



## DV5 : Filtres du 2nd ordre



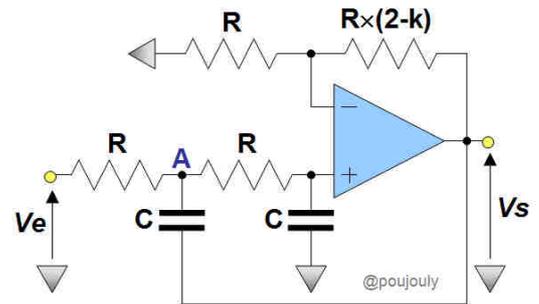
## Objectifs

Pour ce cinquième devoir de vacances je vous propose de revenir sur les filtres passe bas, passe haut et passe bande du 2nd ordre. Ce devoir est aussi l'occasion de revoir les techniques de calcul de fonctions de transfert.



## Exercice n°1 : Un filtre à nombres de valeurs réduites

Le filtre proposé sur la figure ci-contre possède la particularité de n'utiliser qu'une seule valeur de condensateur et seulement 2 valeurs de résistances permettant ainsi un dimensionnement simplifié. On vous propose de mettre en équation la fonction de transfert de ce filtre et d'effectuer le dimensionnement afin de répondre à un cahier des charges précis. On suppose bien évidemment que l'ampli-op est parfait et fonctionne en régime linéaire.



**Q1 :** Exprimer le potentiel  $V+$  sur la borne + de l'ampli-op en fonction de  $V_s$  et du coefficient  $k$ .

**Q2 :** En utilisant le théorème de Millmann, exprimer le potentiel  $V_A(j\omega)$  en fonction de  $V_e(j\omega)$ ,  $V_s(j\omega)$ ,  $k$ ,  $R$ ,  $C$  et  $j\omega$ .

**Q3 :** Quelle simple fonction de transfert relie  $V-$  à  $V_A$  ?

**Q4 :** En utilisant les équations précédentes, exprimer la fonction de transfert de ce montage et montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme indiquée ci-contre. Quelle est la nature de ce filtre et le nom des quantités intervenant dans cette fonction de transfert ?

$$T(j\omega) = \frac{V_s(j\omega)}{V_e(j\omega)} = \frac{A_{\max}}{1 + 2m \cdot \frac{j\omega}{\omega_0} + \left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

**Q5 :** On fixe  $m = \frac{1}{\sqrt{2}}$ , en déduire la valeur du coefficient  $x$ . Quelle est la particularité de la réponse fréquentielle de ce filtre pour cette valeur de  $m$ .

**Q6 :** Comme on souhaite obtenir une fréquence de coupure de 5kHz compatible avec une application audio, proposer des valeurs de composants (E24 pour les résistances et E12 pour les condensateurs) répondant à ce cahier des charges. Vérifier votre dimensionnement en effectuant une simulation LTSpice. Justifier le résultat obtenu : pente en bande atténuée, fréquence de coupure, gain dans la bande passante.



## Exercice n°2 : Un filtre audio pour tweeter

On s'intéresse dans ce problème à l'étude d'un filtre pour un tweeter utilisé dans les enceintes acoustiques pour restituer les parties hautes du spectre audio. Le montage proposé fait appel à une structure passive comme le montre la figure 1 suivante. Afin de simplifier l'étude de ce filtre on suppose que le haut parleur possède une impédance constante en fonction de la fréquence égale à  $R=4\Omega$ .



**Q1 :** Exprimer l'impédance équivalente  $Z_{eq}(j\omega)$  constituée par l'association de l'inductance  $L$  et l'impédance  $R$  du haut parleur.

**Q2 :** Exprimer la fonction de transfert  $T(j\omega) = \frac{V_h(j\omega)}{V_a(j\omega)}$  de ce montage en écrivant un simple pont diviseur de tension.

**Q3 :** Montrer la fonction de transfert peut se mettre sous la forme canonique d'un filtre passe haut du 2<sup>nd</sup> ordre et exprimer les paramètres caractéristiques  $m$  et  $\omega_0$  en fonction de  $R$ ,  $L$  et  $C$ .

**Q4 :** On fixe  $m = \frac{1}{\sqrt{2}}$  et on souhaite obtenir une fréquence de coupure haute de 3kHz. En déduire les valeurs de  $L$  et  $C$ . Vérifier votre dimensionnement en effectuant une simulation LTSpice.

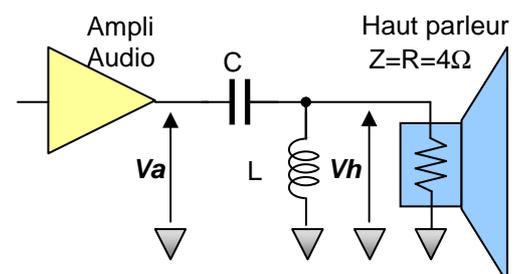


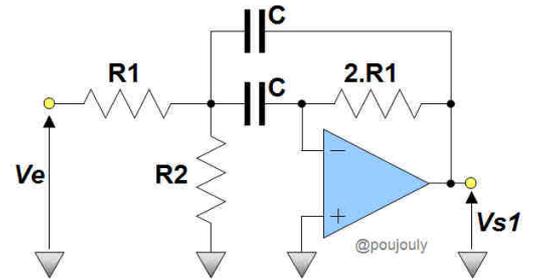
Figure 1 : Filtre passif pour tweeter

## Exercice n°3 : Un filtre réjecteur pour 50Hz

On s'intéresse à l'étude d'un filtre réjecteur destiné à éliminer la composante fréquentielle 50Hz provenant du réseau de distribution d'électricité.

Pour ce dispositif on utilise un passe bande du 2nd ordre dont le schéma est représenté ci-contre et dont on donne la fonction de transfert suivante :

$$T(j\omega) = \frac{Vs1(j\omega)}{Ve(j\omega)} = \frac{-2R1R2jC\omega}{R1 + R2 + 2R1R2jC\omega + 2R2(jR1C\omega)^2}$$



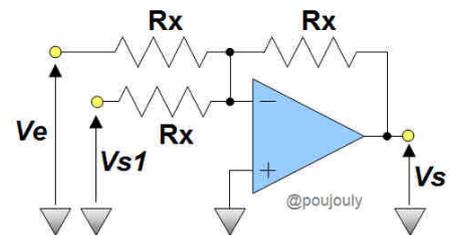
**Q1 :** Montrer que cette fonction de transfert peut se mettre sous une forme canonique d'un filtre passe bande du 2nd ordre que vous rappellerez. Exprimer les paramètres caractéristiques  $Q$ ,  $\omega_0$  en fonction des éléments du montage ( $C$ ,  $R1$ ,  $R2$ ).

**Q2 :** On propose les valeurs suivantes :  $R1=100k\Omega$   $R2=1,6k\Omega$  et  $C=180nF$ . Calculer la valeur de  $f_0$  et  $Q$ . Que peut-on faire en pratique et très simplement pour obtenir une fréquence centrale parfaitement réglé à 50Hz sans trop modifier la valeur du facteur de qualité ?

Pour mettre en œuvre le réjecteur de fréquence on propose d'associer au filtre passe bande le montage suivant.

**Q3 :** Exprimer la sortie  $Vs$  en fonction de  $Vs1$  &  $Ve$ .

**Q4 :** Pour la fréquence  $f=f_0$ , quelle relation simple peut-on établir entre  $Vs1$  et  $Ve$  pour le filtre passe bande précédent ? Justifier ainsi que le montage proposé est bien un réjecteur pour la fréquence  $f_0=50Hz$ .



**Q5 :** Proposer une simulation LTSpice permettant de vérifier le bon fonctionnement de ce montage.