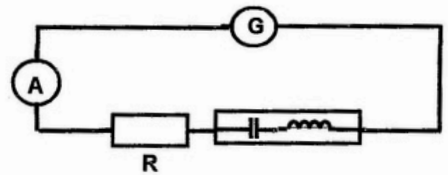
# LES OSCILLATEURS ELECTRIQUES

## Exercice 1

On considère le circuit électrique représenté par le schéma suivant :




- G : Générateur de basse fréquence maintenant entre ces bornes une tension sinusoïdale : $u = U_m \sin \omega t$
- D : Dipôle formé d'un condensateur de capacité C = 5µF et d'une bobine d'inductance L et de résistance interne r.
- R : Conducteur ohmique de résistance R variable.
- A : Ampèremètre de faible résistance.

A l'aide d'un oscilloscope bicourbe on visualise les tensions:

- u(t) aux bornes du générateur
- $u_D$ (t) aux bornes du dipôle D

On obtient l'oscillogramme de la figure-1.

1°) faire le branchement de l'oscilloscope afin de visualiser la tension $u_D(t)$ sur la voie (2) et la tension u(t) sur la voie (1).
2°) Montrer que la courbe ($C_1$) correspond à u(t).
3°) Montrer que le circuit est en état de résonance d'intensité.
4°) Sachant que l'ampèremètre indique une intensité I = 0,3A, calculer:
-a- La valeur de l'inductance L de la bobine.
-b- La valeur de la résistance r de la bobine.
-c- La valeur de la résistance R.
-d- Calculer le facteur de surtension.

**II/**

On change la valeur de la résistance R du conducteur ohmique. Pour une nouvelle pulsation du générateur de basse fréquence on obtient les oscillogrammes de la figure-2 (les sensibilités verticales sont différentes).

1°) Déterminer le déphasage $\varphi_{uD} - \varphi_u$.
2°) Parmi les deux constructions de FRESNEL relatives aux tensions efficaces (représentés à l'échelle) sur les figures -3a et -3b, laquelle correspond à notre circuit.

3°) À partir de la construction de FRESNEL, déterminer:
-a- L'indication de l'ampèremètre.
-b- La nouvelle valeur de R.
-c- La nouvelle valeur de la pulsation ω.

secondaire.10lef.com

Figure - 1

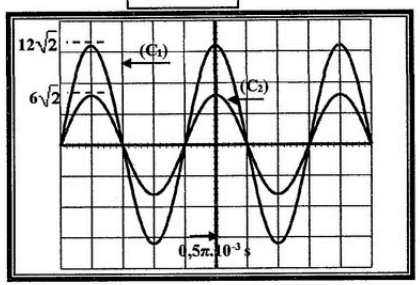
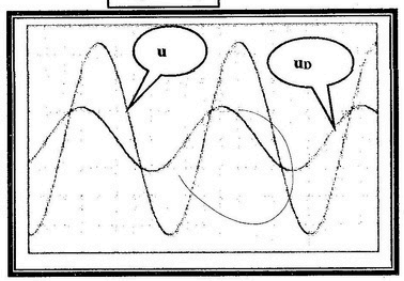
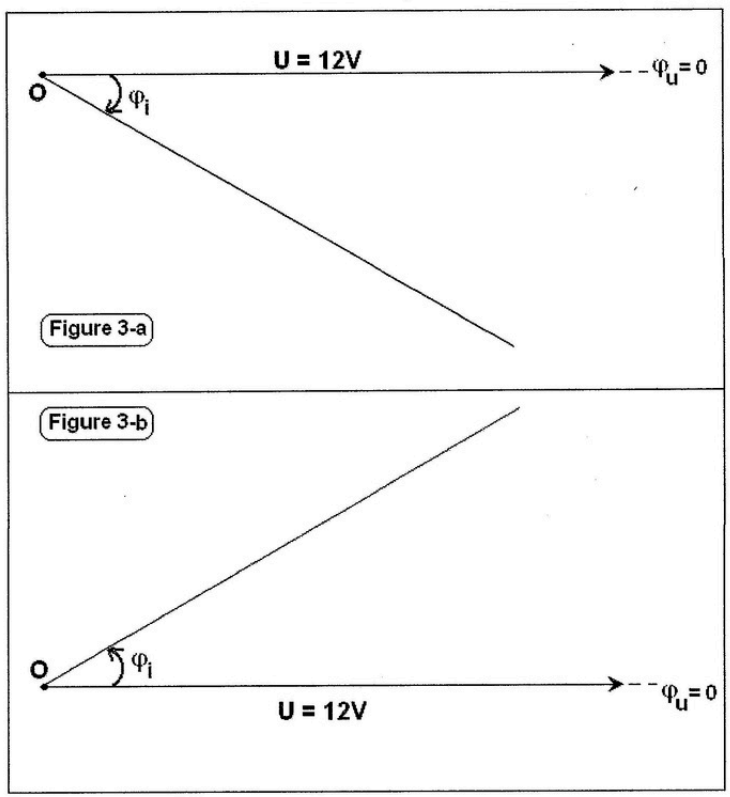



Figure - 2




secondaire.10lef.com

## Exercice 2

On donne : $\pi^2 = 10$

Un dipôle MN est constitué par l'association en série d' :

- Un résistor de résistance R = 20Ω
- Une bobine de résistance r et d'inductance L
- Un condensateur de capacité C = 4μF

A l'aide d'un générateur G.B.F de fréquence réglable on applique aux bornes de ce dipôle une tension alternative sinusoïdale : $u(t) = U\sqrt{2}\sin(\omega t)$

On fait varier N en maintenant la tension efficace U constante (U = 10V).

On obtient la courbe I = f(ω) (avec ω : pulsation de u(t)).

1°) Établir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant dans le circuit.

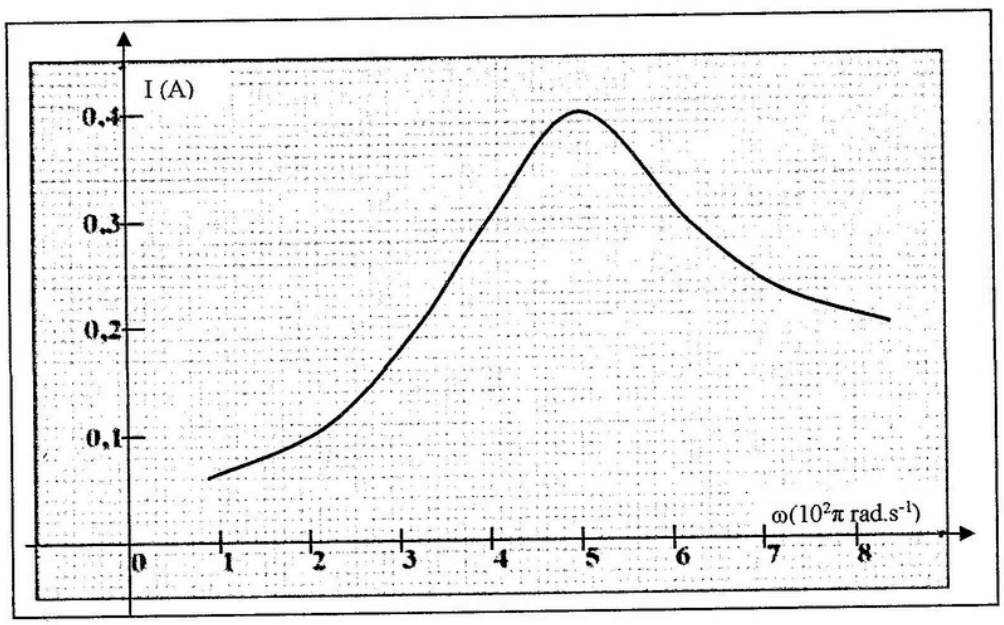
2°) On donne la courbe I = f(ω)

Déterminer :

-a- La pulsation propre $\omega_0$ de l'oscillateur.

-b- L'inductance L de la bobine.

-c- La résistance r.



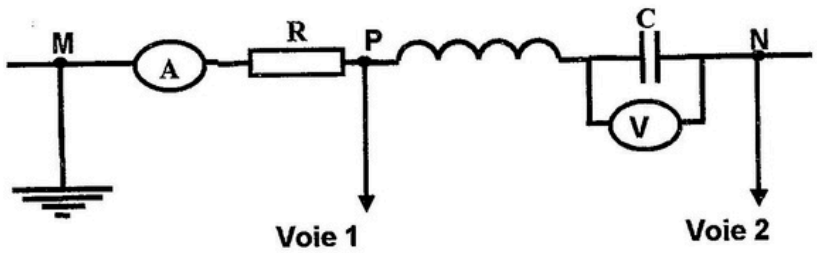

3°) Calculer le facteur de qualité Q et en déduire la tension efficace $U_C$ aux bornes du condensateur.

4°) Montrer que l'énergie électrique du circuit reste constante pour $N = N_0$.
Calculer sa valeur E.

5°) Pour I = 0,3A, écrire les expressions de i(t) et $u_B(t)$ dans le cas du circuit capacitif.

secondaire.10lef.com

## Exercice 3




On considère la portion de circuit MN de la figure ci-contre :
Comprenant en série :

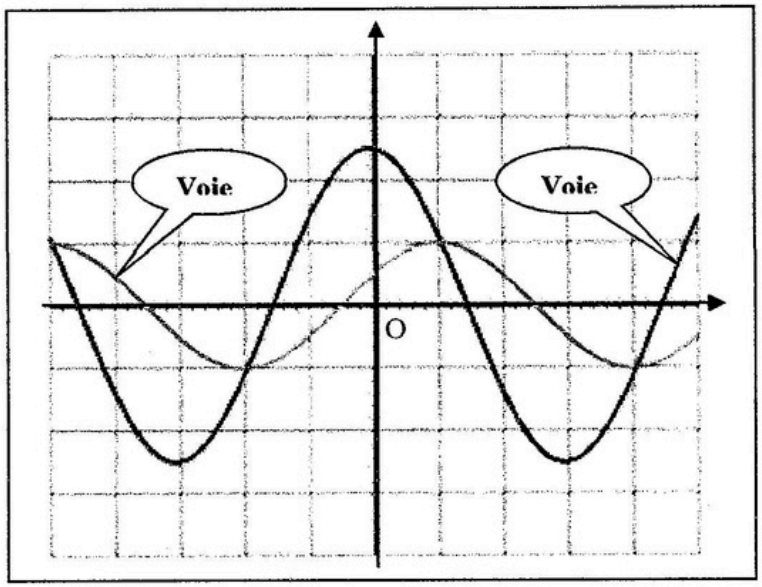
- Un résistor de résistance R = 10Ω
- Une bobine de résistance r et d'inductance L
- Un condensateur de capacité C
- Un ampèremètre de résistance négligeable

L'ensemble est alimenté par une tension sinusoïdale : $u(t) = U\sqrt{2}\sin(\omega_e t + \varphi_u)$ de valeur efficace constante U = 30V.

On fixe la pulsation de l'excitateur à une valeur :

$$\omega_e = 10^3 \text{rad.s}^{-1}.$$

A l'aide d'un oscilloscope bicourbe, on obtient l'oscillogramme suivant :




La même sensibilité est utilisée pour les deux voies.

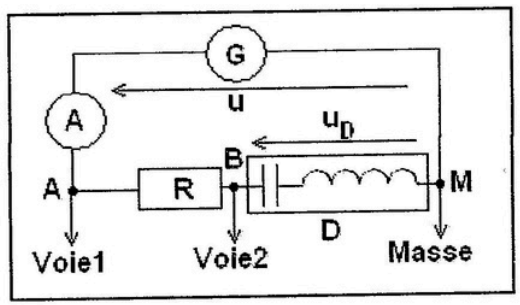
1°) Préciser dans quel état se trouve le circuit.
2°) Déterminer le déphasage $\Delta\varphi$ de l'intensité i(t) par rapport à la tension excitatrice u(t).
3°) Calculer :
   a- La valeur de l'intensité du courant indiqué par l'ampèremètre.
   b- L'impédance Z du circuit électrique.
4°) Établir les expressions de l'intensité i(t) et de la tension u(t).

5°) Le voltmètre (V) indique une valeur égale à 18V.
   -a- Représenter à l'échelle: (5Ω représenté par 2 cm), la construction de Fresnel relative aux impédances.
   -b- En déduire la résistance r et l'inductance L de la bobine.

secondaire.10lef.com

# Correction Exercice 1

**I)** 1) Pour visualiser u (t) = $u_{AM}$ sur la voie 1, et $u_D$ (t) = $u_{BM}$ sur la voie2, on fait les branchements suivants : On lie M à la masse de l'oscilloscope, A à la voie 1 et B à la voie 2.




2) $U_m = Z\, I_m$ avec $Z^2 = (R+r)^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2$

$U_{Dm} = Z_D\, I_m$ avec $Z_D^2 = r^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2$

$Z > Z_D \Rightarrow U_m > U_{Dm} \Rightarrow$ La courbe ($C_1$) correspond à u (t).

3) Les 2 courbes sont en phase $\Rightarrow \varphi_u = \varphi_{uD}$

Loi des mailles : $u_D + u_R = u \Rightarrow u_R = u - u_D \Rightarrow U_{Rm}\sin(\omega t + \varphi_i) = U_m \sin(\omega t + \varphi_u) - U_{Dm}\sin(\omega t + \varphi_u)$

$\Rightarrow U_{Rm}\sin(\omega t + \varphi_i) = (U_m - U_{Dm})\sin(\omega t + \varphi_u) \Rightarrow U_{Rm} = (U_m - U_{Dm})$ et $\boxed{\varphi_i = \varphi_u}$.

u (t) et i (t) sont en phase. Donc le circuit est en résonance d'intensité ($\omega = \omega_0$).

4) a) $\omega^2 = \dfrac{1}{LC} \Rightarrow L = \dfrac{1}{C\omega^2}$ avec $\omega = \dfrac{2\pi}{T}$ et T = 2π ms (4 divisions). $\omega = 10^3$ rad.s$^{-1}$ $\Rightarrow$ **L = 0,2 H.**

b) $U_{Dm} = Z_D\, I_m = r\, I_m \Rightarrow r = \dfrac{U_{Dm}}{I_m} = \dfrac{U_D}{I} = \dfrac{6}{0,3} \Rightarrow$ **r = 20 Ω.**

c) $U_m = Z\, I_m = (R + r)\, I_m \Rightarrow R = \dfrac{U}{I} - r = \dfrac{12}{0,3} - 20 \Rightarrow$ **R = 20 Ω.**

d) $Q = \dfrac{U_C}{U} = \dfrac{L\omega}{R+r} = \dfrac{0,2.10^3}{40} \Rightarrow$ **Q = 5**

**II)** 1) $u_D$ (t) est en avance de phase par rapport à u (t) $\Rightarrow \varphi_{uD} - \varphi_u = \omega\, \Delta t$ avec $\Delta t = \dfrac{T}{8}$ (1division)

$\varphi_{uD} - \varphi_u = \dfrac{2\pi}{T} \cdot \dfrac{T}{8} \Rightarrow \boxed{\varphi_{uD} - \varphi_u = \dfrac{\pi}{4}\ \text{rad.}}$

2) On a $\varphi_u = 0 \Rightarrow \varphi_{uD} = \dfrac{\pi}{4}$ rad > 0. C'est la figure (3-a) qui correspond à notre circuit. C'est un **circuit inductif** ($\varphi_u - \varphi_i < 0$). On représente le vecteur $\overrightarrow{BA}$ (représentant $u_D = r\, i + L\dfrac{di}{dt} + \dfrac{1}{C}\int i dt$) faisant un angle $\dfrac{\pi}{4}$ avec le vecteur $\overrightarrow{0A}$ (représentant u). Le vecteur $\overrightarrow{CA} \perp \overrightarrow{0C}$ représente $L\dfrac{di}{dt} + \dfrac{1}{C}\int i dt$, le vecteur $\overrightarrow{OB}$ représente R i et le vecteur $\overrightarrow{BC}$ représente r i.

secondaire.10lef.com

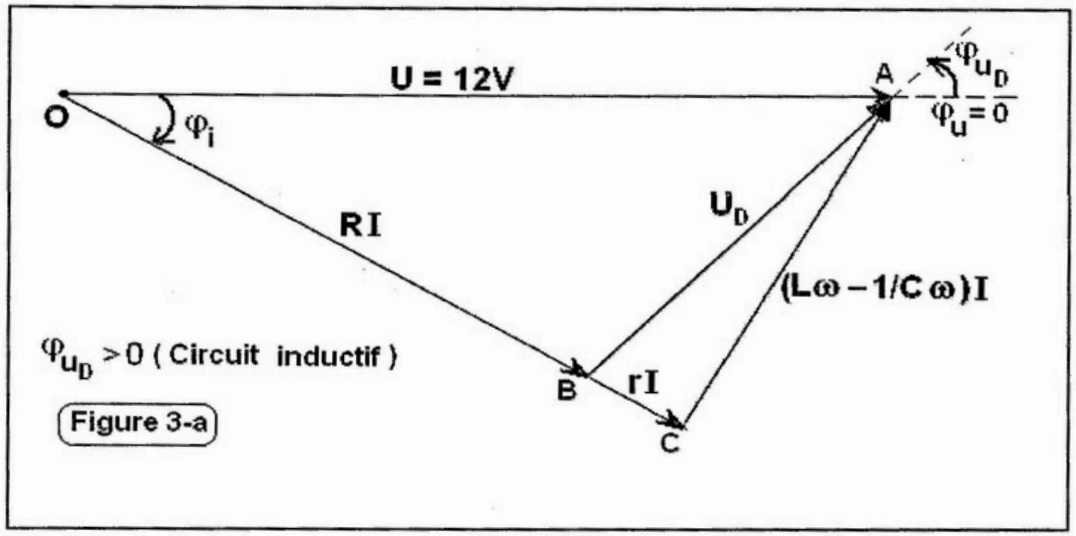



Figure 3-a

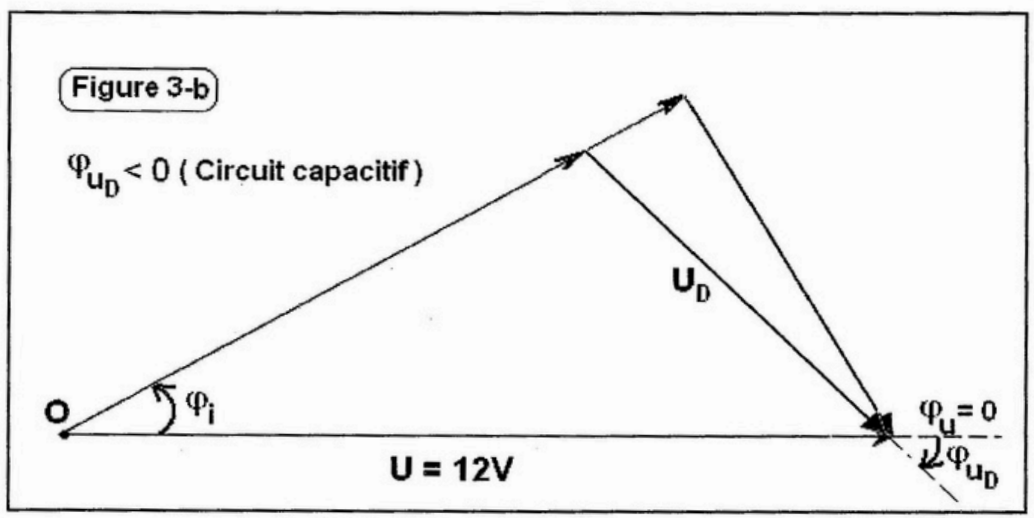
3) a) $\overrightarrow{BC}$ mesure 1,6 cm $\Rightarrow$ r I = 1,6 V $\Rightarrow$ I = $\frac{1,6}{20}$ = $8.10^{-2}$ A.

b) $\overrightarrow{0C}$ mesure 10,4 cm $\Rightarrow$ (R + r) I = 10,4 V $\Rightarrow$ R = 110 V.

c) $\overrightarrow{CA}$ mesure 6 cm $\Rightarrow$ (L ω –1/Cω) I = 6 V $\Rightarrow$ (L ω –1/Cω) = 75 Ω.

L C $\omega^2$ – 75 C ω – 1 = 0 $\Rightarrow$ $10^{-6}\omega^2 - 375.10^{-6}\omega - 1 = 0$.

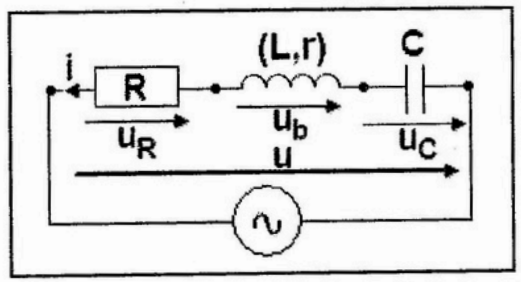
Δ = $4,14.10^{-6}$ $\Rightarrow$ ω = $1,2.10^3$ rad.$s^{-1}$. (ω > $\omega_0$ ).




secondaire.10lef.com

# Correction Exercice 2

$u(t) = U\sqrt{2}\sin\omega t$ avec U = 10V.




1) Loi des mailles : $u_R + u_C + u_b = u$

D'où l'équation différentielle : $(R+r)\,i + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i\,dt = u$

2) Dans la courbe de résonance $I(\omega)$, le seul point remarquable est le sommet d'abscisse ($\omega = \omega_0$) et d'ordonnée $I = U/(r+R)$ correspondant à la **résonance de i**.

a) On lit $\omega_0 = 500\pi$ rad.s$^{-1}$.

b) $\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow L = \frac{1}{C\omega_0^2} = \frac{1}{4.10^{-6}(500\pi)^2} = 0{,}1\text{H}$ (avec $\pi^2 = 10$) $\Rightarrow$ **L = 0,1H**

c) A la résonance de i, on a $Z = r + R = \frac{U}{I}$ avec $I = 0{,}4\text{A} \Rightarrow r = \frac{U}{I} - R = 5\Omega \Rightarrow$ **r = 5 Ω.**

3) $Q = \frac{1}{C\omega(r+R)} \Rightarrow$ **Q = 6,37** (ou $Q = \frac{L\omega}{(r+R)} = 6{,}28$) et $U_C = Q\,U \Rightarrow$ **$U_C$ = 63,7 V.**

4) $E = \frac{1}{2}C u_C^2 + \frac{1}{2}Li^2 \Rightarrow \frac{dE}{dt} = C u_C \frac{du_C}{dt} + Li\frac{di}{dt} = i(u_C + u_L) = i[u - (r+R)i]$

A la résonance de i : $(r+R)\,i = (r+R)\,I_m \sin(\omega t + \varphi_i) = U_m \sin(\omega t + \varphi_u) = u$ car $(r+R)\,I_m = U_m$ et $\varphi_i = \varphi_u$

$\Rightarrow u - (r+R)\,i = 0 \Rightarrow \frac{dE}{dt} = 0 \Rightarrow E = \text{cte.}$

Ou bien: $u_C = U_{Cm}\sin(\omega t + \varphi_i - \pi/2) = -U_{Cm}\sin(\omega t + \varphi_i + \pi/2)$ et $u_L = U_{Lm}\sin(\omega t + \varphi_i + \pi/2) = -u_C$
car $U_{Lm} = U_{Cm} \Rightarrow u_C + u_L = 0$.

Valeur de E : $E = \text{cte} = \frac{1}{2}L I_m^2 = L I^2 = 1{,}62.10^{-2}$J. ou $E = \frac{1}{2}C U_{Cm}^2 = C U_C^2 = 1{,}62.10^{-2}$J.

5) $I = 0{,}3\text{A} \Rightarrow \omega = 400\pi$ rad.s$^{-1}$(car $\omega < \omega_0$).

- Expression de i(t) : $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$

$\cos(\varphi_u - \varphi_i) = \frac{R+r}{Z} = \frac{(R+r)\,I}{U} = 0{,}75 \Rightarrow (\varphi_u - \varphi_i) = -0{,}72\text{rad} < 0 \Rightarrow \varphi_i = 0{,}72$ rad car $\varphi_u = 0$.

D'où : **$i(t) = 0{,}3\sqrt{2}\sin(400\pi t + 0{,}72)$**

- Expression de $u_b(t)$ : $u_b(t) = U_{bm}\sin(\omega t + \varphi_{ub})$

$U_b = Z_b I = \sqrt{r^2 + (L\omega)^2}\; I = 37{,}7\text{V}$ et $\text{tg}(\varphi_{ub} - \varphi_i) = L\omega/r = 25{,}1$

$\Rightarrow \varphi_{ub} - \varphi_i = 1{,}53\text{rad} \Rightarrow \varphi_{ub} = 2{,}25\text{rad}.$

D'où : **$u_b(t) = 37{,}7\sqrt{2}\sin(400\pi t + 2{,}25)$**

secondaire.10lef.com

## Correction Exercice 3

$u(t) = U\sqrt{2}\ \sin(\omega t + \varphi_u)$ avec $U = 30V$ et $\omega = 10^3$ rad.s$^{-1}$.

1) Les tensions observées sont $u_R(t)$ sur la voie 1 et $u(t)$ sur la voie 2.
$u_R(t)$ et $i(t)$ sont de même $\omega$ que $u(t) \Rightarrow$ Le circuit est en oscillations forcées.
C'est un **circuit inductif** car $u(t)$ est en avance de phase /$i(t)$ :
$\varphi_u - \varphi_i > 0$ (car $\varphi_i = \varphi_{uR}$)

2) $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = \omega\ \Delta t$ avec $\Delta t = T/6$ (1div) $\Rightarrow \Delta\varphi = 2\pi/T.T/6 = \pi/3$ rad.

3) a) $I = \dfrac{U_R}{R} = \dfrac{12}{10} = 1{,}2A$ (car $\dfrac{U_R}{U} = \dfrac{1div.S_V}{2{,}5div.S_V} = \dfrac{1}{2{,}5} \Rightarrow$
$U_R = 2{,}5\ U = 12V$)

b) $Z = \dfrac{U}{I} = \dfrac{30}{1{,}2} = 25\ \Omega.$

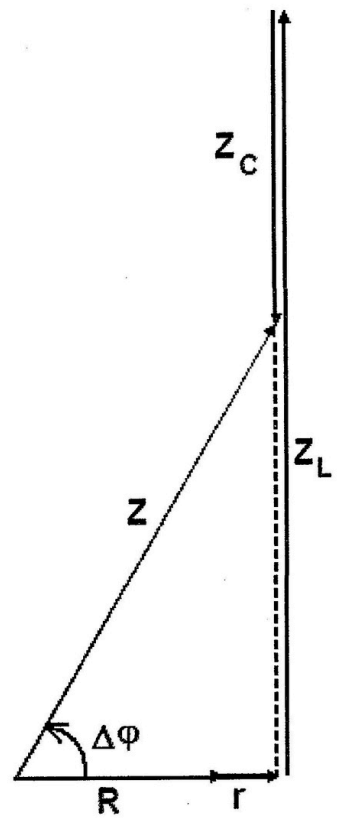
4) $u(t) = U\sqrt{2}\ \sin(\omega t + \varphi_u)$ . A $t = 0$ : $u = U_m \Rightarrow \sin\varphi_u = 1 \Rightarrow \varphi_u = \pi/2$
D'où $u(t) = 30\sqrt{2}\ \sin(10^3 t + \pi/2)$
$i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$. $\varphi_u - \varphi_i = \pi/3 \Rightarrow \varphi_i = \pi/2 - \pi/3 = \pi/6$ rad.
D'où $i(t) = 1{,}2\sqrt{2}\ \sin(10^3 t + \pi/6)$

5) a) $R\,i + r\,i + L\dfrac{di}{dt} + \dfrac{1}{C}\int i\,dt = u.$

$R\,i \longrightarrow \vec{V}_R(R, \varphi_i)$ avec $R = 10\ \Omega \rightarrow 4$ cm

$u \longrightarrow \vec{V}(Z, \varphi_u)$ avec $Z = 25\ \Omega \rightarrow 10$ cm
et $\varphi_u - \varphi_i = \pi/3$ rad (30°).

$u_C \longrightarrow \vec{V}_C(Z_C, \varphi_i - \pi/2)$ avec $Z_C = U_C/I = \dfrac{18}{1{,}2} = 15\ \Omega \rightarrow 6$ cm




secondaire.10lef.com

On représente ces 3 vecteurs, puis on complète le diagramme par le vecteur $\vec{V}_r\,(r, \varphi_i)$ et $\vec{V}_L\,(Z_L, \varphi_i + \pi/2)$.

b) $\vec{V}_r$ mesure 1cm $\Rightarrow r = 1 \times 2{,}5 \Rightarrow \mathbf{r = 2{,}5\ \Omega}$.

$\vec{V}_L$ mesure 14,6 cm $\Rightarrow L\omega = 14{,}6 \times 2{,}5 = 36{,}5\ \Omega$.

D'où $\mathbf{L = 36{,}5.10^{-3}\ H}$.

Par calcul : $r = Z\cos\Delta\varphi - R = 2{,}5\ \Omega$.

$L\omega = Z\sin\Delta\varphi + Z_C = 36{,}65\Omega \Rightarrow L = 36{,}7.10^{-3}\text{H}$ .

secondaire.10lef.com