Partie I : Électronique

Points plus techniques sur les ALI et montages oscillateurs

Cette fiche va au delà du programme de CPGE et ne s'adresse pas vraiment aux étudiants.

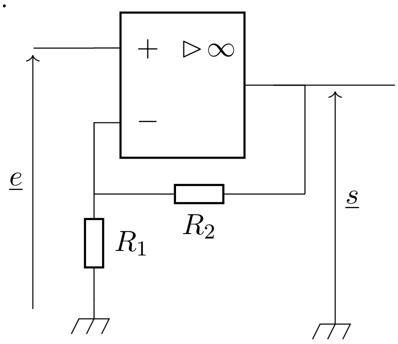
Résumé :

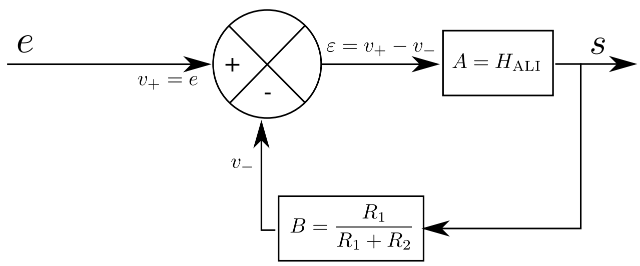
- ▷ I - montage amplificateur inverseur vu sous forme de schéma bloc
- ▷ II - oscillateur à résistance négative vu sous forme de schéma bloc "filtre + amplificateur"

I Le montage amplificateur inverseur vu avec un schéma bloc

I.1 Le cas simple du non inverseur

Le montage *non* inverseur s'interprète très simplement sous forme d'un schéma bloc, comme indiqué ci-dessous.





On montre alors que dans le cas tout à fait général du schéma bloc à droite, on a

$$\frac{s}{e} = \frac{A}{1+AB}. \tag{1}$$

On en déduit les conclusions habituelles : si $A \gg 1$ alors $s/e \simeq 1/B$ indépendant des caractéristiques de l'ALI, etc...

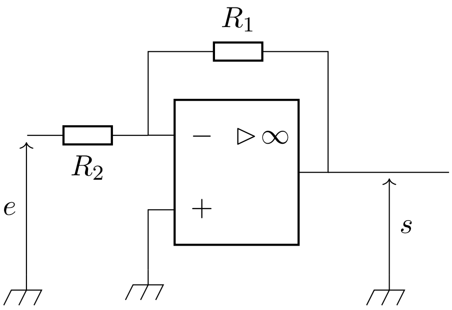
Si maintenant on prend le cas de $A = H_{\text{ALI}} = \dfrac{\mu_0}{1+\mathrm{j}\omega/\omega_0}$ (modèle linéaire du premier ordre pour l'ALI), alors on obtient tous calculs faits :

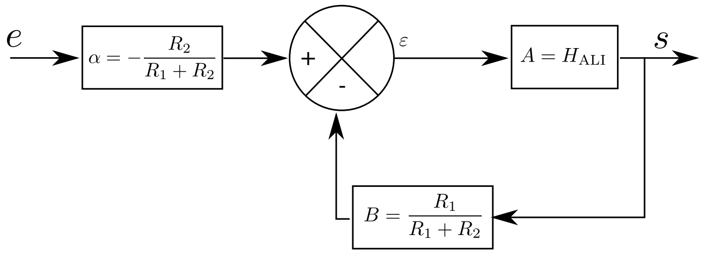
$$\frac{s}{e} = \frac{\frac{\mu_0}{1+\mu_0 B}}{1+\frac{\mathrm{j}\omega}{\omega_0(1+\mu_0 B)}}. \tag{2}$$

On a donc une nouvelle fonction de transfert pour le montage rétroactionné, du premier ordre, de gain statique $\mu_0' = \frac{\mu_0}{1+\mu_0 B}$ et de pulsation de coupure $\omega_0' = \omega_0(1+\mu_0 B)$ (bien plus grande qu'avant puisque $\mu_0 \gg 1$).
Et on remarque que le produit gain par bande passante est conservé : $\mu_0\omega_0 = \mu_0'\omega_0'$.

I.2 Le cas moins simple de l'inverseur

Le cas du montage inverseur est moins évident. Il n'a a priori pas la structure en schéma bloc décrite plus haut...
On peut en fait montrer qu'il est équivalent au schéma bloc suivant :





(Pour une motivation de ceci, voir par exemple http://www.bedwani.ch/electro/ch9/index.htm#A006, sinon sur le cas présent on peut simplement constater que les fonctions de transfert s/e du circuit électrique de gauche et du schéma bloc de droite sont bien identiques.)
Attention, on n'a plus identification entre v_+, v_-, et les entrées $+$ et $-$ du bloc soustracteur du schéma bloc.
On montre alors (en passant les calculs) que dans le cas tout à fait général du schéma bloc à droite, on a

$$\frac{s}{e} = \frac{A \times \alpha}{1 + AB}. \tag{3}$$

En prenant $A = H_{\text{ALI}} = \dfrac{\mu_0}{1 + \mathrm{j}\omega/\omega_0}$, on obtient :

$$\frac{s}{e} = \frac{\frac{\mu_0 \alpha}{1+\mu_0 B}}{1 + \frac{\mathrm{j}\omega}{\omega_0(1+\mu_0 B)}}. \tag{4}$$

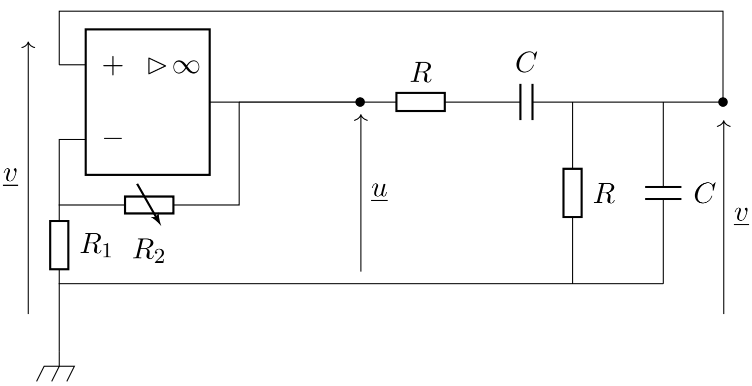
Le produit gain par bande passante n'est plus strictement conservé : $\mu_0' \omega_0' = \alpha \mu_0 \omega_0$.

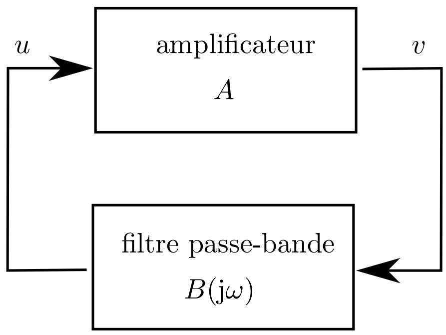
Néanmoins, toutes les conclusions restent globalement identiques à celles où $\alpha = 1$, car en pratique α n'est pas bien grand.

II Le montage oscillateur à résistance négative vu comme système bouclé

II.1 Le cas simple de l'oscillateur de Wien

Le cas d'école de l'oscillateur de Wien s'interprète très bien avec le schéma bloc “amplificateur + filtre passe-bande” :





Cas de l'oscillateur de Wien

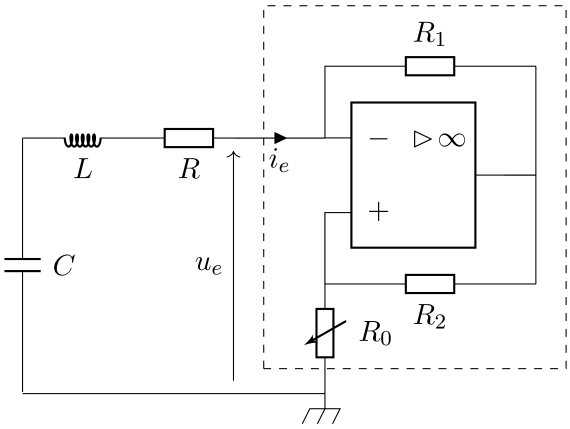
$A = 1 + \dfrac{R_2}{R_1}$

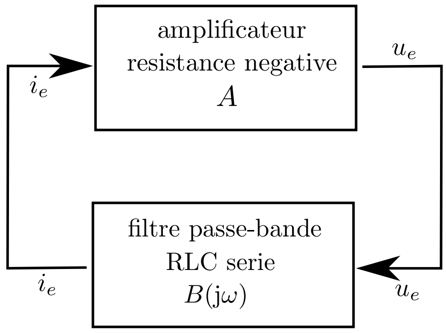
$B(\mathrm{j}\omega) = \dfrac{1/3}{1 + \mathrm{j}(1/3)(\omega/\omega_0 - \omega_0/\omega)}$

On peut varier à loisir le filtre (plus sélectif, fitre de Colpitts, etc...), et l'amplificateur (avec un transistor, ...), tout en restant dans ce même cadre.

II.2 Le cas mois simple de l'oscillateur à résistance négative

Même si c'est moins immédiat, l'oscillateur à résistance négative peut tout aussi bien être décrit par le schéma bloc "amplificateur + filtre passe-bande" :





$$A = \frac{u_e}{i_e} = -R_N$$
$$B = \frac{i_e}{u_e} = \frac{-1/R}{1+\mathrm{j}Q(\omega/\omega_0 - \omega_0/\omega)}$$

Les deux grandeurs d'intérêt sont u_e et i_e.

En effet, la résistance négative peut être vue comme l'amplificateur, qui multiplie son entrée i_e par $-R_N$ pour donner u_e.

Le filtre passe bande se trouve alors être le circuit RLC série alimenté par u_e et dont la sortie est l'intensité i_e. On sait bien qu'il s'agit d'un filtre passe bande. Comme u_e est en convention récepteur au lieu de générateur, on a un signe moins : à partir du circuit on montre que

$$i_e = u_e \times \frac{-1/R}{1+\mathrm{j}Q(\omega/\omega_0 - \omega_0/\omega)}, \tag{5}$$

avec $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ et $Q = (1/R)\sqrt{L/C}$ comme d'habitude.

On est dans le cadre habituel. On peut par exemple appliquer le critère de Barkhausen : il y a oscillations purement sinusoïdales si et seulement si $AB = 1$, soit donc pour $R_N = R$.

Notons qu'on peut interpréter de même les cas où la résistance négative est en dérivation avec un RLC parallèle.