

Circuits électriques, chimie

Extrait de l'entête des sujets de la banque PT :

« La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la **clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante** dans l'**appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs. »

Problème 1 : Etude de l'acquisition du signal RMN (Extrait Banque commune Ecole Polytechnique - Inter ENS)
III.1. Circuit de détection

La bobine de détection du champ magnétique créé par les protons (II.4), d'auto-inductance L et de résistance r , fait partie d'un circuit de filtrage des signaux, modélisé ici par un circuit de type « RLC série » (Figure 3).

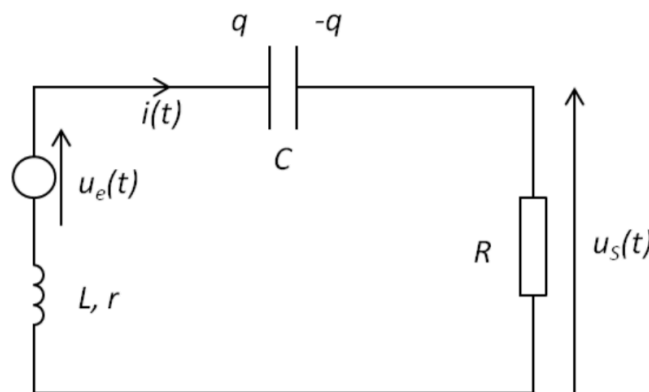


Figure 3. Schéma électrique du circuit de détection

On note C la capacité du condensateur, R la résistance d'entrée d'un « détecteur en quadrature » qui ne sera pas étudié ici et on pourra noter $R_{tot} = r + R$ la résistance totale du circuit série.

On étudie la réponse de ce filtre, en régime permanent sinusoïdal, à une excitation notée $u_e(t) = E \cos(\omega t)$, ω étant une pulsation quelconque. La tension de sortie est $u_s(t)$.

30) En étudiant rapidement les comportements limites aux basses et hautes fréquences, deviner quelle est la nature du filtre constitué par ce circuit.

31) Déterminer la fonction de transfert $\underline{H}(j\omega) = \frac{U_s}{U_e}$ en fonction de R , r (ou R_{tot}), L , C et ω .

32) Montrer que $\underline{H}(j\omega) = \frac{a}{1 + jb\left(s - \frac{1}{s}\right)}$ avec $s = \omega\sqrt{LC}$, $a = \frac{R}{R_{tot}}$ et où b est une constante à déterminer.

33) Etude du maximum de la fonction de transfert :

- Quelle est la signification physique de $|\underline{H}|$? Quelle est sa valeur maximale par rapport à ω (notée H_{max} dans la suite) ?
- Déterminer l'écart $\Delta\omega$ entre les deux pulsations (dites « de coupure ») telles que $H = \frac{H_{max}}{\sqrt{2}}$.

On caractérise l'acuité de ce filtre par le quotient $Q = \frac{1}{\sqrt{LC}\Delta\omega}$, nommé facteur de qualité du filtre (ou aussi coefficient de surtension propre).

c) Exprimer Q en fonction des valeurs des composants du circuit.

34) Le diagramme de Bode correspondant à la fonction $\underline{H}(j\omega)$ est donné en Figure 4.

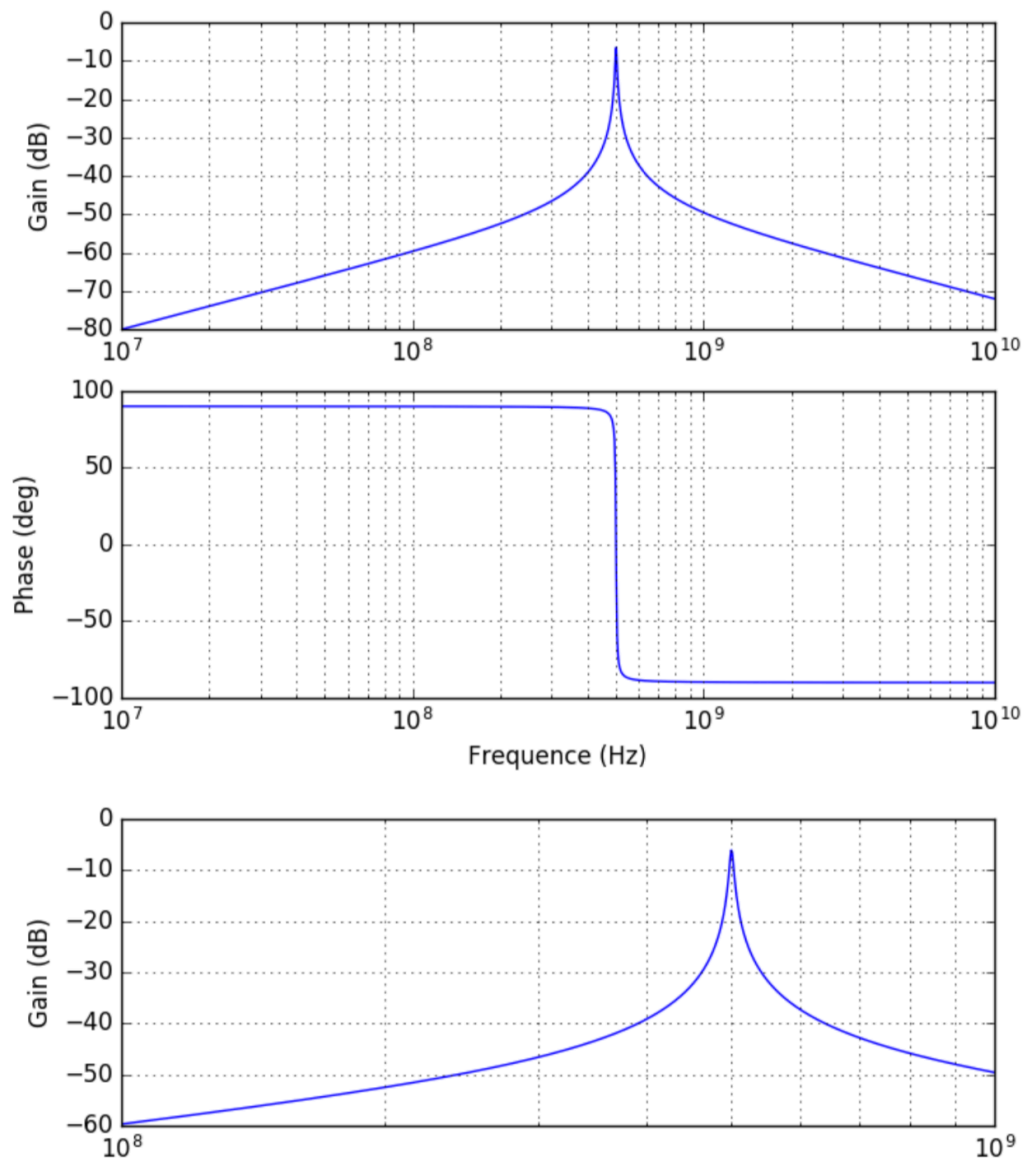


Figure 4. Diagramme de Bode (simulé) du circuit de détection, avec zoom du gain en dessous

- Interpréter le diagramme de Bode de ce circuit d'après la fonction de transfert obtenue précédemment.
- Quelle est la valeur de l'atténuation du gain (en dB) aux pulsations de coupure ?

Le circuit est dit accordable, ce qui signifie que l'on peut faire varier la capacité C du condensateur de telle sorte que l'on puisse atteindre l'égalité $LC\omega_0^2 = 1$, ω_0 désignant encore la vitesse angulaire de précession des protons.

35) Expliquer l'intérêt de cette opération d'accord.

36) Expliquer qualitativement sur quel paramètre on peut jouer pour faire varier la capacité du condensateur.

37) Valeur des composants du modèle électrique :

- Si $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$ vaut 500 MHz, que $Q = 100$ et que R_{tot} est de l'ordre de l'ohm, calculer les valeurs de L et de C .
- Commenter ces résultats.

Problème 2 : Pile au Lithium (Extrait Concours Centrale-Supélec TSI)

Beaucoup d'appareils embarqués portables fonctionnent avec des piles au lithium. Elles peuvent être de forme bouton ou cylindriques. Le but de cette partie est de comprendre l'intérêt du choix du lithium dans leur conception et d'aborder quelques points du recyclage de ces piles.

III.A – Le lithium et ses propriétés

III.A.1) Élément lithium

L'isotope le plus abondant (92,5%) sur terre est ${}^7_3\text{Li}$.

a) Donner la composition d'un atome de lithium.

b) Donner un ordre de grandeur de la masse molaire atomique du lithium.

c) Rappeler la définition d'un isotope.

III.A.2) Le lithium dans la classification périodique.

a) Où se trouve le lithium dans la classification périodique ? À quelle famille appartient-il ? Citez un autre élément de la même famille.

b) Donner sa configuration électronique.

c) Quel ion peut-il former ? On n'oubliera pas de justifier la stabilité de cet ion.

d) Comment évolue dans la classification périodique le caractère réducteur d'un élément ? Que dire alors du lithium ?

III.B – Le choix du lithium pour les piles

Une modélisation simple d'une pile au lithium est proposée ici. Une des électrodes est constituée de lithium Li(s) , l'autre est une électrode liquide qui joue en même temps le rôle d'électrolyte.

III.B.1) Électrode de lithium

À 25°C, on donne $\frac{RT}{F} \ln 10 \approx 0,06 \text{ V}$ et $E^\circ(\text{Li}^+/\text{Li}) = -3,03 \text{ V}$.

a) Écrire la demi-équation électronique pour ce couple.

b) Exprimer le potentiel de cette électrode noté E_{Li} en présence d'ions Li^+ et faire l'application numérique avec une concentration $[\text{Li}^+] = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

c) Afin de justifier le choix du lithium, on envisage une autre électrode, au zinc.

Sachant que $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$, calculer le potentiel rédox de cette électrode en présence d'ions Zn^{2+} avec une concentration $[\text{Zn}^{2+}] = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

d) Comparer les deux valeurs précédentes. Que dire du caractère réducteur du lithium ?

e) L'électrode de lithium joue-t-elle alors le rôle de cathode ou d'anode ?

III.B.2) Électrode liquide au chlorure de thionyle (SOCl_2)

Elle est constituée d'une électrode de carbone poreux remplie de chlorure de thionyle. Ce dernier est à la fois le solvant et l'électrolyte. La demi-équation est :



a) Déterminer les nombres d'oxydation des différents éléments dans les 4 composés de la demi-équation précédente.

b) Le chlorure de thionyle subit-il une oxydation ou une réduction ?

c) L'électrode liquide joue-t-elle alors le rôle de cathode ou d'anode ?

Une mesure du potentiel d'oxydoréduction donne $E = 0,65 \text{ V}$ par rapport l'électrode standard à hydrogène.

III.B.3) Bilan de la pile

a) Faire une représentation schématique de la pile en précisant bien la nature de chaque électrode et la polarité de la pile.

b) Écrire l'équation bilan qui traduit le fonctionnement de cette pile.

c) Exprimer la f.é.m de cette pile en fonction de E et E_{Li} . La calculer numériquement.

d) Que pensez-vous de la valeur trouvée par rapport aux valeurs connues pour une pile alcaline classique ?

e) Le lithium réagissant vivement avec l'eau et le chlorure de thionyle présentant également des risques, quel conseil peut-on donner à un utilisateur ayant une pile usagée ?