N$ .

- 1) Faire un schéma soigné du montage expérimental.
- 2) Quel est le phénomène physique mis en évidence par cette courbe ?
- 3) a) Indiquer, en justifiant votre réponse, la fréquence propre  $N_0$  du circuit.  
b) Déduire la capacité  $C$  du condensateur.
- 4) En se référant au graphique, déterminer la résistance  $R$  du résistor.
- 5) La fréquence  $N$  est ajustée à la valeur  $N_1 = 170 \text{ Hz}$ .  
a) Préciser, en le justifiant, si le circuit est inductif, capacitif ou résistif.  
b) i. Déterminer les valeurs de l'intensité efficace  $I$  du courant et de l'impédance  $Z$  du circuit.  
ii. Déduire la valeur de  $\varphi$ .
- c) Préciser, en justifiant votre réponse, s'il faut augmenter ou diminuer la valeur de l'inductance  $L$  pour que le circuit passe à l'état de résonance d'intensité ?
- d) Calculer l'énergie dissipée en chaleur dans le circuit pendant  $\Delta t = 25 \text{ ms}$ .
- 6) Sur le boîtier du condensateur utilisé pour réaliser les expériences précédentes, le fabriquant indique la tension maximale à ne pas dépasser pour éviter le claquage du condensateur ; soit :  $U_0 = 100 \text{ V}$ .  
En choisissant  $R = 10 \Omega$ , y a-t-il risque de claquage du condensateur ? Justifier votre réponse.

## Exercice 3

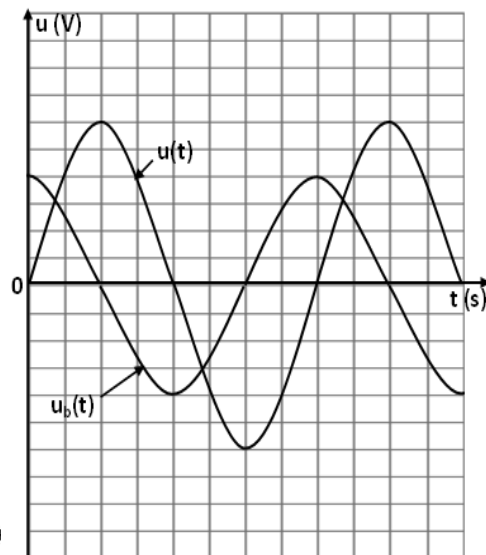
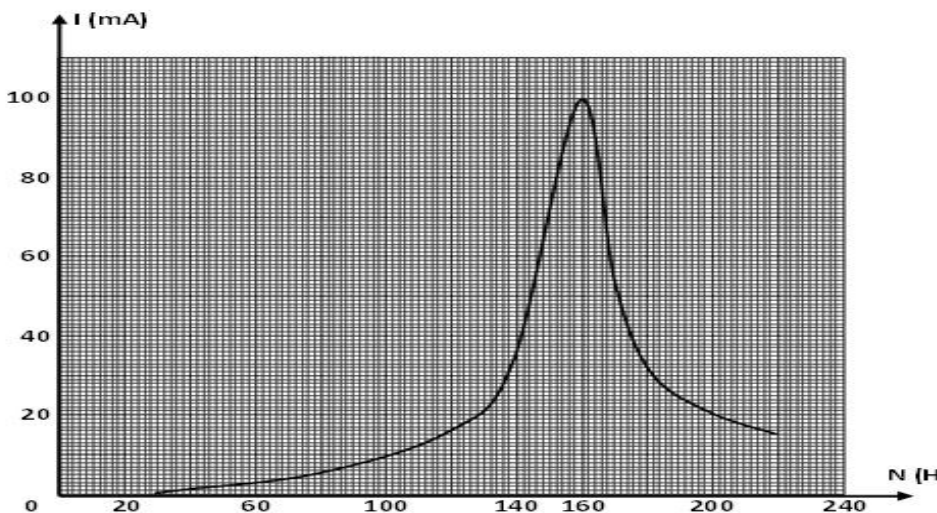
Un circuit électrique comporte en série :

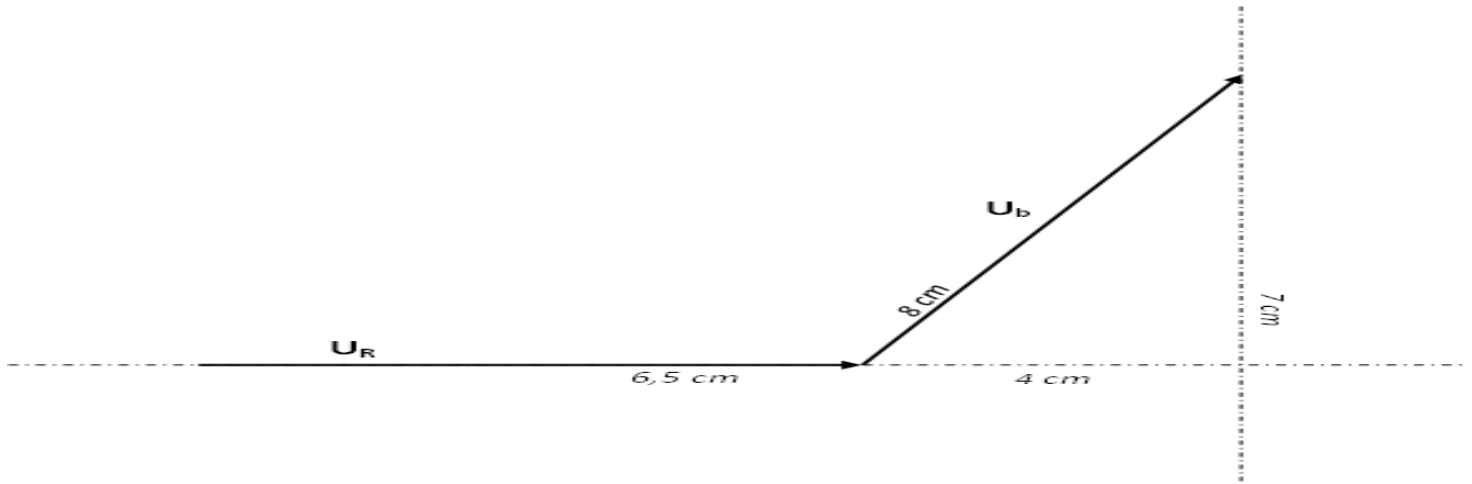
- un résistor de résistance  $R = 32 \Omega$ ,
- une bobine d'inductance  $L$  et de résistance  $r$ ,
- un condensateur de capacité  $C$ .

L'ensemble est alimenté par un GBF délivrant une tension alternative sinusoïdale :

$$u(t) = 30\sqrt{2} \sin(2\pi Nt), \text{ avec } N = 50 \text{ Hz.}$$

- 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.





## Exercice

Le circuit électrique schématisé sur la **figure 6** comporte les éléments suivants:

- Un générateur basses fréquences (**G.B.F.**) délivrant une tension sinusoïdale  $u(t)$  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  $N$ .

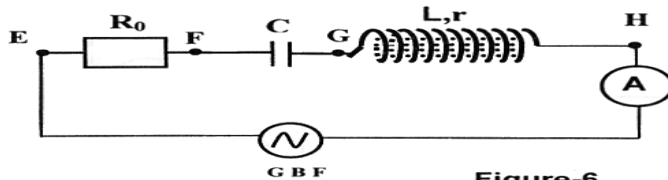
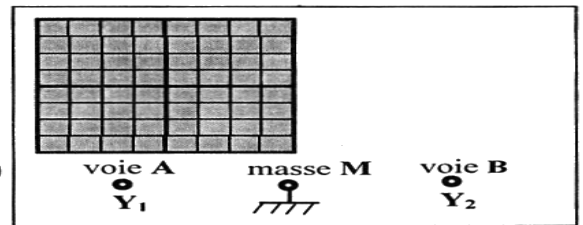


Figure-6



Oscilloscope

### I – Expérience 1

Pour une valeur  $N_1$  de la fréquence, un oscilloscope bicourbe, convenablement branché, permet de visualiser simultanément les deux tensions  $u(t)$  et  $u_{R_0}(t)$ , respectivement aux bornes du **GBF** et aux bornes du résistor  $R_0$ ; on obtient les oscillogrammes de la **figure 7**.

Les sensibilités verticale et horizontale, pour les deux voies **A** et **B** utilisées, sont respectivement :  $2 \text{ V / div}$  et  $1 \text{ ms / div}$ .

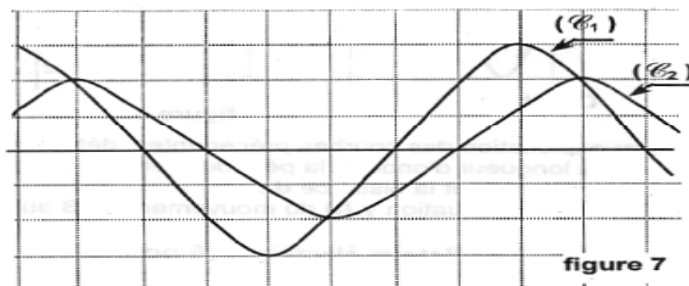
- a – Montrer que la courbe ( $\mathcal{C}_1$ ) visualisée sur la **voie A** de l'oscilloscope correspond à la tension  $u(t)$  aux bornes du **G.B.F.**  
 b – Lequel des points **E**, **F**, **G** ou **H** de la **figure 6**, est relié à la **voie A** de l'oscilloscope ? Justifier la réponse.
- En exploitant l'oscillogramme de la **figure 7**.  
 a – Déterminer le déphasage  $\Delta\varphi = \varphi_{u(t)} - \varphi_{u_{R_0}(t)}$  et justifier son signe, sachant que  $\varphi_{u(t)}$  est la phase initiale (à  $t=0$ ) de  $u(t)$  et  $\varphi_{u_{R_0}(t)}$  est la phase initiale de  $u_{R_0}(t)$ .  
 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 $N_1$
$u(t)$			
$u_{R_0}(t)$			

- Quelle est l'indication de l'ampèremètre, sachant que l'impédance du circuit est  $Z = 90 \Omega$
- Calculer la valeur de la résistance  $R_0$ .

On rappelle que l'impédance  $Z$  est :

$$Z = \sqrt{(R_0 + r)^2 + (L\omega_1 - \frac{1}{C\omega_1})^2}$$



### II – Expérience 2

On fait varier la fréquence  $N$ .

Pour une valeur  $N_2$  de cette fréquence les oscillogrammes obtenus sont représentés sur la **figure 8**.

La sensibilité horizontale des oscillogrammes est  $2 \text{ ms / div}$ . La sensibilité verticale est  $2 \text{ V/div}$  pour la **voie A** qui visualise  $u(t)$  et  $5 \text{ V/div}$  pour la **voie B** qui visualise  $u_{R_0}(t)$ .

- Justifier le fait que l'oscillateur est en état de résonance d'intensité.

- 2) La valeur de  $R_0$  étant  $R_0 = 60 \Omega$ , quelle est la nouvelle indication de l'ampèremètre ?
- 3) Montrer que la valeur de la résistance  $r$  de la bobine est environ  $12 \Omega$ .
- 4) Sachant que  $L = 1 \text{ H}$ , calculer la valeur de la capacité  $C$  du condensateur.

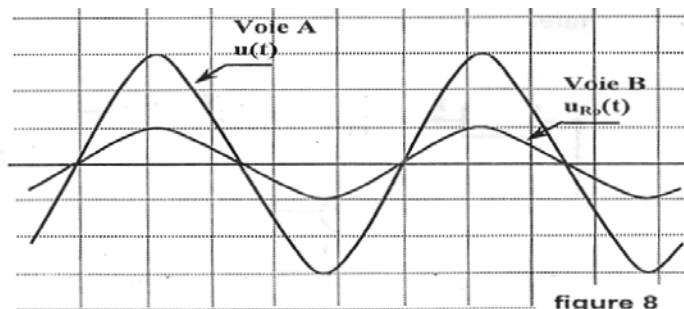


figure 8

## Exercice

On dispose au laboratoire d'un :

- \* condensateur de capacité  $C$  initialement déchargé;
- \* résistor de résistance  $R = 250 \Omega$ ;
- \* générateur  $G_1$  de tension idéal de fem  $E = 6 \text{ V}$ ;
- \* dipôle  $D$  de nature inconnue;
- \* interrupteur  $K$ ;
- \* oscilloscope bicourbe;
- \* générateur basse fréquence GBF délivrant une tension sinusoïdale d'amplitude constante  $U_m$  et de fréquence  $N$  réglable.

I- Dans une première expérience et pour visualiser la tension électrique instantanée  $u_{BM}$  aux bornes du résistor, on réalise le montage de la figure 1. On ferme l'interrupteur  $K$  à l'instant  $t = 0$  et on relie le point  $B$  du circuit à la voie  $Y_B$  de l'oscilloscope et le point  $M$  à la masse. L'évolution de  $u_{BM}$  en fonction du temps est représentée sur la figure 2.

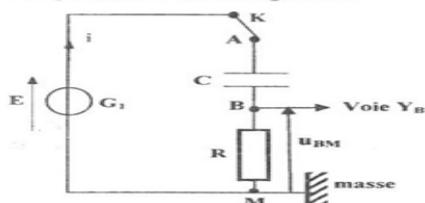


figure 1

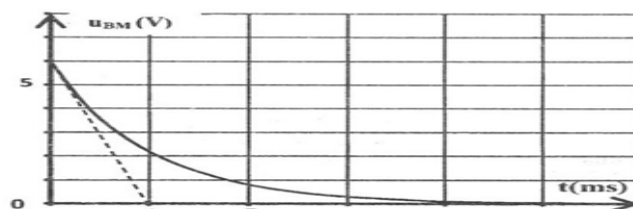


figure 2

- 1- a- Etablir l'équation différentielle régissant l'évolution de la charge  $q$  du condensateur au cours du temps.
- b- Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension  $u_R = u_{BM}$  au cours du temps peut s'écrire sous la forme :  $\frac{du_R}{dt} + \frac{1}{\tau} u_R = 0$ ; avec  $\tau = RC$ .
- 2- On admet que la solution de cette équation différentielle est de la forme :  $u_R(t) = \beta e^{-\alpha t}$ . Exprimer  $\beta$  et  $\alpha$  en fonction de  $E$ ,  $R$  et  $C$ .
- 3-a- Déterminer graphiquement la valeur de  $\tau$ .
- b- En déduire la valeur de la capacité  $C$ .

II- Dans une deuxième expérience, on réalise le montage de la figure 3 dans lequel on remplace le condensateur  $C$  par le dipôle  $D$  et le générateur  $G_1$  par le générateur basse fréquence GBF.

On relie le point  $A$  du circuit à la voie  $Y_A$  et le point  $B$  à la voie  $Y_B$  de l'oscilloscope. On obtient alors les oscillogrammes  $\mathcal{E}_1$  et  $\mathcal{E}_2$  de la figure 4, représentant respectivement, les variations des tensions  $u_{AM}(t)$  aux bornes de GBF et  $u_{BM}(t)$  aux bornes de résistor  $R$ .

Les sensibilités horizontale  $S_H$  et verticale  $S_V$  sont :  $S_H = 2,5 \text{ ms/div}$  et  $S_V = 2 \text{ V/div}$ .

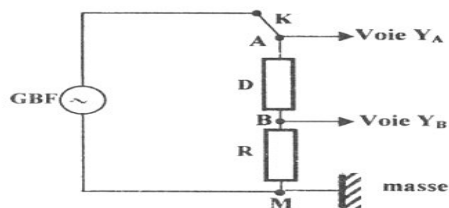


figure 3

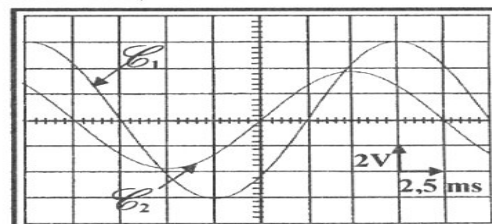


figure 4

- 1- En exploitant les oscillogrammes  $\mathcal{E}_1$  et  $\mathcal{E}_2$ , déterminer :
  - a- la fréquence  $N$  de la tension sinusoïdale délivrée par le GBF;
  - b- l'amplitude  $(U_{AM})_{\max}$  de la tension  $u_{AM}(t)$  aux bornes du GBF;
  - c- le déphasage  $\Delta\varphi = (\varphi_{u_{AM}} - \varphi_i)$  de la tension  $u_{AM}(t)$  par rapport à l'intensité  $i(t)$  du courant électrique.
- 2- Afin d'identifier la nature du dipôle  $D$ , on propose les hypothèses  $H_i$  suivantes :
  - \*  $H_1$  : le dipôle  $D$  est un résistor de résistance  $R'$  ;
  - \*  $H_2$  : le dipôle  $D$  est une bobine d'inductance  $L$  et de résistance nulle en série avec un condensateur de capacité  $C'$  ;
  - \*  $H_3$  : le dipôle  $D$  est une bobine d'inductance  $L$  et de résistance  $r$  en série avec un condensateur de capacité  $C'$ .

Sans faire de calcul, préciser, en le justifiant, que l'hypothèse  $H_1$  est non valable.

- 3- On fait varier la fréquence  $N$  et on relève à chaque fois la valeur maximale de l'intensité  $I_m$  du courant électrique.

Pour une fréquence  $N_1 = 159,23 \text{ Hz}$ , on constate que  $I_m$  prend la valeur maximale  $I_{m0}$  égale à  $20,9 \text{ mA}$ .

- a- Confirmer que le dipôle  $D$  est formé par l'association en série d'une bobine d'inductance  $L$  et de résistance  $r$  en série avec un condensateur de capacité  $C'$ .
- b- En déduire la valeur de  $r$ .
- c- Déterminer  $C'$  sachant que  $L = 0,1 \text{ H}$ .

## Exercice

On réalise le circuit série constitué d'un générateur basse fréquence (GBF), d'une bobine d'inductance  $L$  et de résistance  $r$ , d'un condensateur de capacité  $C$  et d'un conducteur ohmique de résistance  $R = 100 \Omega$ . Le GBF délivre une tension sinusoïdale  $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt)$ , d'amplitude constante  $U_m$  et de fréquence  $N$  réglable. Un système d'acquisition permet d'enregistrer simultanément les tensions  $u(t)$  aux bornes du générateur et  $u_C(t)$  aux bornes du condensateur. Pour une valeur donnée de la fréquence  $N$ , on obtient les chronogrammes  $e_1$  et  $e_2$  de la figure 2.

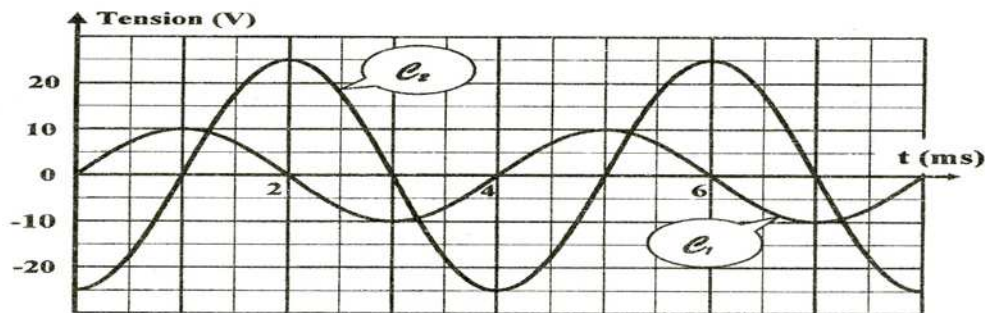


Fig. 2

- 1- a- Donner la relation entre l'intensité  $i(t)$  du courant électrique et la tension  $u_C(t)$ .  
b- Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de  $u_C(t)$  s'écrit :
 
$$LC \frac{d^2 u_C(t)}{dt^2} + (R + r) C \frac{du_C(t)}{dt} + u_C(t) = U_m \sin(2\pi Nt) \quad (I)$$
- 2- L'équation différentielle (I) admet une solution de la forme :  $u_C(t) = U_{Cm} \sin(2\pi Nt + \varphi_C)$ .
  - a- Justifier que la courbe ( $e_2$ ) correspond à  $u_C(t)$ .
  - b- Préciser la valeur de la fréquence  $N$  et celle de la tension maximale  $U_{Cm}$ .
  - c- Déterminer la valeur de la phase initiale de la tension  $u_C(t)$ .
  - d- Justifier que le circuit est le siège d'une résonance d'intensité.
- 3- Pour cette fréquence  $N$ , l'intensité maximale  $I_m$  du courant électrique qui circule dans le circuit a pour valeur  $I_m = 86,5 \text{ mA}$ .
  - a- Vérifier que la valeur de la capacité  $C$  du condensateur est égale à  $2,2 \mu\text{F}$ .
  - b- Calculer la valeur de l'inductance  $L$  de la bobine.
  - c- Déterminer la valeur de la résistance totale du circuit et déduire celle de la résistance  $r$ .
- 4- Justifier que la puissance moyenne, absorbée par le circuit pour cette fréquence  $N$ , est maximale.

## Exercice

Pour déterminer la résistance  $r$  et l'inductance  $L$  d'une bobine  $B$ , on réalise les expériences suivantes:

### Expérience 1

Le circuit électrique de la figure 3 comporte, montés en série :

- un générateur idéal de tension continue de fem  $E = 10\text{V}$ ;
- la bobine  $B$  d'inductance  $L$  et de résistance  $r$ ;
- un ampèremètre  $A$  de résistance négligeable ;
- un interrupteur  $K$  et un résistor de résistance  $R = 90 \Omega$ .

Un système approprié permet de suivre l'évolution temporelle des tensions  $u(t)$  aux bornes du générateur et  $u_R(t)$  aux bornes du résistor.

A l'instant  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur  $K$ . Les courbes  $e_1$  et  $e_2$  de la figure 4 représentent respectivement, les variations de  $u(t)$  et  $u_R(t)$ .

- 1- Nommer, en le justifiant, les régimes qui constituent la réponse du dipôle  $RL$  à un échelon de tension pour  $t \leq 5\text{ms}$  et  $t \geq 6\text{ms}$ .
- 2-a- Etablir l'équation différentielle régissant les variations de l'intensité du courant  $i(t)$  traversant le circuit électrique.

b- Vérifier que  $i(t) = \frac{E}{R+r} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  est une solution de cette équation différentielle ; avec  $\tau = \frac{L}{R+r}$ .

c- En exploitant les courbes de la figure 4, déterminer les valeurs de :

- $c_1$ - l'intensité du courant indiquée par l'ampèremètre en régime permanent et en déduire celle de  $r$  ;
- $c_2$ - l'inductance  $L$  de la bobine.

### Expérience 2

On réalise maintenant, le circuit électrique représenté sur la figure 5 qui comporte, montés en série, la bobine  $B$ , un résistor de résistance  $R' = 40 \Omega$  et un condensateur de capacité  $C = 4,7 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ . L'ensemble est alimenté par un générateur basse fréquence (GBF) qui délivre une tension

sinusoïdale  $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt - \frac{\pi}{3})$ , d'amplitude  $U_m$  constante et de

fréquence  $N$  réglable.

Pour la valeur  $N_1 = 173 \text{ Hz}$  de la fréquence  $N$ , l'intensité instantanée du courant électrique qui circule est  $i(t) = I_m \sin(2\pi N_1 t)$  ; où  $I_m$  est l'amplitude de

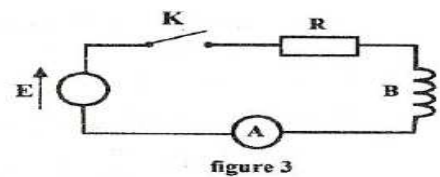


figure 3

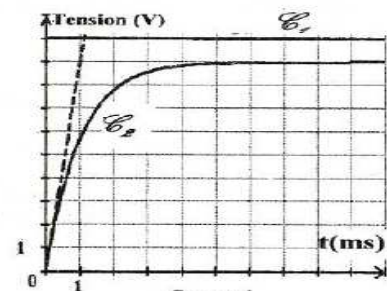


figure 4

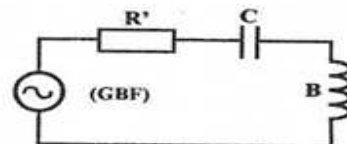


figure 5

l'intensité électrique. Les courbes de la **figure 6** représentent les tensions  $u(t)$  aux bornes du générateur et  $u_c(t)$  aux bornes du condensateur.

1- a- A partir de la **figure 6**, déterminer :

a<sub>1</sub>- le déphasage  $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_{u_c}$  de  $u(t)$  par rapport à  $u_c(t)$ ;

a<sub>2</sub>- la phase initiale  $\varphi_{u_c}$  de  $u_c(t)$ .

b- Sachant que l'amplitude  $U_{cm}$  de la tension  $u_c(t)$  aux bornes du condensateur est

$$U_{cm} = \frac{I_m}{C \cdot 2\pi N_1},$$

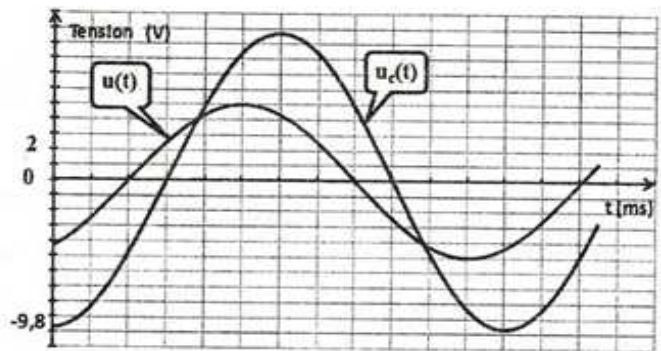


figure 6

déterminer la valeur de l'intensité maximale  $I_m$ .

En déduire la valeur de l'impédance  $Z$  du circuit.

c- Préciser, en le justifiant, si le circuit est capacitif, résistif ou inductif.

2- La **figure 7** de la page 5/5, à **remplir par le candidat et à remettre avec sa copie**, représente une construction de Fresnel inachevée des tensions correspondant au circuit étudié à la fréquence  $N_1$  dont

l'équation différentielle s'écrit :  $(R'+r)i + \frac{1}{C} \int i \cdot dt + L \frac{di}{dt} = u(t)$ .

Soient  $\overline{OA}$ ,  $\overline{AB}$ ,  $\overline{BC}$  et  $\overline{OC}$  les vecteurs de Fresnel associés respectivement, aux tensions

$$(R'+r)i, \frac{1}{C} \int i \cdot dt, L \frac{di}{dt} \text{ et } u(t).$$

a- Compléter la construction de Fresnel relative aux tensions maximales à l'échelle **1cm** pour **1V**.

b- Déduire la valeur de l'inductance  $L$  de la bobine et celle de sa résistance  $r$ .

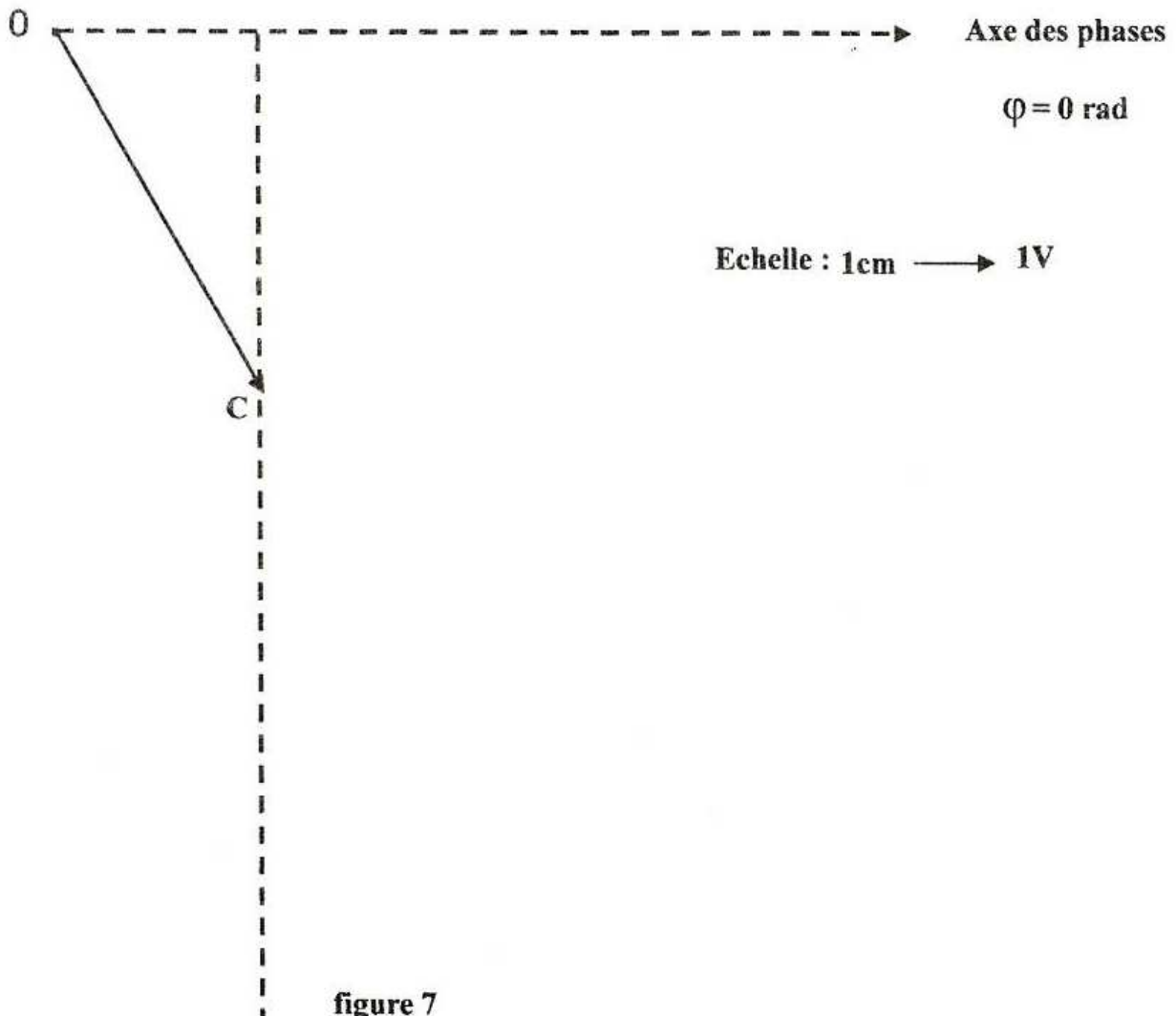


figure 7