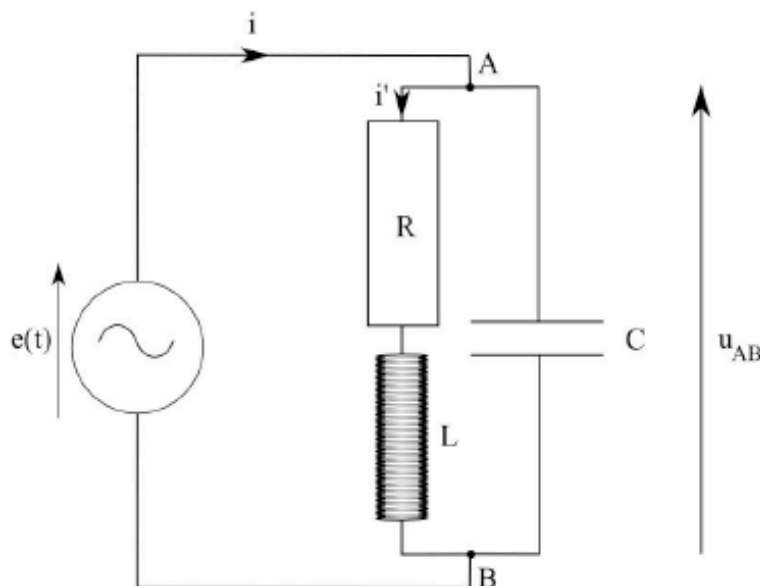


Electrocinétique et solutions aqueuses

Problème n°1: Circuit anti-résonant (Extrait « Petites Mines » 2010)

On s'intéresse dans cette partie au circuit (C₁) suivant, alimenté par une source de tension alternative de f.e.m. $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$. La bobine idéale a une inductance L ($L = 0,10$ H), le conducteur ohmique une résistance R ($R = 10 \Omega$) et le condensateur une capacité C ($C = 1,0$ nF).

On notera j le nombre complexe tel que $j^2 = -1$.



B.1. Questions préliminaires

B.1.1. Qu'appelle-t-on résonance en intensité dans un circuit ? Par analogie que peut-on appeler antirésonance en intensité ?

B.1.2. Dans le cas du circuit R.L.C série quelle est l'expression de l'impédance complexe Z du dipôle constitué par l'association de ces trois éléments ? Quelle est l'expression du module $Z(\omega)$ de cette impédance complexe ?

B.1.3. À quelle condition sur $Z(\omega)$ a-t-on résonance en intensité dans le circuit série ? Pour quelle valeur ω_0 de la pulsation ce phénomène se produit-il ? Que peut-on dire du déphasage de l'intensité dans le circuit par rapport à la tension aux bornes du conducteur ohmique à la résonance ?

B.2. Étude du circuit anti-résonant

B.2.1. Calculer l'impédance complexe du dipôle AB.

B.2.2. En déduire que le module au carré de l'impédance du dipôle AB s'écrit :

$$Z^2(\omega) = \frac{R^2 + L^2 \omega^2}{(1 - LC\omega^2)^2 + R^2 C^2 \omega^2}$$

B.2.3. Une dérivation non demandée montre que $Z(\omega)$ passe par un extremum pour une pulsation ω_0' qui vérifie : $\omega_0'^2 = \omega_0^2 \left[\sqrt{1 + 2R^2 C / L} - R^2 C / L \right]$.

i. Vérifier que : $\frac{R^2 C}{L} \ll 1$.

ii. Montrer que $\omega_0' \approx \omega_0(1 - f(R, L, C))$ où ω_0 représente la pulsation de résonance du circuit R, L, C série établie à la question B.1.3. et $f(R, L, C)$ une fonction de R, L et C dont on précisera l'expression.

iii. Calculer numériquement $f(R, L, C)$ pour le circuit étudié. Que peut-on alors dire de ω_0' et ω_0 ?

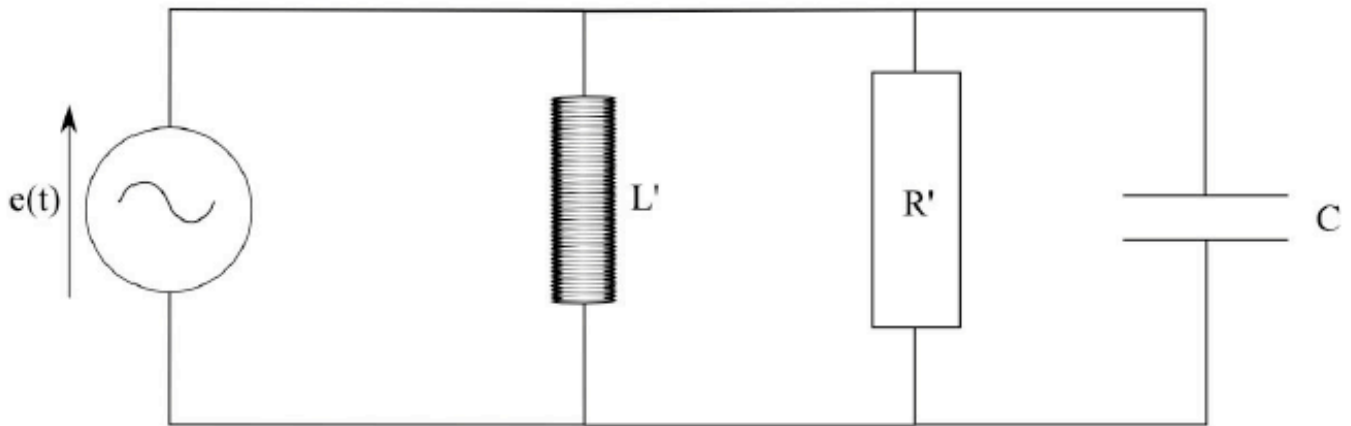
Dans toute la suite on pourra utiliser l'approximation $\omega_0' \approx \omega_0$.

B.2.4. Donner les limites de $Z(\omega)$ en 0 et en l'infini. Donner l'allure des variations de cette fonction en précisant la valeur de $Z(\omega_0') = Z_m$. Justifier qu'on parle d'« antirésonance » dans ce cas.

B.2.5. Établir une relation entre \underline{i} , \underline{i}' , R, L, C et ω .

B.2.6. Notons respectivement I et I' les amplitudes de i et i'. Montrer qu'à l'antirésonance le courant I' dans la branche constituée par la bobine et le conducteur ohmique est beaucoup plus grand que celui I dans le circuit général.

Soit (C₂) le circuit suivant, constitué de l'association parallèle d'une bobine idéale d'inductance L', d'un conducteur ohmique de résistance R' et d'un condensateur de capacité C, identique à celui intervenant dans le circuit (C₁).



B.2.7. Montrer qu'au voisinage de l'antirésonance les circuits (C₁) et (C₂) peuvent être considérés comme équivalents et calculer alors L' et R' pour que cette équivalence soit réalisée. On utilisera avantageusement les admittances pour traiter cette question.

Problème n°2: Le solvant eau (Extrait Banque PT 2004)

Propriétés acido-basiques du solvant l'eau

On considère une solution aqueuse S₁ d'hydroxyde de sodium à 10 moles par litre, et une solution aqueuse S₂ d'acide chlorhydrique à 0,02 mole par litre.

1°) Quelle masse d'hydroxyde de sodium solide a servi pour préparer un litre de solution S₁ ?

2°) Pour préparer la solution diluée d'acide chlorhydrique S₂, on utilise une solution commerciale S₃ de densité d = 1,19 et de fraction massique w_{HCl} = 0,37 en chlorure d'hydrogène. Rappeler ce qu'est une fraction massique.

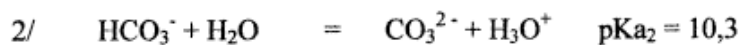
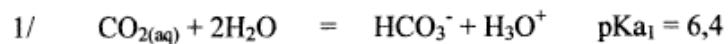
Déterminer le volume de la solution commerciale S₃ que l'on doit prélever pour préparer un litre de solution diluée S₂.

- 3°) On ajoute à un litre de la solution chlorhydrique S_2 préparée 6 gouttes de la solution d'hydroxyde S_1 . Sachant que le compte-gouttes de la burette délivre 1 cm^3 pour 20 gouttes, que vaut la concentration en ions hydronium dans la solution d'acide, après cet ajout ?
- 4°) Combien versera-t-on de gouttes pour obtenir une solution neutre au sens du pH ?
Remarque ?

Dissolution du dioxyde de carbone

On sait qu'à 25°C , lorsque l'eau liquide, initialement pure est saturée en dioxyde de carbone présent dans l'air, son pH atteint une valeur égale à 5,4.

Outre la réaction de dissolution, les réactions suivantes se produisent :



- 1°) Expliquer pourquoi le pH d'une eau laissée au contact de l'atmosphère à 25°C n'est pas neutre; quelle est la réaction prépondérante sur le plan acido-basique ?
- 2°) Que vaut la concentration molaire en dioxyde de carbone dans l'eau ? On indiquera et justifiera a posteriori les approximations légitimes, et on pourra utiliser les domaines de prédominances des espèces $\text{CO}_{2(\text{aq})}$, hydrogénocarbonate HCO_3^- et carbonate CO_3^{2-} .
- 3°) En déduire le nombre total de moles de dioxyde de carbone dissoutes dans un bécher qui contient 500 ml d'eau.
- 4°) L'existence d'une eau "dure" résulte de la réaction acido-basique de $\text{CO}_{2(\text{aq})}$ contenu dans une eau de pluie (qui a dissous du dioxyde de carbone de l'atmosphère), sur le carbonate de calcium (le calcaire du sol) $\text{CaCO}_{3(\text{s})}$, solide dont le produit de solubilité K_S est fourni en annexe. Ecrire l'équation-bilan de cette réaction, sachant que l'hydrogénocarbonate de calcium est soluble dans ces conditions. Calculer la constante d'équilibre de la réaction.

Dissolution des nitrates

Les nitrates étant généralement très solubles, une eau (initialement pure) a été polluée par du nitrate de plomb $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, totalement dissous sous forme d'ions Pb^{2+} et NO_3^- .

- 1°) En vous aidant des données fournies en annexe, préciser comment on peut mettre en évidence, sans faire varier le pH, la présence de plomb dans cette eau.
- 2°) Quelle masse maximale de ce nitrate a pu être dissoute dans un litre d'eau à 25°C et de pH égal à 7, sans que l'on ait pu constater la précipitation de l'hydroxyde de plomb ?
- 3°) Sachant qu'une eau potable doit contenir moins de 50 µg d'ions plomb par litre, et moins de 50 mg d'ions nitrate par litre, que pensez-vous de l'eau étudiée dans la situation limite évoquée à la question précédente ?
- 4°) On souhaite préparer au laboratoire une solution à 100 g par litre de nitrate de plomb, totalement dissous: comment doit-être choisi le pH ?

Données thermodynamiques à 298 K

Enthalpie standard de formation de $\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$: $\Delta_f H^\circ (\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}) = -241,6 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

Enthalpie standard (de dissociation) de la liaison H-H de $\text{H}_{2(\text{g})}$: $\Delta H^\circ_{\text{liaison}}(\text{H}-\text{H}) = 432,2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

Enthalpie standard (de dissociation) de la liaison O=O de $\text{O}_{2(\text{g})}$: $\Delta H^\circ_{\text{liaison}}(\text{O}=\text{O}) = 494,1 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

Enthalpie standard de formation de $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{g})}$: $\Delta_f H^\circ (\text{H}_2\text{O}_{2(\text{g})}) = -140,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

Autres enthalpies standard de formation, exprimées en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$:

$\text{CO}_{2(\text{g})}$: - 393,3 ; $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$: - 285,8 ; $\text{CaCO}_{3(\text{s})}$: - 1207 ; $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$: - 543 ; $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$: - 692

Solutions aqueuses :

$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$: $\text{p}K_e = 14$ et $\Delta_r H^\circ = 57,26 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

$K_s[\text{CaCO}_3] = 10^{-8,4}$

$K_s[\text{Pb}(\text{OH})_2] = 10^{-16}$; $K_s[\text{PbSO}_4] = 2 \cdot 10^{-8}$; $K_s[\text{PbCl}_2] = 10^{-4,8}$

$E^\circ (\text{H}^+ / \text{H}_2(\text{g})) = 0,00 \text{ V}$; $E^\circ (\text{O}_{2(\text{g})} / \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}) = 1,23 \text{ V}$; $\frac{RT}{F} \ln X = 0,06 \log X$

Masses molaires des éléments en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

H : 1 O : 16 N : 14

Na : 23 Cl : 35,5 Pb : 207

Rayons ioniques

Na^+ : 98 pm

Cl^- : 181 pm

1 pm = 10^{-12} m

Constantes physico-chimiques

Na = $6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

R = $8,314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$