

TP : Étude d'un filtre actif

Ce TP a pour but de revoir des notions d'électronique vues en Mathématiques Supérieures, mais aussi d'utiliser habilement le logiciel *Synchronie* pour le tracé du diagramme de Bode en amplitude. Enfin on utilisera la notion de transformée de Fourier d'un « pic » de Dirac pour retrouver le comportement du filtre. Le montage que nous allons utiliser est celui de la figure 1.

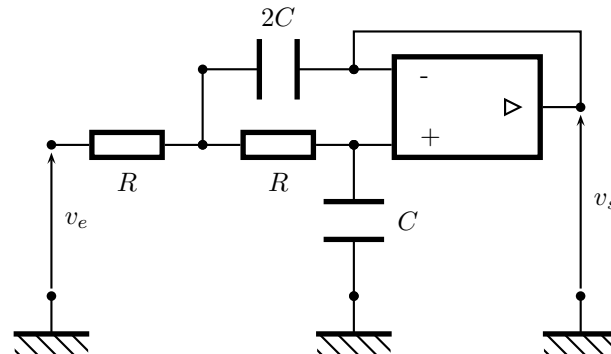


FIG. 1 – Filtre actif

A. Aspect théorique

1. L'amplificateur opérationnel est idéal et fonctionne en régime linéaire. Dans ces conditions, établir que le module de la fonction de transfert est :

$$H = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^4}}$$

avec $f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{2}}$.

2. Tracer le diagramme de Bode asymptotique de ce filtre pour l'amplitude et pour la phase. Dans la partie pratique du TP, on prendra $R = 4,7 \text{ k}\Omega$ et $C = 47 \text{ nF}$.

B. Plaquette *Microlab*

Le schéma de la figure 2 représente les connexions de la plaquette *Microlab* qui permet de réaliser des montages électroniques très évolutifs. Le schéma normalisé de l'amplificateur opérationnel 741 fait apparaître deux connexions dites *offset*. Celles-ci permettent de corriger un défaut de décalage en tension de cet AO. Dans un certain nombre de montages, ce réglage n'est pas nécessaire. Les connexions *offset* ne sont pas alors utilisées. On notera que la ligne de connexion horizontale inférieure est souvent utilisée comme ligne de masse.

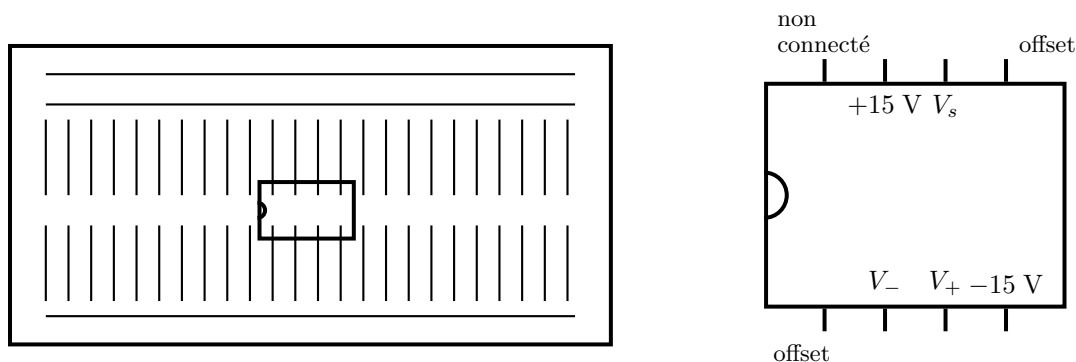


FIG. 2 – Structure de la plaquette *Microlab* et de l'AO 741

C. Enregistrement du diagramme de Bode

3. Réaliser le montage, sur une plaquette *Microlab* et vérifier rapidement que son comportement est bien cohérent avec l'étude théorique qui précède.

Nous allons, grâce aux propriétés de *Synchronie* et de la carte d'acquisition, pouvoir obtenir le tracé du diagramme de Bode. Lorsqu'on fait ce tracé à la main, il est important de se souvenir de ce que l'on fait. On

mesure grâce à un contrôleur numérique la tension efficace de sortie (ou à l'oscilloscope la tension maximum), en fonction de la fréquence en entrée qu'on fait varier. Ceci en veillant à ce que la tension d'entrée soit constante. Il va falloir bien sûr faire la même chose mais d'une façon plus automatique... Donc plus rapide, une fois que l'on est habitué, c'est-à-dire certainement pas la première fois...

Commençons par le problème du changement de fréquence du GBF : celui-ci possède une entrée *modulation*, en injectant une tension sur cette entrée on peut faire varier la fréquence du GBF. La carte d'acquisition de *Synchronie* est intéressante, car elle est non seulement prévue pour acquérir des tensions, mais elle est aussi capable d'en produire.

Pilotage du GBF grâce à Synchronie

4. La carte d'acquisition utilisée avec le logiciel *Synchronie* présente des sorties analogiques qui délivrent une tension que l'on programme dans le logiciel, comme par exemple la sortie analogique *SA1*. On commencera par programmer le nombre de points à 2048 avec une durée de 100 ms entre deux points.

acquisition-calibre : les anciennes cartes seront programmées pour travailler entre 0 V et 10 V.

5. Ensuite on définira la sortie *SA1* comme une rampe de tension allant de 0 V à 2 V. Sa programmation sera :

répéter : 1 fois

mode : entrelacé

Cela permettra de faire varier *SA1* puis de faire une acquisition, de recommencer à faire varier *SA1* et de refaire une acquisition...

Il est possible de vérifier le fonctionnement grâce à une option du menu. Placer un contrôleur numérique au niveau de la sortie *SA1* et vérifier que la tension croît bien de 0 V à 2 V en 200 s environ.

6. Placer le GBF sur le calibre 1 kHz à une fréquence de 100 Hz pour une tension de 5 V efficace environ, la fréquence sera mesurée en reliant l'oscilloscope à la sortie du GBF. Mettre la sortie *SA1* à l'entrée modulation du GBF (on commencera par chercher où elle se trouve). Observer sur l'oscilloscope l'effet de la modulation de fréquence de la tension de sortie du GBF lorsqu'on fait effectuer la rampe de tension à *SA1*. Des mesures pourraient montrer que le GBF traduit en fréquence la tension *SA1* selon la loi suivante :

$$f = 100 + 1055 \times SA1$$

où *SA1* est en V et *f* en Hz

Cette formule sera ensuite importante pour la feuille de calcul. La durée entre deux points ne doit pas être trop rapide afin que le GBF puisse « suivre » dans l'évolution de sa fréquence, c'est pourquoi on a choisi 100 ms. Choisir un intervalle de temps plus long rendrait la phase d'acquisition du signal relativement fastidieuse.

Si tout se passe normalement, le GBF est bien piloté, vous pouvez ainsi passer à la phase suivante.

Utilisation d'un détecteur de crêtes

Évoquons maintenant le problème de la mesure de la tension efficace ou de la tension maximum en sortie. Un montage électronique relativement simple va nous permettre d'effectuer la mesure de la tension maximum, c'est un détecteur de crêtes. Son schéma est représenté sur la figure 3.

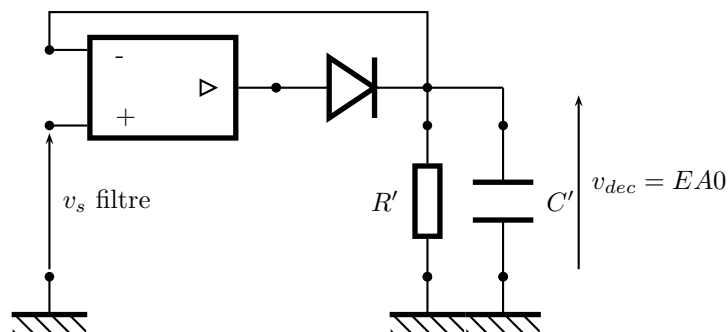


FIG. 3 – Détecteur de crêtes

7. On utilise $R' = 1 \text{ M}\Omega$ et $C' = 1 \text{ }\mu\text{F}$. Expliquer rapidement que la diode fait un redressement monoalternance, et que la cellule $R'C'$, effectue un filtrage dont donnera la constante de temps τ' .

8. Enlever provisoirement l'entrée modulation du GBF. Rester sur la fréquence de 100 Hz, relier la sortie du GBF à l'entrée du détecteur de crêtes. Visualiser sur l'oscilloscope en mode *DC* quelques périodes de la tension

délivrée par le GBF. Sur l'autre voie, on entrera la tension de sortie du détecteur de crêtes. Vérifier qu'il détecte bien le maximum de la tension sinusoïdale en faisant varier l'amplitude de la tension d'entrée.

Enregistrement du signal

9. Remettre la sortie $SA1$ de la carte sur l'entrée modulation du GBF, vérifier que la fréquence est bien de 100 Hz, en étant dans la gamme 1 kHz, et que sa tension efficace de sortie est d'environ 5 V. Entrer la tension du GBF sur le filtre. Relier la sortie du filtre avec l'entrée du détecteur de crêtes. Enfin, brancher la sortie du détecteur de crêtes sur l'entrée analogique $EA0$ de la carte d'acquisition.

10. Lancer une acquisition par la touche $F10$ et observer l'allure de la tension $EA0$. Recommencer pour s'assurer du bon fonctionnement du montage, on peut essayer dans les paramètres d'acquisition de faire réaliser des moyennes. Afin d'affiner la courbe enregistrée qui représente la tension maximum de sortie du filtre en fonction du temps.

Diagramme de Bode

Un diagramme de Bode présente le gain en dB d'un filtre en fonction de la fréquence, elle-même en échelle logarithmique. Cela ne correspond pas à la courbe enregistrée. C'est pourquoi nous allons utiliser la feuille de calcul afin d'obtenir le tracé.

11. Commençons par passer de $EA0$ en fonction du temps à $EA0$ en fonction de la fréquence qui sera notée f . Comme la valeur de la tension $SA1$ est fonction du temps, il suffit dans la feuille de calcul de définir :

$$f = 100 + 1055 \times SA1$$

12. Sortir de la feuille de calcul et demander la représentation de $EA0$ en fonction de la fréquence f en échelle log. Observer le graphique. Attention, il ne constitue pas encore le diagramme de Bode qui représente le gain en décibel en fonction de $\log f$.

Si on définit G comme le gain en décibel de la tension $v_{dec} = EA0$ acquise par Synchronie, alors se pose un problème :

G n'est pas le vrai gain mais correspond à un gain translaté en ordonnée. Afin de remédier à ce problème, on utilisera la fonction $\max(v_{dec}) = \max(EA0)$ et on définira dans la feuille de calcul le gain par :

$$G = 20 \log v_{dec} - 20 \log \max(v_{dec})$$

13. Définir aussi le gain théorique G_{th} en programmant dans la feuille de calcul $G = 20 \log H$ avec $H = \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{f}{f_0})^4}}$ avec $f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{2}}$.

14. Tracer le diagramme de Bode présentant dans la même fenêtre G et G_{th} en fonction de $\log f$. Rechercher, en faisant varier la valeur de f_0 , la courbe théorique de G_{th} qui coïncide le mieux avec la courbe G mesurée. Comparer avec la valeur théorique de f_0 . Faire de même pour la pente du diagramme asymptotique.

15. Faire imprimer le graphique de Bode et la feuille de calcul.

D. Utilisation d'un pic de Dirac

Nous disposons d'un générateur d'impulsions dont on peut régler à la fois la largeur de l'impulsion mais aussi la périodicité. Nous n'avons besoin que d'une seule impulsion.

16. Grâce à l'oscilloscope, visualiser le signal délivré par le générateur d'impulsion. On travaillera avec une fréquence de 10 Hz et la largeur la plus petite qu'il soit pour le pic, largeur compatible avec le nombre de points et la durée d'acquisition.

17. Enlever le détecteur de crête, mettre le générateur d'impulsion à l'entrée du filtre. Relier la sortie du générateur d'impulsion à la carte d'acquisition de *Synchronie*, afin de pouvoir acquérir l'impulsion dont l'amplitude ne doit pas dépasser 10 V pour que la carte d'acquisition ne sature pas. Cette acquisition d'un pic n'est pas toujours très facile.

18. Essayer avec 8000 points, une durée de 5 ms, il faut aussi synchroniser sur la voie 0 à partir du niveau 2 par exemple en sens croissant pour être sûr qu'il y ait bien déclenchement sur l'impulsion.

19. Lorsque l'acquisition du pic de Dirac se passe bien, relier la sortie du filtre avec une seconde entrée analogique de la carte d'acquisition.

20. Après avoir réalisé une acquisition, faire calculer les transformées de Fourier (en sélectionnant la totalité du signal...) du pic de Dirac et du signal de sortie. Imprimer les signaux et leur transformée de Fourier.

21. Afin de confronter théorie et expérience, nous allons à nouveau utiliser la feuille de calcul. Rappeler les résultats théoriques concernant l'utilisation de l'impulsion de Dirac pour la détermination de la fonction de transfert d'un filtre dans votre compte rendu.

22. Dans la feuille de calcul, redéfinir f_0 (à sa valeur théorique), définir la fonction H telle que $H = \frac{A}{\sqrt{1 + (\frac{f}{f_0})^4}}$ où A sera une valeur qu'on obtiendra par extrapolation de l'amplitude des basses fréquences $f \rightarrow 0$ dans le spectre du signal de sortie. Demander le tracé de H dans la même fenêtre que celle contenant le spectre du signal de sortie. Conclure.

23. Imprimer les différentes courbes et la feuille de calcul.