Sujet n°1

Question de cours

Sur l'exemple d'un circuit RC du 1er ordre aux bornes du condensateur.

(a) Déterminer la nature du filtre à partir des comportements asymptotiques des dipôles.

(b) Établir la fonction de transfert harmonique, puis le gain et la phase.

(c) Déterminer l'expression de la pulsation de coupure en fonction des composants.

Exercice n°1 Résonance en élongation

On étudie la résonance en élongation $\underline{Z_m} = \dfrac{Z_{Am}}{1 - x^2 + j\frac{x}{Q}}$

1 - Exprimer l'amplitude.

2 - Étudier l'existence d'une résonance en déterminant la pulsation de résonance à une condition sur Q qu'on établira.

Exercice n°2 Résonance en intensité

1 - Représenter le circuit RLC série alimenté par un générateur de tension $e(t) = E_m \cos(\omega t)$.

2 - Exprimer la tension complexe $\underline{u_R}$ aux bornes de la résistance en fonction de $\underline{e}$, R, L, C et ω.

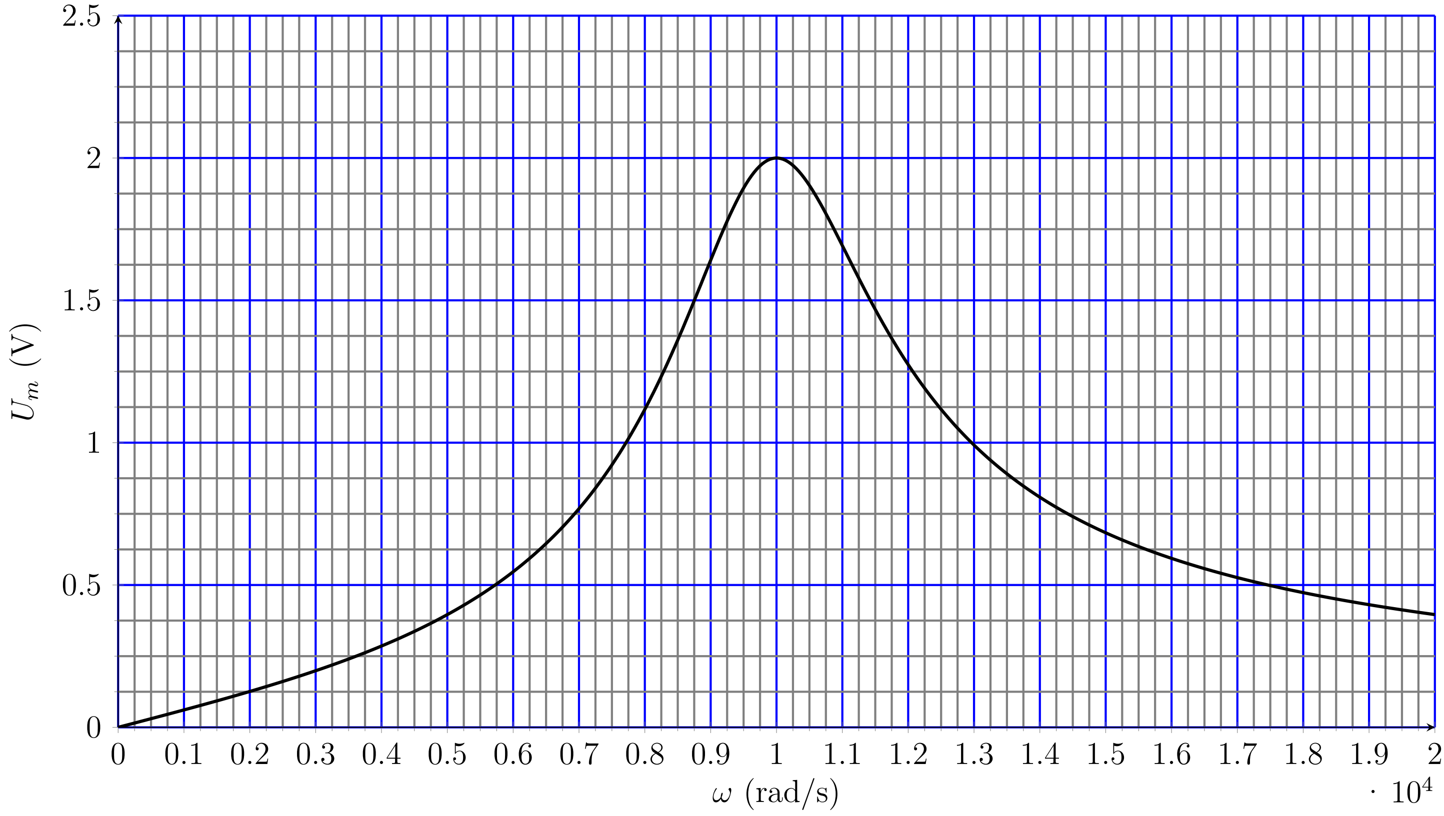
3 - En déduire l'amplitude complexe sous la forme $\underline{U_m} = \dfrac{E_m}{1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \dfrac{\omega_0}{\omega}\right)}$

4 - Exprimer l'amplitude.

5 - Existe-t-il une résonance ? Si oui, pour quelle pulsation.

6 - Représenter l'allure de l'amplitude U_m en fonction de ω.

7 - Déterminer ω_0 et $\Delta\omega$ graphiquement.



Sujet n°2

Question de cours

Définitions sur les filtres :

(a) Définir la fonction de transfert.

(b) Définir le gain et la phase.

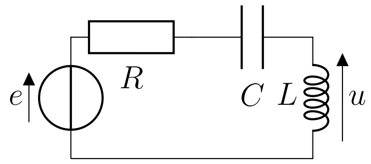
(c) Définir le gain en décibels.

(d) Qu'est-ce qu'un diagramme de Bode ?

(e) Définir la pulsation de coupure d'un filtre. Comment la déterminer par le calcul ? Comment la déterminer graphiquement sur un diagramme de Bode ?

Exercice n°1 Résonance aux bornes de L

On étudie le circuit ci-contre alimenté par une tension sinusoïdale $e(t) = E_m \cos(\omega t)$.



1 - Exprimer l'amplitude complexe $\underline{U}$ et l'écrire sous la forme $\underline{U} = \dfrac{E}{1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2} - \frac{\mathrm{j}\omega_0}{Q\omega}}$, en exprimant ω_0 et Q en fonction de R, L et C.

2 - Exprimer l'amplitude. Introduire $v = \dfrac{\omega_0}{\omega}$ pour écrire $U = \dfrac{E}{\sqrt{g(v)}}$

3 - Étudier la fonction $g(v)$ pour établir la condition de résonance sur Q et la pulsation de résonance en fonction de ω_0 et Q.

4 - Représenter les graphes $U = |\underline{U}|$ et $\varphi = \arg \underline{U}$ en fonction de ω avec et sans résonance.

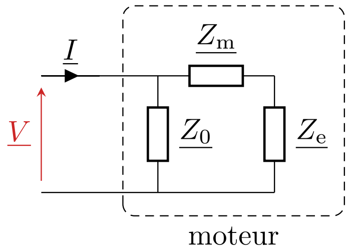
5 - Pour quelle pulsation les tensions u et e sont-elles en quadrature de phase ?

Sujet n°3

Question de cours

Définir la valeur moyenne et la valeur efficace d'un signal périodique.
Calculer la valeur efficace d'un signal sinusoïdal.
Préciser ce que mesure un multimètre selon son mode.

Exercice n°1 Résonance en courant d'un moteur



Un moteur à ultrasons est alimenté par une tension sinusoïdale d'amplitude complexe $\underline{V}$, on note $\underline{I}$ l'amplitude complexe du courant passant dans le moteur. Pour que le rendement du moteur soit optimal, il doit être alimenté à une fréquence égale à sa fréquence de résonance en courant.

Le moteur est équivalent au schéma ci-contre. $\underline{Z}_0$ représente l'impédance complexe intrinsèque du moteur. Les phénomènes électromécaniques au sein du moteur sont pris en compte, sur ce schéma, par une impédance $\underline{Z}_\mathrm{m}$ appelée impédance motionnelle et par une impédance $\underline{Z}_\mathrm{c}$ dont la valeur est fonction de la charge mécanique du moteur.

Le dipôle d'impédance $\underline{Z}_0$ est constitué d'une résistance $R_0 = 18\,\mathrm{k\Omega}$ en parallèle d'un condensateur $C_0 = 8\,\mathrm{nF}$. L'impédance motionnelle $\underline{Z}_\mathrm{m}$ est celle d'un circuit RLC série avec $R = 50\,\Omega$, $L = 0{,}1\,\mathrm{H}$ et $C = 0{,}2\,\mathrm{nF}$. Enfin, l'impédance de charge $\underline{Z}_\mathrm{c}$ correspond à une résistance R_c dans un premier temps prise égale à $50\,\Omega$.

1 - Reproduire le schéma du moteur en remplaçant les éléments $\underline{Z}_0$, $\underline{Z}_\mathrm{m}$ et $\underline{Z}_\mathrm{c}$ par les résistances, inductances et condensateurs qui leur correspondent.

2 - Déterminer la pulsation de résonance en courant ω_s du circuit série constitué de $\underline{Z}_\mathrm{m}$ et $\underline{Z}_\mathrm{c}$.

On note $\underline{Y}$ l'admittance complexe équivalente à l'ensemble du moteur. La figure 2 représente l'évolution du module $Y = |\underline{Y}|$ en fonction de la pulsation réduite $x = \omega/\omega_\mathrm{s}$.

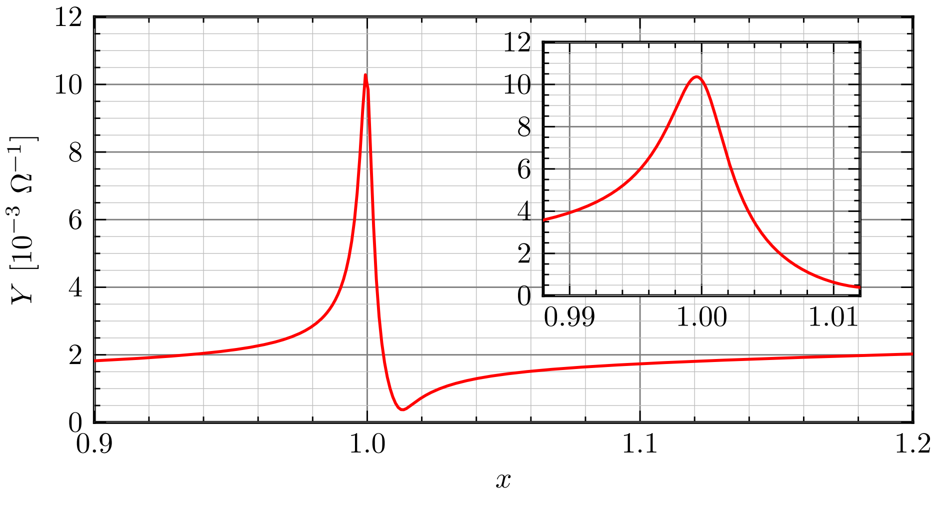


Figure 2 – **Module de l'admittance du moteur en fonction de la pulsation réduite.** La courbe en insert représente un zoom de la courbe principale au voisinage de $x = 1$.

3 - Justifier que la résonance en courant correspond au maximum de la courbe d'admittance. Déterminer numériquement la fréquence f_r de résonance du moteur.

4 - Comparer numériquement $Y_0 = |\underline{Y}_0|$ et Y_s le module de l'admittance $\underline{Y}_\mathrm{s} = 1/(\underline{Z}_\mathrm{m} + \underline{Z}_\mathrm{c})$ lorsque $\omega = \omega_\mathrm{s}$. Commenter l'écart entre ω_s et ω_r.

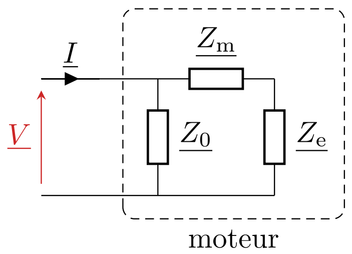
5 - Une modification de la charge mécanique du moteur provoque une variation de la résistance R_c de l'ordre d'une dizaine d'ohms. Cette variation a-t-elle un effet significatif sur la fréquence de résonance en courant ? En quoi est-ce un avantage pour le fonctionnement du moteur ?

Sujet n°4

Question de cours

Définir la valeur moyenne et la valeur efficace d'un signal périodique.
Calculer la valeur efficace d'un signal sinusoïdal.
Préciser ce que mesure un multimètre selon son mode.

Exercice n°1 Résonance en courant d'un moteur



Un moteur à ultrasons est alimenté par une tension sinusoïdale d'amplitude complexe $\underline{V}$, on note $\underline{I}$ l'amplitude complexe du courant passant dans le moteur. Pour que le rendement du moteur soit optimal, il doit être alimenté à une fréquence égale à sa fréquence de résonance en courant.

Le moteur est équivalent au schéma ci-contre. $\underline{Z}_0$ représente l'impédance complexe intrinsèque du moteur. Les phénomènes électromécaniques au sein du moteur sont pris en compte, sur ce schéma, par une impédance $\underline{Z}_\mathrm{m}$ appelée impédance motionnelle et par une impédance $\underline{Z}_\mathrm{c}$ dont la valeur est fonction de la charge mécanique du moteur.

Le dipôle d'impédance $\underline{Z}_0$ est constitué d'une résistance $R_0 = 18\,\mathrm{k\Omega}$ en parallèle d'un condensateur $C_0 = 8\,\mathrm{nF}$. L'impédance motionnelle $\underline{Z}_\mathrm{m}$ est celle d'un circuit RLC série avec $R = 50\,\Omega$, $L = 0{,}1\,\mathrm{H}$ et $C = 0{,}2\,\mathrm{nF}$. Enfin, l'impédance de charge $\underline{Z}_\mathrm{c}$ correspond à une résistance R_c dans un premier temps prise égale à $50\,\Omega$.

1 - Reproduire le schéma du moteur en remplaçant les éléments $\underline{Z}_0$, $\underline{Z}_\mathrm{m}$ et $\underline{Z}_\mathrm{c}$ par les résistances, inductances et condensateurs qui leur correspondent.

2 - Déterminer la pulsation de résonance en courant ω_s du circuit série constitué de $\underline{Z}_\mathrm{m}$ et $\underline{Z}_\mathrm{c}$.

On note $\underline{Y}$ l'admittance complexe équivalente à l'ensemble du moteur. La figure 2 représente l'évolution du module $Y = |\underline{Y}|$ en fonction de la pulsation réduite $x = \omega/\omega_\mathrm{s}$.

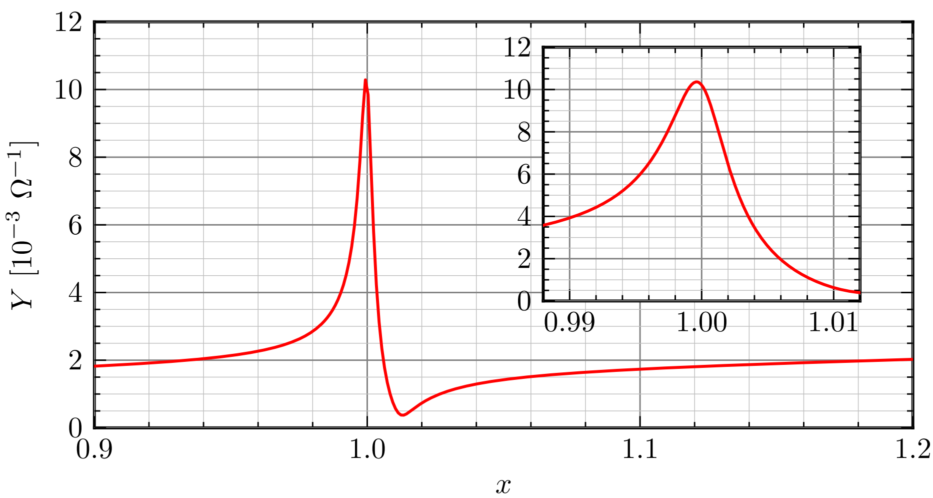


Figure 2 – **Module de l'admittance du moteur en fonction de la pulsation réduite.** La courbe en insert représente un zoom de la courbe principale au voisinage de $x = 1$.

3 - Justifier que la résonance en courant correspond au maximum de la courbe d'admittance. Déterminer numériquement la fréquence f_r de résonance du moteur.

4 - Comparer numériquement $Y_0 = |\underline{Y}_0|$ et Y_s le module de l'admittance $\underline{Y}_\mathrm{s} = 1/(\underline{Z}_\mathrm{m} + \underline{Z}_\mathrm{c})$ lorsque $\omega = \omega_\mathrm{s}$. Commenter l'écart entre ω_s et ω_r.

5 - Une modification de la charge mécanique du moteur provoque une variation de la résistance R_c de l'ordre d'une dizaine d'ohms. Cette variation a-t-elle un effet significatif sur la fréquence de résonance en courant ? En quoi est-ce un avantage pour le fonctionnement du moteur ?

Sujet n°5

Question de cours

Définitions sur les filtres :

(a) Définir la fonction de transfert.

(b) Définir le gain et la phase.

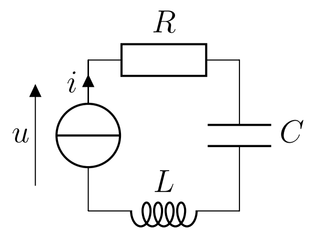
(c) Définir le gain en décibels.

(d) Qu'est-ce qu'un diagramme de Bode ?

(e) Définir la pulsation de coupure d'un filtre. Comment la déterminer par le calcul ? Comment la déterminer graphiquement sur un diagramme de Bode ?

Exercice n°1 Circuit RLC série forcé en courant

On étudie le circuit ci-contre alimenté par un générateur idéal de courant imposant $i(t) = I_m \cos(\omega t)$.



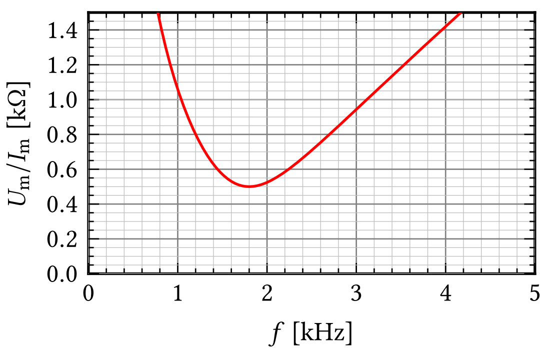
1 - Déterminer l'amplitude complexe $\underline{U}$ et l'écrire sous la forme $\underline{U} = R\left[1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)\right]\underline{I}$.

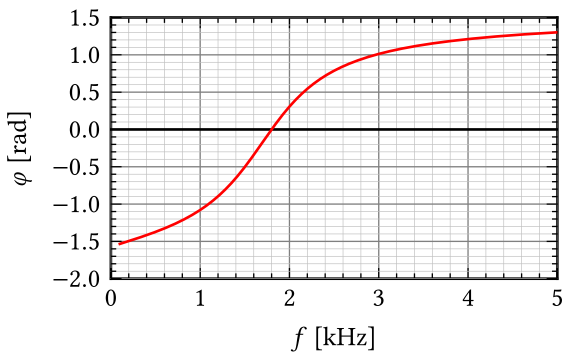
2 - Justifier que ce circuit ne présente pas de résonance en tension, mais une anti-résonance pour laquelle le rapport $U_\mathrm{m}/I_\mathrm{m}$ est minimal. Déterminer la pulsation d'anti-résonance ω_a. Que vaut le déphasage entre i et u à cette pulsation ? L'existence de l'anti-résonance dépend-elle du facteur de qualité du circuit ?

3 - On s'intéresse à la largeur en fréquence de l'anti-résonance. Montrer que les pulsations ω_1 et $\omega_2 > \omega_1$ telles que $|\underline{U}(\omega_1)| = |\underline{U}(\omega_2)| = \sqrt{2}\,|\underline{U}(\omega_\mathrm{a})|$ sont données par $\omega_{1,2} = \Omega \pm \frac{\omega_0}{2Q}$ avec $\Omega = \frac{\omega_0}{2}\sqrt{\frac{1}{Q^2} - 4}$.

En déduire la largeur $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$ de l'anti-résonance.

4 - Des relevés expérimentaux de $U_\mathrm{m}/I_\mathrm{m}$ et du déphasage de u par rapport à i sont représentés ci-dessous. En déduire la fréquence propre et le facteur de qualité du circuit.





Sujet n°6

Question de cours

Définitions sur les filtres :

(a) Définir la fonction de transfert.

(b) Définir le gain et la phase.

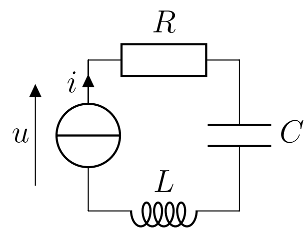
(c) Définir le gain en décibels.

(d) Qu'est-ce qu'un diagramme de Bode ?

(e) Définir la pulsation de coupure d'un filtre. Comment la déterminer par le calcul ? Comment la déterminer graphiquement sur un diagramme de Bode ?

Exercice n°1 Circuit RLC série forcé en courant

On étudie le circuit ci-contre alimenté par un générateur idéal de courant imposant $i(t) = I_m \cos(\omega t)$.



1 - Déterminer l'amplitude complexe $\underline{U}$ et l'écrire sous la forme $\underline{U} = R\left[1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)\right]\underline{I}$.

2 - Justifier que ce circuit ne présente pas de résonance en tension, mais une anti-résonance pour laquelle le rapport $U_\mathrm{m}/I_\mathrm{m}$ est minimal. Déterminer la pulsation d'anti-résonance ω_a. Que vaut le déphasage entre i et u à cette pulsation ? L'existence de l'anti-résonance dépend-elle du facteur de qualité du circuit ?

3 - On s'intéresse à la largeur en fréquence de l'anti-résonance. Montrer que les pulsations ω_1 et $\omega_2 > \omega_1$ telles que $|\underline{U}(\omega_1)| = |\underline{U}(\omega_2)| = \sqrt{2}\,|\underline{U}(\omega_\mathrm{a})|$ sont données par $\omega_{1,2} = \Omega \pm \frac{\omega_0}{2Q}$ avec $\Omega = \frac{\omega_0}{2}\sqrt{\frac{1}{Q^2} - 4}$.
En déduire la largeur $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$ de l'anti-résonance.

4 - Des relevés expérimentaux de $U_\mathrm{m}/I_\mathrm{m}$ et du déphasage de u par rapport à i sont représentés ci-dessous. En déduire la fréquence propre et le facteur de qualité du circuit.