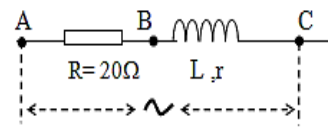


Série P_{10/B} : OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES

EXERCICE 1

Soit la portion de circuit électrique AC, ci-contre, comprenant un résistor (R) et une bobine inductive (L, r). Cette portion de circuit étant alimentée par un courant alternatif sinusoïdal de fréquence $f = 50\text{Hz}$, les mesures des tensions efficace ont donné les valeurs suivantes :



$U_{AB} = U_1 = 9,5\text{ V}$; $U_{BC} = U_2 = 5\text{ V}$; $U_{AC} = U = 13,6\text{ V}$.

3.1. Calculer les impédances Z_{BC} et Z_{AC} de la bobine et de la portion AC.

3.2. Evaluer les caractéristiques (L, r) de la bobine et déterminer le déphasage φ entre le courant et la tension aux bornes de AC.

3.3. En construisant le diagramme de FRESNEL des tensions, montrer qu'on peut retrouver la valeur de φ .

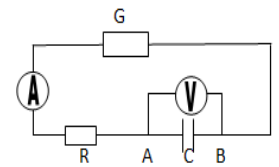
3.4. Déterminer la nature (justification à l'appui) et la (ou les) caractéristique(s) du dipôle X qu'il faut insérer dans la portion du circuit AC pour que la résonance soit réalisée.

Donner l'allure de la courbe de résonance en précisant les coordonnées du maximum. **(01 point)**

EXERCICE 2 (N°12 page 297 Collection KANDIA 2015)

EXERCICE 3

1. Pour déterminer la capacité C d'un condensateur on réalise le montage ci-contre :



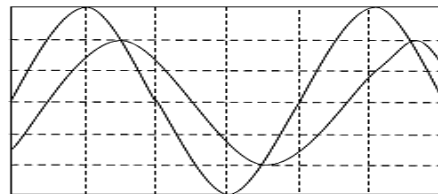
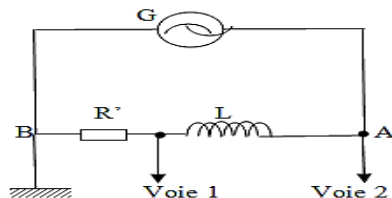
- G est un générateur de courant alternatif sinusoïdal ;
- A est un ampèremètre de résistance négligeable ;
- V est un voltmètre ;
- et R est un conducteur ohmique servant de résistance de protection $R = 1000\Omega$.

Le voltmètre et l'ampèremètre indiquent respectivement $U = 5\text{ V}$ et $I = 5\text{ mA}$ quand la fréquence du courant est $f = 50\text{Hz}$.

1.1. Déterminer la capacité C du condensateur.

1.2. L'intensité instantanée du courant étant $i = I\sqrt{2} \sin(\omega t)$, donner l'expression de la tension u_{AB} aux bornes du condensateur et celle de la tension u aux bornes de l'association (R,C). On déterminera les valeurs numériques de toutes les constantes figurant dans les expressions de u_{AB} et u .

2. Pour déterminer l'inductance L d'une bobine de résistance nulle on réalise le montage ci-dessous. La résistance du conducteur ohmique est $R' = 47\Omega$. On obtient les oscillogrammes ci-dessous à l'aide d'un oscillographe bicourbe branché comme ci-contre. La fréquence du courant fourni par le générateur est $f = 50\text{Hz}$.



2.1. Déterminer le déphasage φ entre la tension aux bornes de l'association (R, L) et l'intensité i du courant. Préciser le signe du déphasage. En déduire la valeur de L.

2.2. La tension u aux bornes de l'association (R,L) s'écrivant : $u = 4,7 \cdot \cos(\omega t)$ exprimer i puis u_{AB} tension aux bornes de la bobine. On calculera toutes les valeurs numériques des constantes figurant dans les expressions de u_{AB} et i .

EXERCICE 4

On applique aux bornes d'une bobine de résistance r et d'inductance L une tension $u(t) = 220\sqrt{2} \cos(2\pi ft)$ de fréquence f variable.

On mesure à l'aide d'un ampèremètre à aiguille, l'intensité efficace I du courant électrique qui traverse la bobine pour différentes valeurs de f .

On obtient les résultats groupés dans le tableau ci – dessous :

f (Hz)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
I (A)	2,10	1,80	1,60	1,37	1,18	1,03	0,91	0,81	0,73	0,67	0,61	0,56	0,52
Z (Ω)													
Z^2 ($10^4 \Omega^2$)													

Z désigne l'impédance de la bobine.

1) Compléter le tableau et tracer le graphe $Z^2 = g(f^2)$

2) Donner sans démonstration l'expression de l'impédance Z d'une bobine de résistance r et de coefficient d'auto-inductance L .

3) Dédurre du graphe les caractéristiques r et L de la bobine.

4) Rappeler la définition du coefficient d'auto-inductance L .

5) La bobine de longueur $l = 30$ cm comporte $N = 1743$ spires. Le diamètre d'une spire est $D = 10$ cm.

Etablir l'expression de L en fonction de l , N et D . Calculer L .

6) La bobine de résistance $r = 100\Omega$, de coefficient d'auto inductance $L = 0,1$ H est branchée en série avec un conducteur ohmique de résistance $R = 65,6\Omega$ et un condensateur de capacité $C = 10\mu\text{F}$.

6.a - Calculer le déphasage ϕ de l'intensité i du courant par rapport à la tension aux bornes de l'association dans le cas où $u(t) = 220\sqrt{2} \cos(100\pi t)$. Faire le diagramme de Fresnel.

6.b - Donner l'expression de la tension aux bornes de la bobine en fonction du temps.

EXERCICE 5

Entre les deux bornes M et N d'une source de courant alternatif, existe une tension de la forme $u = U\sqrt{2} \sin \omega t$ de fréquence f réglable et de valeur efficace constante $U = 100$ V.

1. On réunit les bornes M et N par un circuit comprenant, en série, un résistor de résistance $R = 25$ ohms, un condensateur de capacité $C = 10$ microfarads et un ampèremètre de résistance négligeable.

On donne à la fréquence la valeur $f = 63,6$ hertz.

1.1. Calculer l'intensité efficace I dans le circuit.

1.2. Déterminer le déphasage φ entre l'intensité $i(t)$ et la tension $u(t)$, puis écrire l'expression de $i(t)$.

1.3. Faire le schéma du montage et montrer comment brancher un oscilloscope bi-courbe pour visualiser $i(t)$ en voie A et $u(t)$ en voie B.

1.4. Représenter les deux tensions observées sur l'écran de l'oscilloscope (rectangle de 10 cm de long et 8 cm de haut). *sensibilité en voie A : 10 V/cm ; sensibilité en voie B : 40 V/cm, balayage ; 4 ms/cm.*

2. Une bobine de résistance négligeable et d'inductance L inconnue est intercalée entre le résistor et le condensateur.

2.1. En réglant la fréquence à la valeur $f_2 = 100$ Hz, on constate que l'ampèremètre indique $I = 2,00$ A. Exprimer puis calculer les deux valeurs L' et L'' pouvant être celle de L . Interpréter l'existence de ces deux valeurs à l'aide de la construction de Fresnel.

2.2. Déterminer la fréquence de résonance du circuit, pour chacune des valeurs possibles L' et L'' (respectivement f'_0 et f''_0)

2.3. En augmentant la fréquence f à partir de la valeur f_2 , on constate expérimentalement que l'intensité commence d'abord par augmenter. En déduire, quelle est de L' ou L'' , la valeur de l'inductance L de la bobine.

2.4. Exprimer, en fonction de la fréquence f , la puissance électrique consommée dans le circuit. Pour quelle valeur de f cette puissance est-elle maximale ? Pouvait-on prévoir ce résultat ?

EXERCICE 6

En travaux pratiques, des élèves se proposent de déterminer l'inductance L et la résistance r d'une bobine.

Pour cela, ils disposent du matériel suivant : la bobine en question, un générateur de tension sinusoïdale G dont on peut faire varier la fréquence f ; un conducteur ohmique de résistance $R = 50\Omega$; un condensateur de capacité $C = 8\mu\text{F}$; un oscilloscope bicourbe et des fils de connexion de résistance négligeable.

Chaque groupe d'élèves réalise un circuit série RLC (figure 4) et visualise, sur la voie A de l'oscilloscope, la tension instantanée $u(t)$ aux bornes de l'ensemble RLC et sur la voie B, la tension instantanée $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique.

5.1 Reproduire la figure 4 sur la feuille de copie et faire figurer les branchements de l'oscilloscope. **(0,5 pt)**

5.2 En début de manipulation, un élève observe sur une voie la courbe représentée sur la figure 5a. Il modifie alors un réglage de l'oscilloscope et obtient la courbe représentée sur la figure 5b.

Préciser entre les réglages, base de temps (ou balayage horizontal) et sensibilité verticale de l'oscilloscope, lequel a été effectué par l'élève et dans quel sens (augmentation ou diminution) ? **(0,5 pt)**

5.3 Visualisant les tensions sur les 2 voies on obtient, sur l'écran de l'oscilloscope, les courbes de la figure 5d avec les réglages suivants : base de temps 1ms/division ; sensibilité verticale pour les 2 voies 0,2 V / division.

5.3.1 Identifier les tensions représentées par les courbes 1 et 2. Justifier. **(0,5 pt)**

5.3.2 Expliquer pourquoi en visualisant la tension $u_R(t)$ sur la voie B, par la même occasion, on visualise l'intensité $i(t)$ dans le circuit. **(0,5 pt)**

5.4 A partir de la figure 5d, déterminer :

5.4.1 la fréquence des oscillations ; **(0,5 pt)**

5.4.2 la valeur maximale de $u(t)$ et la valeur maximale de $i(t)$. En déduire la valeur de l'impédance Z du circuit ; **(0,75 pt)**

5.4.3 la différence de phase φ de $u(t)$ par rapport à $i(t)$. On précisera si $u(t)$ est en avance ou en retard sur $i(t)$. En déduire la résistance r et l'inductance L de la bobine. **(01,25 pt)**

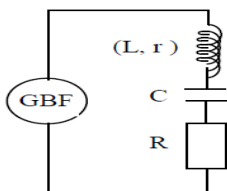


Figure 4



Figure 5a

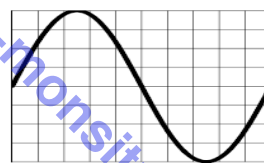


Figure 5b

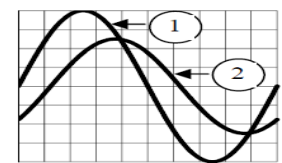


Figure 5d

EXERCICE 7

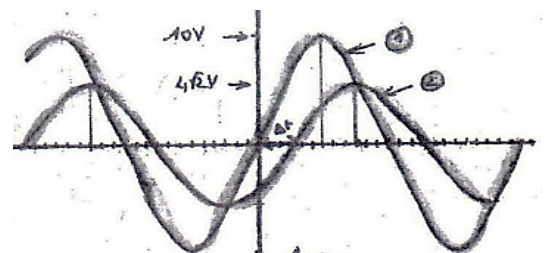
Un circuit électrique comporte : un résistor de résistance $R = 24\Omega$, un condensateur de capacité C et une bobine d'inductance $L = 0,8\text{ H}$ de résistance interne r . L'ensemble est alimenté par un GBF délivrant une tension $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt)$ telle que U_m est constante et la fréquence N est réglable. L'intensité instantanée du courant est $i(t) = I_m \sin(2\pi Nt + \varphi_i)$.

4.1- 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. Faire le schéma du montage en indiquant les branchements à l'oscilloscope.

4.2- Quand la fréquence N est ajustée à la valeur 202Hz , sur l'écran de l'oscilloscope on observe es courbes(1) et (2) de la figure (3).

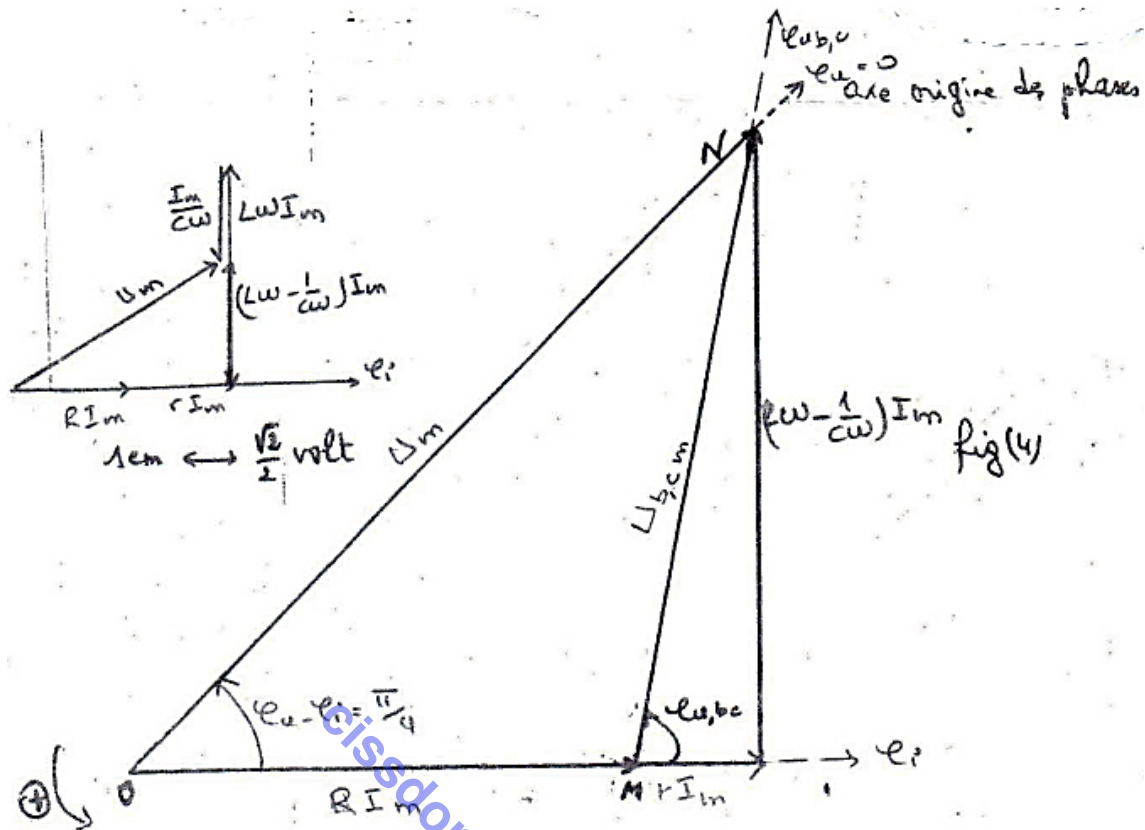
4.2.1- Montrer que la courbe (1) correspond à $u(t)$ et en déduire si le circuit est **inductif, capacitif** ou **résistif**. **(0,5 pt)**

4.2.2- Déterminer les valeurs de I et φ_i . **(01 pt)**



4.3- L'équation différentielle reliant $i(t)$, $\frac{di}{dt}$ et $\int i(t)dt$ s'écrit : $Ri(t) + ri(t) + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i(t)dt = U(t)$. La construction de **Fresnel** correspondant à la fréquence $N = 202\text{Hz}$ est donnée par la figure ci-dessous où

l'échelle adopté est $1\text{cm} \rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2}V$. Dans cette figure : Le vecteur \overline{ON} est associé à $u(t)$; Le vecteur \overline{OM} est associé à $u_R(t)$; Le vecteur \overline{MN} est associé à la tension aux bornes (bobine + condensateur).



4.3.1- déduire de cette construction de **Fresnel** la valeur de **r** et celle de **C**. (01 pt)

4.3.2- Exprimer la tension instantanée aux bornes de l'ensemble (bobine + condensateur). (0,5 pt)

4.4- On agit sur **N** tout en gardant **U_m** constante, de manière à rendre **u(t)** et **u_R(t)** en phase.

4.4.1- Quel est le phénomène observé ? (0,25 pt)

4.4.2- Préciser, en le justifiant, si l'on doit augmenter ou diminuer la valeur de **N** pour atteindre cet objectif. (0,25 pt)

4.4.3- Calculer alors la valeur **I₀** de l'intensité efficace du courant. (0,5 pt)

4.4.4- Montrer que dans ses conditions les tensions **u(t)** et **u_c(t)** (tension instantanée aux bornes de condensateur) sont en **quadrature de phase**. (0,5 pt)

EXERCICE 8

Lors d'une séance de travaux pratiques, des élèves d'un lycée se proposent de déterminer la capacité d'un condensateur, l'inductance et la résistance d'une bobine trouvés dans le laboratoire, sans aucune étiquette.

Pour cela, ces élèves disposent du matériel suivant :

- un générateur de basses fréquences (GBF), un conducteur ohmique de résistance $R = 80 \Omega$,
- la bobine d'inductance L et de résistance r , le condensateur de capacité C ,
- un ampèremètre de résistance négligeable, un voltmètre et des fils de connexion en quantité suffisante.

Les élèves réalisent un montage en série avec la bobine, le conducteur ohmique, le condensateur, l'ampèremètre et le générateur basse fréquence (GBF) qui délivre une tension sinusoïdale. Le voltmètre, branché aux bornes M et N du GBF, permet de vérifier que la tension efficace a ses bornes est maintenue constante et égale à $U = 1,00 V$.

4.1. Représenter le schéma du circuit électrique réalisé par les élèves. (0,5 pt)

4.2. Les élèves font varier la fréquence f de la tension délivrée par le GBF, relèvent l'intensité efficace I correspondante et obtiennent le tableau suivant :

f (Hz)	300	500	600	650	677	700	755	780	796	850	900	1000
I (mA)	0,74	1,90	3,47	5,20	6,61	8,05	9,35	7,48	6,61	4,50	3,44	2,40

4.2.1 Tracer la courbe de l'intensité efficace I en fonction de la fréquence f : $I = g(f)$. **(0,5 pt)**

Echelles : en abscisses : 15 mm \rightarrow 100 Hz ; en ordonnées : 20 mm \rightarrow 1 mA

4.2.2. Déterminer graphiquement la fréquence f_0 de résonance du circuit. **(0,25 pt)**

4.2.3. Calculer l'impédance Z du circuit pour $f = f_0$. En déduire la résistance r de la bobine **(01 pt)**

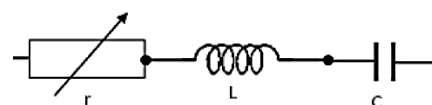
4.2.4. Déterminer la largeur de la bande passante β du circuit. **(0,5 pt)**

4.2.5 Calculer l'impédance du circuit aux extrémités de la bande passante. **(0,25 pt)**

4.3. Ces élèves admettent que la largeur β de la bande passante est telle que $\beta = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{R_T}{L}$ relation où R_T désigne la résistance totale du circuit oscillant. Déterminer la valeur de l'inductance L de la bobine et celle de la capacité C du condensateur. **(01 pt)**

EXERCICE 9

4.1 On applique une tension sinusoïdale de valeur efficace constante U et de pulsation ω aux bornes d'un circuit comprenant en série un résistor de résistance variable r , une bobine d'inductance L , de résistance négligeable et un condensateur de capacité C . Pour cette partie on prendra: $U = 0,2$ V ; $L = 2 \cdot 10^{-3}$ H ; $\omega = 30,15 \cdot 10^3$ rad/s.



Document 3

4.1.1. Exprimer le déphasage φ de la tension instantanée u par rapport à l'intensité instantanée i en fonction de C , L , ω et r . On posera : $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$ et $i(t) = I_m \cos \omega t$. **(0,5 pt)**

4.1.2. En déduire les deux valeurs de C qui produisent un déphasage tel que $|\varphi| = \frac{\pi}{4}$ rad entre la tension et l'intensité pour $r = 6 \Omega$. **(0,5 pt)**

4.1.3. Pour chacune des valeurs de la capacité C , calculer l'intensité efficace correspondante. **(0,5 pt)**

4.2. On s'intéresse maintenant aux variations de la puissance P consommée dans la portion du circuit (r L C) en fonction de la résistance r pour une capacité $C = 5 \cdot 10^{-7}$ F.

4.2.1. Montrer que la puissance consommée dans cette portion de circuit peut être donnée par la relation : $P = \frac{ar}{r^2 + b}$ avec a et b des constantes à déterminer ; on prendra les valeurs de U , L et ω indiquées en **4.1** **(01 pt)**

4.2.2. En déduire la valeur optimale de r pour une puissance maximale consommée. **(0,5 pt)**

4.2.3. En faisant varier la résistance r du résistor, les mesures ont permis d'obtenir le tableau ci-dessous :

$r(\Omega)$	0	1	2	4	6	8	10	12	14	16
$P(10^{-3} \text{ W})$	0,00	1,07	1,98	3,06	3,32	3,18	2,93	2,66	2,4	2,19

4.2.3.1. Représenter graphiquement P en fonction de r .

Echelle : 1cm pour 2 Ω et 1cm pour $0,50 \cdot 10^{-3}$ W **(0,5 pt)**

4.2.3.2. Par exploitation du graphe, trouver la valeur de r notée r_0 pour laquelle la puissance consommée est maximale.

Comparer ce résultat à celui de la question **4.2.2.** **(0,5 pt)**

4.2.4. Montrer que la puissance maximale consommée peut se mettre sous la forme $P_m = \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{r_0}$ pour des valeurs quelconques mais constantes de U , L , C , ω (sauf pour celle qui annule la quantité $L\omega - \frac{1}{C\omega}$). En déduire la valeur du déphasage φ entre la tension u et l'intensité i . Conclure. **(0,5 pt)**

4.2.5. A quel cas important correspond l'exception précédente ? Dire qualitativement comment varie la puissance P en fonction de r dans ce cas. **(0,5 pt)**

EXERCICE 10 (N°13 page 316 Collection KANDIA 2015)

AU TRAVAIL !