

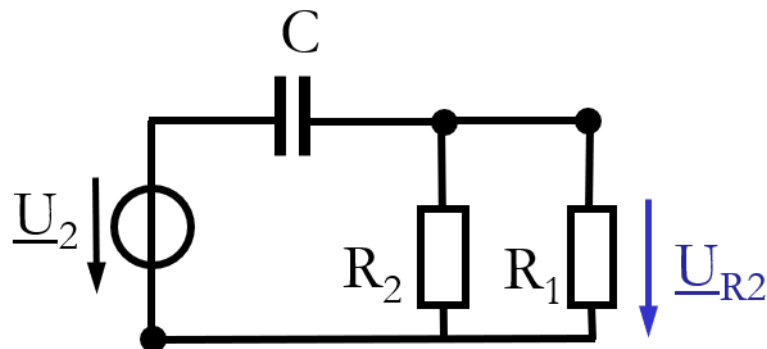
Exercices chapitre 3 – série 3

Enoncés

Exercice I.

On cherche à relier la tension U_{R2} à U_2 dans le circuit suivant qui a été vu en cours (il s'agissait d'illustrer le principe de superposition avec des phaseurs, voir transparents 24 et 25).

Retrouvez le résultat du cours en détaillant les étapes de calcul.

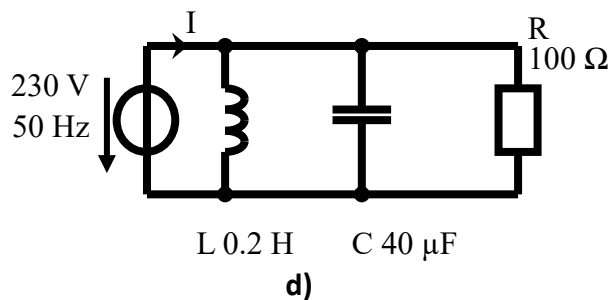
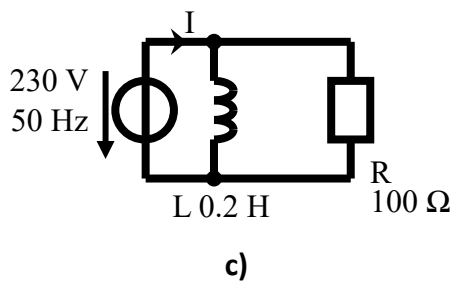
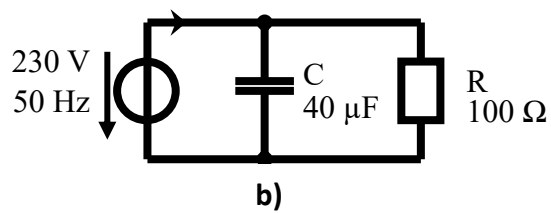
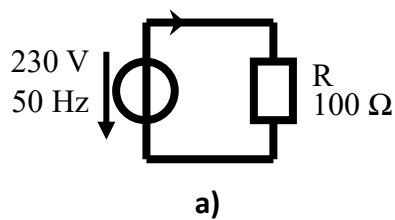


Exercice II. (courant, tension et puissance en régime sinus)

Pour chacun des circuits suivants, calculez :

- L'admittance (en complexe) (on pourrait aussi calculer l'impédance).
- Le courant efficace.
- Le déphasage entre le courant et la tension.
- La puissance moyenne fournie par le réseau.

Commentez les valeurs obtenues pour les cas b), c) et d) vis-à-vis du cas a).



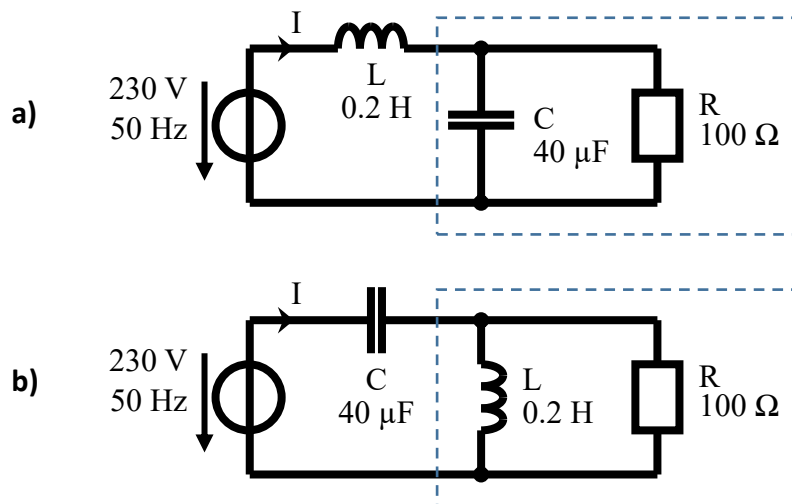
Réponses :

- **Circuit a) :** $I_{eff} = 2.3 A$, déphasage nul, puissance moyenne *529 Watts*
- **Circuit b) :** $I_{eff} = 3.7 A$, déphasage 51,6 degrés, puissance moyenne *529 Watts*
- **Circuit c) :** $I_{eff} = 4.32 A$, déphasage -57,8 degrés, puissance moyenne *529 Watts*
- **Circuit d) :** $I_{eff} = 2.42 A$, déphasage -18,26 degrés, puissance moyenne *529 Watts*

Exercice III. (courant, tension et puissance en régime sinus)

Pour chacun des circuits suivants, calculez :

- L'impédance équivalente de la partie encadrée (on pourrait aussi calculer l'admittance).
- L'impédance du circuit.
- Le courant efficace.
- Le déphasage entre le courant et la tension.
- La puissance moyenne fournie par le réseau. Commentez par rapport à l'exercice I.
- En calculant la tension efficace U_{R-eff} aux bornes de la résistance, calculez la puissance moyenne dissipée par la résistance. Qu'en déduisez-vous ?



Réponses.

- **Circuit a) :**

$$|Z| = 41,3 \Omega, I_{eff} = 5,57 A \text{ et déphasage} = 20 \text{ deg}, P = 1200 \text{ Watts.}, U_{R-eff} = 346,78 V$$

Puissance résistance: 1200 Watts

- **Circuit b) :**

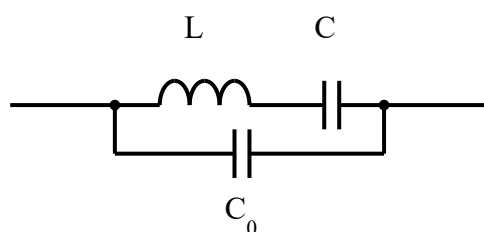
$$|Z| = 44,6 \Omega \text{ et déphasage} = -50,6 \text{ deg}, I_{eff} = 5,16 A, P = 753 \text{ Watts.}, U_{R-eff} = 274,5 V$$

Puissance résistance: 753 Watts

Exercice IV. (Impédance équivalente du quartz)

Un quartz est un cristal qui a des propriétés piezo-électriques, c'est-à-dire qu'il se déforme si on applique une tension électrique à ses bornes (très faible déformation... 10^{-12} m/V), et réciproquement il va créer une différence de potentiel si on le déforme mécaniquement (ce qui est à l'origine de l'étincelle électrique des briquets qui génèrent un choc 'violent' sur un cristal de quartz... plusieurs milliers de volts si on déforme le cristal de seulement 1 nanomètre).

De par leurs propriétés electro-mécaniques, ces éléments sont très utilisés dans les oscillateurs car ils dissipent très peu d'énergie. Pour prédire le comportement des circuits, on utilise un modèle équivalent comme celui-ci-dessous qui rend assez bien compte de leurs propriétés en fréquence.



- 1) Etablir l'expression de l'impédance Z en fonction de ω .
- 2) Déterminez la fréquence f_s , dite de résonance série, pour laquelle l'impédance est nulle.
- 3) Déterminez la fréquence f_p , dite de résonance parallèle, pour laquelle l'impédance est infinie.
- 4) Exprimez la relation qui existe entre ces 2 fréquences. Que remarquez-vous ?
Si $C_0 \gg C$, donnez une solution approchée.

Exemple numérique: $C_0 = 4.3$ pF, $L = 17$ mH, $C = 19$ fF (femto = 10^{-15})

- 5) Quelle est la puissance moyenne sur une période d'oscillation qui sera dissipée par ce circuit ? Commentez

Réponses.

- 1)
$$Z_Q = -j \frac{(1 - \omega^2 LC)}{\omega(C_0 + C)(1 - \omega^2 L \frac{C C_0}{C + C_0})}$$
- 2)
$$f_s = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}, f_s = 8.8556 \text{ MHz}$$
- 3) $f=0$ et $f_p = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \frac{C C_0}{C + C_0}}}, f_p = 8.8752 \text{ MHz}$
- 4)
$$f_p = f_s \sqrt{1 + \frac{C}{C_0}}, f_p \cong f_s \left(1 + \frac{C}{2C_0}\right)$$
- 5) La puissance moyenne sur une période est nulle.

Exercice V. (Exercice plus difficile)

On cherche à déterminer la fonction $\underline{U}_L/\underline{U}_S$ du circuit suivant.

Le rectangle bleu modélise un amplificateur de tension inverseur, c'est à dire avec un gain en tension réel négatif. Le losange est la source de tension commandée.

Pour simplifier la notation, on utilisera la notation U à la place de \underline{U} .

Exprimez le courant I_{R1} en fonction de U_S et U_I

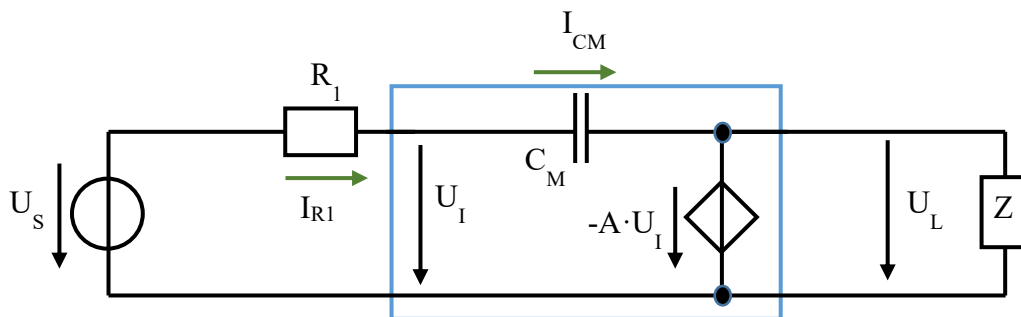
- 1) Exprimez le courant I_{CM} en fonction de U_L et U_I
- 2) Que peut-on dire des courants I_{R1} et I_{CM} ? Ecrire cette relation. Utiliser le fait qu'on a un amplificateur, c'est-à-dire que U_L et U_I sont liés.

- 3) En déduire la fonction $\frac{U_L}{U_S}(\omega)$.

Définir une fréquence angulaire de coupure ω_C de sorte que l'on ait $\frac{U_L}{U_S}(\omega) = \frac{-A}{(1+j\frac{\omega}{\omega_C})}$

- 4) Jusqu'à quelle fréquence U_L dépendra peu de l'impédance de sortie ?

- 5) Si Z est à présent une résistance $R = 1 \text{ k}\Omega$, déterminez l'amplitude et le déphasage du signal U_L si le signal de source est un sinus de tension de crête 0.1 V avec $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $C_M = 16 \text{ pF}$ et $A = 100$ pour les fréquences suivantes : 1 kHz , 10 kHz et 100 kHz



Réponses

1) Les questions 1, 2 et 3 donnent:

$$\frac{U_S - U_I}{R_1} = j\omega C_m (U_I - U_L), \text{ puis } U_L = U_S \frac{-A}{(1 + j\omega R_1 C_m (A+1))}$$

3) - $\frac{U_L}{U_S}(\omega) = \frac{-A}{(1 + j\frac{f}{f_c})}$, donc $\frac{U_L}{U_S}$ dépendra peu de la fréquence jusqu'à une f_c

4) -

5) $f = 1 \text{ kHz}$ $\hat{U}_L = 10 \text{ V}$ $\Phi = -186^\circ$

le signal est amplifié 100 fois et il est presque en opposition de phase (proche de 190° ou -190°)

• $f = f_c = 10 \text{ kHz}$ $\hat{U}_L = 7.1 \text{ V}$ $\Phi = -225^\circ$

le signal est amplifié de $100/\sqrt{2}$ avec déphasage

• $f = 100 \text{ kHz}$ $\hat{U}_L = 1 \text{ V}$ $\Phi = -264^\circ$

le signal est amplifié 10 fois avec déphasage