Chapter 1

Fonctions de transfert, AO en régime linéaire

Questions de cours

- Énoncez les formes canoniques des filtres passe-bas, passe-haut et passe bande d'ordre 2. Pour ce dernier, tracez le diagramme de Bode en fonction des différentes paramètres.
- Quelles sont les caractéristiques d'un AO idéal ?
- Donnez le schéma de montage d'un **amplificateur non inverseur** en précisant la fonction de transfert.
- Qu'est-ce qu'un circuit stable ? Quel est le critère de stabilité pour un quadripôle d'ordre 2 en régime libre (c'est-à-dire quand on branche la sortie sur l'entrée) ?

Exercices supplémentaires (difficile)

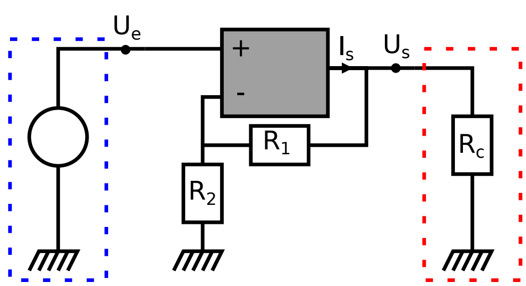
- Comment réaliser une source de courant parfaite ?
- Dans un montage amplificateur non-inverseur, comment minimiser la puissance dissipée par l'amplificateur opérationnel ?

Exercice 1

On souhaite alimenter un dispositif électrique (en rouge) modélisé par une résistance de charge R_c avec une tension nominale V_{nom}. On dispose pour cela d'une source de tension (en bleue) mais dont la tension de sortie maximale V_{max} est $V_{max} = V_{nom}/2$, insuffisante pour l'usage voulu.

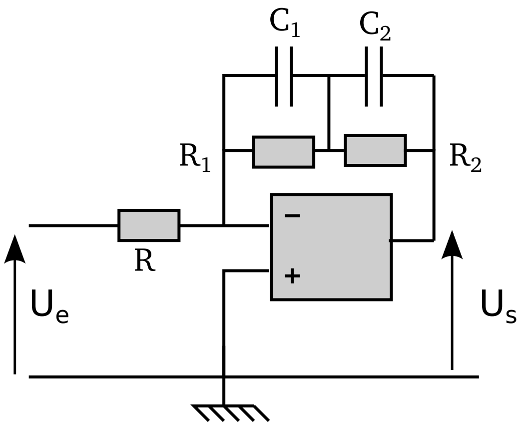
On introduit un montage intermédiaire pour compenser l'insuffisance de la source.

- Calculer U_s en fonction de U_e et déterminer le rôle de ce montage. Comment doit-on choisir R_1 et R_2 pour que $U_s = V_{nom} = 2V_{max}$?
- On suppose dans un premier temps que $R_c = \infty$, cad que la résistance de charge n'est pas connectée au circuit. Quelle est la puissance électrique émise par l'AO ?
- On suppose maintenant que le circuit est connecté à la charge, cad que R_c est finie. Quelle est désormais la puissance dégagée par l'AO ?
- Comment choisir R_1 et R_2 de sorte à minimiser la puissance sortie par l'AO ?



Exercice 2

On considère le montage suivant. L'AO est supposé idéal.



* Déterminer la fonction de transfert de ce filtre, que l'on mettra sous la forme suivante :

$$\underline{H}(j\omega) = H_0 \frac{\prod_k (1 + j\omega/\omega_k)}{\prod_l (1 + j\omega/\omega_l)} \tag{1.1}$$

* Tracer le diagramme de Bode correspondant en fonction des différentes pulsations en jeu. Expliciter les cas possibles.

* On considère désormais que $R = R_1 = R_2$ et $C_1 = C_2 = C$. Simplifier la fonction de transfert, en introduisant $\omega_0 = 1/RC$. A quel type de filtre à t-on affaire ?

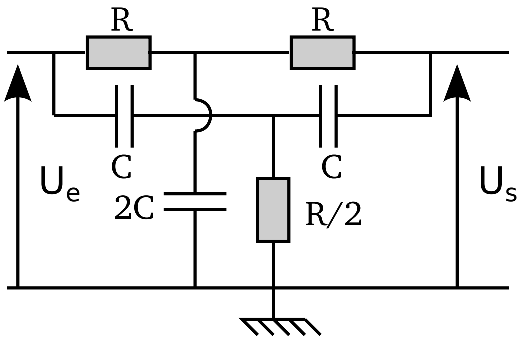
* On envoie en entrée le signal suivant :

$$U_e(t) = \frac{4U_0}{\pi} \sum_{p=0}^{\infty} \frac{1}{2p+1} \sin(2(p+1)\omega t) \tag{1.2}$$

On suppose que $\omega \gg \omega_0$. Quel est le signal de sortie U_s ? Donner son allure et commenter.

Exercice 3

On considère le filtre suivant :



♠ Quel est le comportement de ce filtre à basse et haute fréquence ?

♠ Montrer que la fonction de transfert peut s'écrire sous la forme :

$$H(x) = \frac{1 + (jx)^2}{1 + 4jx + (jx)^2} \tag{1.3}$$

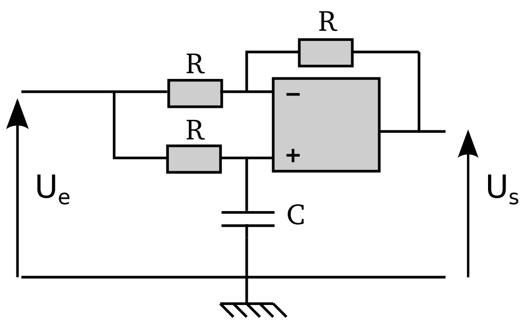
où $x = \omega/\omega_0$ avec ω_0 une pulsation que l'on déterminera. Tracer le diagramme de Bode correspondant.

♠ Déterminer la bande "coupante" $\Delta\omega$, cad la plage de pulsations $\Delta\omega$ pour lesquelles $G^{dB}(\omega) \leq G^{dB}_{max} - 3$. On rappelle que $20 \log\left(\sqrt{2}\right) \simeq 3$.

♠ On envoie le signal $U_e(t) = U_0 \cos^3(\omega t)$ en entrée, avec $\omega = \omega_0/3$. Déterminer le signal de sortie $U_s(t)$. Tracer schématiquement les signaux.

Exercice 4

- $\star$ Explicitez la fonction de transfert de ce filtre, puis calculez son gain et sa phase. On notera ω_0 sa pulsation caractéristique. Quel est son rôle ?



- $\star$ Pour quelles conditions sur le circuit et le signal d'entrée trouve t-on que le circuit retarde un signal périodique sans le déformer, c'est-à-dire que $U_s(t) = U_e(t - \tau)$? Exprimez alors ce retard τ en fonction de R et C.

  On pourra utiliser la décomposition en série de Fourier du signal d'entrée :

$$U_e(t) = \sum_n C_n \cos(n\omega t + \varphi_n) \tag{1.4}$$

- $\star$ On envoie en entrée le signal suivant :

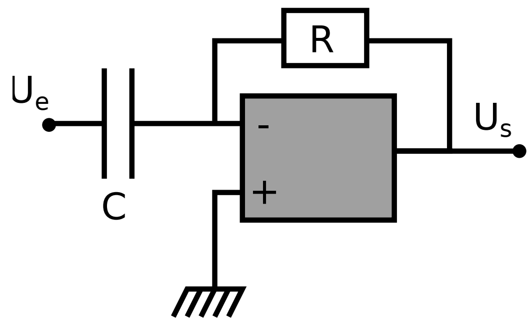
$$U_e(t) = U_0 \cos^3(\omega t) \tag{1.5}$$

  Décrire l'effet du filtre sur ce signal pour $\omega = \frac{\omega_0}{3}$ et $\omega = 10^{-2}\omega_0$, et donner l'allure du signal de sortie. On donne $\arctan(1/3) \simeq \pi/10$.

- $\star$ On suppose le condensateur déchargé à $t = 0$. On envoie un échelon de tension E en entrée. Quelle est la sortie ? Commenter.

Exercice 5

On considère le montage ci-dessous :



- On suppose dans un premier temps que l'AO est idéal. Qu'est-ce que cela signifie ? Calculez la fonction de transfert de ce montage. Quel est son rôle ?

- On suppose désormais que l'AO est réel. On suppose alors que la sortie u_s est reliée à $\varepsilon = u_+ - u_-$ par la relation :

$$\tau \frac{du_s}{dt} + u_s = \mu_0 \varepsilon \tag{1.6}$$

  avec $\mu_0 = 10^5$ et $\frac{\mu_0}{2\pi\tau}$ =1MHz.

  Quel est la nouvelle fonction de transfert ?

  Le montage est il stable ?

- Que se passe t-il si l'on intervertit les bornes + et - de l'AO ?

- A quel type de montage ce circuit s'apparente t-il ? Calculez ses caractéristiques pour $R = 10\text{k}\Omega$ et C =100nF. Pour quelle fréquences agit-il comme un dérivateur ?