

Séance de TP n°3 : L'amplificateur opérationnel (AOp)

Les circuits étudiés jusqu'ici sont des circuits passifs constitués de résistances, condensateurs inductances et diodes. Ils modifient un signal électrique en dissipant une partie de l'énergie délivrée par le générateur. Les signaux sont nécessairement atténués par de tels circuits. Il est cependant souvent nécessaire d'amplifier un signal par exemple pour traiter un signal de faible amplitude (pré amplification d'un microphone, amplification d'un signal radio capté par une antenne, mesures de faible signaux...) ou pour obtenir une puissance importante (amplis de puissance audio ou radio-fréquence...). Un circuit capable d'amplifier un signal et donc de lui transmettre de l'énergie est dit actif. Il nécessite l'utilisation d'une source d'énergie extérieure et doit de ce fait être alimenté. Ce rôle peut être assuré par un composant appelé « amplificateur opérationnel » ou « ampli OP » composé de plusieurs transistors. Dans le cas idéal un amplificateur OP multiplie une tension d'entrée par un facteur fixe appelé gain en tension. Nous verrons dans la séance de TD n°3 que l'amplificateur OP peut également remplir d'autres fonctions.

Objectifs du TP :

- Réaliser expérimentalement plusieurs montages types à base d'AOP
- Caractériser ces montages et déterminer leurs limites
- Comprendre l'utilité de l'amplificateur opérationnel notamment pour l'adaptation d'impédance

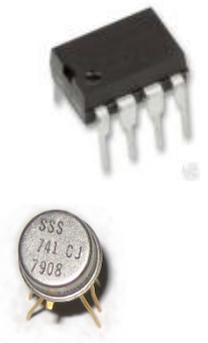
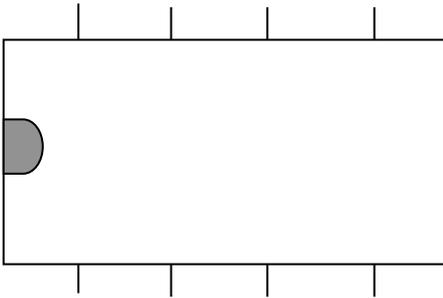
Prérequis : Connaître théoriquement le fonctionnement d'un AOP et les montages d'amplification type.

I. Introduction (Rappels du TD)

a. Présentation extérieure de l'amplificateur opérationnel (AOp)

Chercher dans la boîte de composants mise à votre disposition la plaque PCB (le circuit imprimé) sur laquelle est monté l'amplificateur opérationnel :

- Aspect externe : (boîtier 8 broches)



- Repérer sur le PCB les broches correspondantes à l'alimentation de l'AOp (expliquer la présence des composants supplémentaires sur le PCB)
- Repérer les entrées inverseuse, non inverseuse et la sortie

Ca y est, vous savez comment câbler l'amplificateur opérationnel !

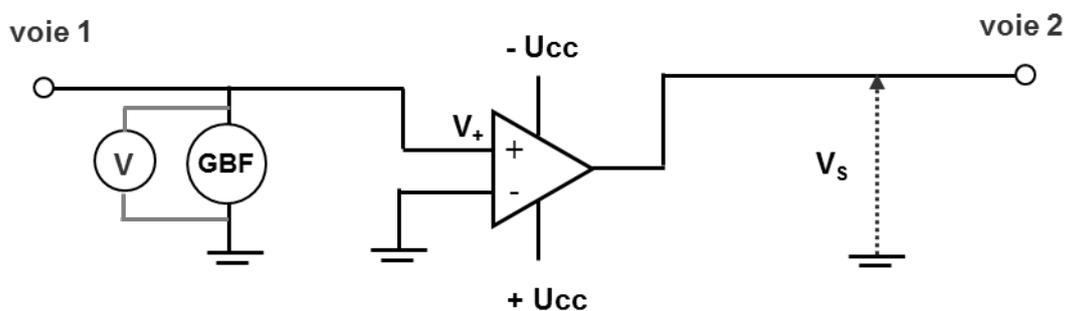
II. Amplificateur opérationnel sans contre-réaction (boucle ouverte)

On se propose ici d'observer le régime de saturation de l'AOp et le comportement fortement non linéaire lorsqu'il fonctionne en boucle ouverte (sans contre réaction). Pour ce faire :

- Alimentez l'ampli Op en $+15\text{ V}$ / -15 V sur les bornes $+U_{cc}$ et $-U_{cc}$. **Le 0 de l'alimentation (générateur de tension continue) devant être relié à la masse commune du montage.** Pourquoi ?

Attention : Si vous alimentez l'AOp à l'envers, il risque d'être irrémédiablement détruit !!

- Connectez le GBF sur les entrées V_+ et V_- (respectivement non inverseuse et inverseuse)



Vous observerez à l'oscilloscope le signal d'entrée généré par le **GBF sur la voie 1** et le signal en sortie de l'**AOP sur la voie 2**.

- Générer une **tension triangulaire** à basse fréquence (autour de 150 Hz). On limitera l'amplitude du signal d'entrée à **1 V RMS** (efficace). Observez et faire un schéma de la forme de la tension de sortie. Faites de même avec un signal d'entrée sinusoïdal.
- Que devrait-on observer si l'AOP fonctionnait en régime linéaire ? Déterminez la tension de saturation.
- Utilisez maintenant le GBF comme une source de tension continue. Pour cela, il faut mettre la fréquence à 0 et utiliser l'**offset du GBF**. Branchez le voltmètre numérique sur la sortie du GBF (ou sur l'entrée du circuit) et essayez d'appliquer la différence de potentielle (ddp) la plus faible possible entre V+ et V- pour éviter de **saturer** la sortie de l'ampli.
- Quelle est la plage de tension d'entrée utile et le gain associé ?
- A quoi pourrait servir ce type de montage ?

III. Montage amplificateur non inverseur

Réalisez le montage d'un **amplificateur non inverseur** à l'aide d'un pont diviseur résistif en contre réaction (voir partie théorique).

- Faire le schéma (on notera R_1 et R_2 les résistances utilisées) et montrez le câblage à l'assistant de TP.
- Entrez un signal **sinusoïdal de 0.1 V RMS**. Mesurez la valeur du signal de sortie pour $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 1 \text{ k}\Omega, 10 \text{ k}\Omega$ et $100 \text{ k}\Omega$. Vous préciserez quelle grandeur vous avez mesurée.
- En déduire les gains maximum en tension G_V et en dB g_{dB} respectifs et les comparez avec les gains théoriques. Quelle est la forme du signal de sortie pour les différents gains.

b. Rappels :

$$\text{Gain en tension : } G(\omega) = \left| \frac{V_s(\omega)}{V_e(\omega)} \right| = \frac{V_{s\text{-c-c}}(\omega)}{V_{e\text{-c-c}}(\omega)} = \frac{V_{s\text{RMS}}(\omega)}{V_{e\text{RMS}}(\omega)}$$

Le gain en décibel a pour définition :

$$g_{dB}(\omega) = 20 \log (G(\omega))$$

- Conservez $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$. Augmentez la valeur du signal d'entrée afin d'observer la saturation de l'ampli. Dessinez ce que vous observez. Expliquez.
- Utiliser le **mode XY** (dans le menu display/affichage) de l'oscilloscope pour visualiser $V_s = f(V_e)$. Qu'observe-t-on ? Que représente la pente ?

IV. Limite de la bande passante

On souhaite ici étudier l'évolution du **gain en dB** en fonction de la fréquence du signal d'entrée et rechercher la **limite de bande passante** ω_c .

- Alimentez le montage précédent, avec un signal d'entrée sinusoïdal d'amplitude inférieure à 100mV. **Notez la valeur RMS que vous avez retenue.** En augmentant la fréquence du signal d'entrée (pensez à utiliser les switch de décades sur le GBF), recherchez la limite de la bande passante ω_c correspondant à une atténuation de **- 3 dB** (nous verrons lors de l'étude des filtres d'où provient ce critère).

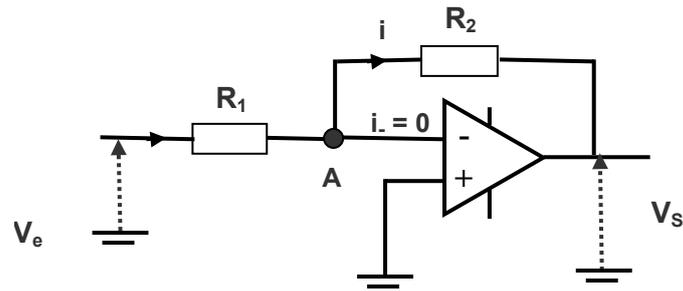
c. Rappels :

La fréquence de coupure à -3 dB signifie que le gain maximum a été divisé par $\sqrt{2}$:

$$G(\omega_c) = \frac{G_{MAX}}{\sqrt{2}}$$

- Refaites la même expérience pour les gains inférieurs ($R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ puis $10 \text{ k}\Omega$) ainsi que pour le montage suiveur (voir le schéma dans la partie théorique). Pour ce dernier cas, rappelez quel est le gain en tension et en dB correspond à ce montage.
- Dressez un tableau avec les résultats obtenus et reportez les points sur un graphique $g_{dB} = f(\omega_c)$. Quelle est l'allure de la courbe obtenue ? Conclusion sur le produit Gain x Bande.
- Pour un seul des gains étudiés jusqu'ici, étudiez l'évolution du déphasage entre le signal d'entrée et le signal de sortie en fonction de la fréquence. Notez ce que vous observez. Vous pourrez en particulier réaliser l'expérience pour $\ll \omega_c$, $\omega = \omega_c$ et $\omega = 10 \omega_c$. Relevez pour chacun des cas la courbe obtenue **en mode XY** sur l'oscilloscope.
- (A faire en exercice à la maison). Montrez que la courbe obtenue en mode XY sur l'oscilloscope lorsque les deux signaux sont déphasés doit être une ellipse dont on déterminera les caractéristiques.

V. Montage inverseur (si le temps le permet)



- Réalisez le montage ci-dessus avec $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$. Observez en mode XY la caractéristique $V_S = f(V_e)$ de ce montage. Conclusion.
- Déterminez expérimentalement le gain du montage. Comparez la valeur expérimentale à la valeur théorique que vous aurez redémontrée.