Filtrage

Difficulté d'analyse et compréhension, initiative requise ;
Difficulté technique et calculatoire ;
Exercice important.

Flasher ou cliquer pour accéder au corrigé

Se préparer

Applications de cours

Ces applications de cours sont des briques élémentaires des raisonnements à mener dans les exercices : les maîtriser est incontournable. Elles sont toutes traitées de manière exhaustive dans le cours.

E5.1 - Calculer la valeur moyenne et la valeur efficace d'un signal sinusoïdal. En déduire la valeur moyenne d'un signal périodique quelconque.

E5.2 - Filtre RC passe-bas : tension de sortie aux bornes du condensateur.
(a) Établir la fonction de transfert et l'écrire sous forme canonique.
(b) Construire le diagramme de Bode en gain et en phase en fonction de la pulsation réduite.
(c) Définir et calculer la bande passante.

E5.3 - Filtre RC passe-haut : tension de sortie aux bornes de la résistance.
(a) Établir la fonction de transfert et l'écrire sous forme canonique.
(b) Construire le diagramme de Bode en gain et en phase en fonction de la pulsation réduite.
(c) Définir et calculer la bande passante.

E5.4 - Filtre passe-bande d'ordre 2 :

$$\underline{H}(x) = \frac{1}{1 + \mathrm{j}Q\left(x - \dfrac{1}{x}\right)}$$

(a) Construire le diagramme de Bode en gain pour $Q = 0{,}1$ et $Q = 100$.
(b) Définir la bande passante et rappeler son expression sans démonstration (qu'il faut savoir faire, mais la question est déjà longue). Comment choisir le facteur de qualité pour rendre le filtre plus sélectif ?

E5.5 - Filtre passe-bas d'ordre 2 :

$$\underline{H}(x) = \frac{1}{1 - x^2 + \dfrac{\mathrm{j}x}{Q}}$$

(a) Construire le diagramme de Bode en gain pour $Q = 0{,}1$ et $Q = 100$.
(b) Comment choisir le facteur de qualité pour un comportement optimal du filtre ?

E5.6 - Définir un filtre dérivateur et montrer comment un tel comportement se traduit dans le diagramme de Bode. En déduire une réalisation pratique d'un tel filtre.

E5.7 - Définir un filtre intégrateur et montrer comment un tel comportement se traduit dans le diagramme de Bode. En déduire une réalisation pratique d'un tel filtre.

Cahier d'Entraînement

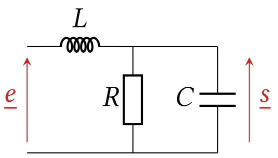
Le *Cahier d'Entraînement* est un projet collaboratif mené par des enseignants de CPGE, proposant aux étudiants des entraînements leur permettant de travailler en autonomie sur des techniques et « réflexes » utiles dans les exercices, en particulier calculatoires. Il est librement téléchargeable en scannant ou cliquant sur le QR-code ci-contre.

$\rightsquigarrow$ pour ce chapitre : 5.8, 5.9, 5.13, 5.14, 5.15 et 5.16.

Exercice 1 : Passe bas du second ordre

1 | 2 |

- *Fonction de transfert ;*
- *Tracé de diagramme de Bode.*



1 - Déterminer la nature du filtre ci-contre.

2 - Établir sa fonction de transfert et l'écrire sous forme canonique :

$$\underline{H} = \frac{H_0}{1 - x^2 + \dfrac{jx}{Q}} \qquad \text{avec} \qquad x = \frac{\omega}{\omega_0}\,.$$

3 - Représenter[1] son diagramme de Bode en gain pour $Q = 10$ et $Q = 0{,}1$.

✎ ***Correction —*** **1 -** *Dans la limite des hautes fréquences, le condensateur équivaut à un fil donc la tension à ses bornes est nulle : les signaux haute fréquence sont coupés. Dans la limite des basses fréquences, la bobine équivaut à un fil, donc $\underline{s} = \underline{e}$: les signaux basse fréquence sont transmis. Ainsi, le filtre est un* ***passe-bas****.*

> ***Question d'analyse 1*** *- Pourquoi n'y a-t-il pas de contradiction avec le fait que le condensateur soit équivalent à un interrupteur ouvert en basse fréquence qui empêcherait les signaux de passer ?*

2 - *La résistance et le condensateur sont montés en parallèle, l'admittance équivalente à l'association s'écrit*

$$\underline{Y_{RC}} = \frac{1}{R} + jC\omega\,.$$

Ainsi, par un pont diviseur de tension,

$$\underline{H} = \frac{\underline{s}}{\underline{e}} = \frac{\underline{Z_{RC}}}{jL\omega + \underline{Z_{RC}}} = \frac{1}{1 + \underline{Y_{RC}}\,jL\omega} \qquad \text{d'où} \qquad \boxed{\underline{H} = \frac{1}{1 + j\dfrac{L}{R}\omega - LC\omega^2}}$$

> ***Question d'analyse 2*** *- Pourquoi ne peut-on pas appliquer un pont diviseur de tension entre L et C directement ?*
> ***Question d'analyse 3*** *- Expliquer le passage entre l'expression avec $\underline{Z_{RC}}$ de la fonction de transfert et celle avec $\underline{Y_{RC}}$.*

Par identification avec la forme canonique donnée,

$$\begin{cases} H_0 = 1 \\ -x^2 = -\dfrac{\omega^2}{\omega_0^2} = -LC\omega^2 \\ \dfrac{jx}{Q} = \dfrac{j\omega}{Q\,\omega_0} = \dfrac{jL\omega}{R} \end{cases} \qquad \text{soit} \qquad \begin{cases} H_0 = 1 \\ \omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}} \\ Q = \dfrac{R}{L\omega_0} = R\sqrt{\dfrac{C}{L}} \end{cases}$$

3 - *Commençons par établir les équations des asymptotes. Dans la limite des basses fréquences,*

$$\underline{H} \underset{BF}{\sim} \frac{H_0}{1} = 1 \qquad \text{d'où} \qquad G_{dB} \underset{BF}{\sim} 20\log 1 = 0\,.$$

1. Dans un exercice à faire vous-même, un diagramme semi-logarithmique vide serait fourni … ce que je ne fais pas ici pour tenter (désespérément ?) d'économiser un peu de papier ☺

Dans la limite des hautes fréquences,

$$\underline{H} \underset{HF}{\sim} \frac{H_0}{-x^2} = -\frac{1}{x^2} \qquad \text{d'où} \qquad G_{dB} \underset{HF}{\sim} 20\log\frac{1}{x^2} = -40\log x\,.$$

> ***Question d'analyse 4*** *- Dans la limite haute fréquence, pourquoi le terme jx/Q n'apparaît-il pas alors qu'il est divergent ?*
>
> ***Question d'analyse 5*** *- Dans cette limite, pourquoi aucun signe − n'apparaît dans le log ? quelle est l'origine de celui apparaissant dans l'expression finale du gain ?*

Plaçons nous maintenant en $x = 1$, ce qui donne

$$\underline{H}(x=1) = \frac{H_0}{j/Q} = -jQ \qquad \text{donc} \qquad G_{dB}(x=1) = 20\log Q\,.$$

> ***Question d'analyse 6*** *- Pourquoi faut-il un calcul complémentaire à celui des asymptotes avant de tracer le diagramme de Bode ?*
>
> ***Question d'analyse 7*** *- Pourquoi un signe − apparaît-il dans l'expression finale de $\underline{H}(x=1)$?*

On en déduit le tracé de la figure 1, en commençant par tracer les asymptotes puis en plaçant ensuite le point exact en $x = 1$. On trace enfin l'allure du diagramme réel.

> ***Question d'analyse 8*** *- Comment faire concrètement (= comment poser la règle sur la feuille) pour le tracé de l'asymptote haute fréquence ?*

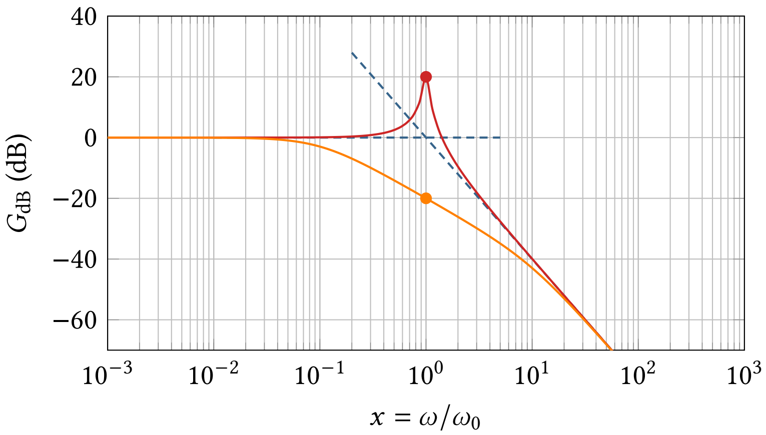
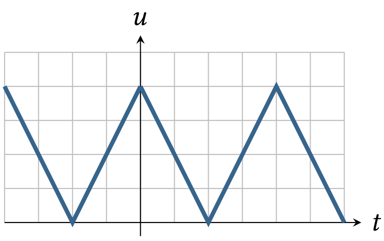


Figure 1 – Diagramme de Bode du filtre passe-bas d'ordre 2.

Analyse spectrale

Exercice 2 : Signal triangulaire 1 | 2

- *Valeur moyenne et valeur efficace ;*
- *Développement de Fourier.*



On s'intéresse au signal triangulaire $u(t)$ représenté ci-contre. Les échelles sont respectivement de 250 µs par carreau et 0,5 V par carreau. On note T sa période.

1 - Proposer une expression mathématique du signal pour $t \in [-T/2, +T/2]$, en donnant les valeurs numériques des paramètres introduits.

2 - Déterminer sa valeur moyenne graphiquement et par le calcul.

3 - Déterminer sa valeur efficace.

4 - Le développement en série de Fourier d'un signal triangulaire d'amplitude crête-à-crête U_{cc} s'écrit

$$u(t) = \langle u \rangle + \sum_{n \text{ impair}} \frac{4U_{cc}}{n^2\pi^2} \cos(n\omega t)\,.$$

En déduire un résultat mathématique donnant la valeur d'une somme liée aux entiers.

Exercice 3 : Filtrage d'un signal — oral banque PT | 2 | 1 |

- *Décomposition de Fourier ;*
- *Signal de sortie d'un filtre.*

On considère un signal avec une composante continue égale à 1 V, un fondamental de fréquence 1 kHz d'amplitude 3 V, et un bruit de fréquence 20 kHz d'amplitude 100 mV déphasé de $\pi/2$.

1 - Représenter le signal et son spectre.

2 - Donner son expression mathématique.

3 - On dispose des huit filtres ci-dessous, supposés idéaux. Dessiner l'allure du signal filtré dans chaque cas.

(1) Passe-bas 10 Hz ;
(2) Passe-bas 10 kHz ;
(3) Passe-bas 100 kHz ;
(4) Passe-haut 10 Hz ;
(5) Passe-haut 10 kHz ;
(6) Passe-bande 1 kHz ;
(7) Passe-bande 20 kHz ;
(8) Coupe-bande 1 kHz.

Exercice 4 : Lecture de diagrammes de Bode — 1 | 1 |

- *Lecture de diagrammes de Bode ;*
- *Reconstruction du signal de sortie d'un filtre.*

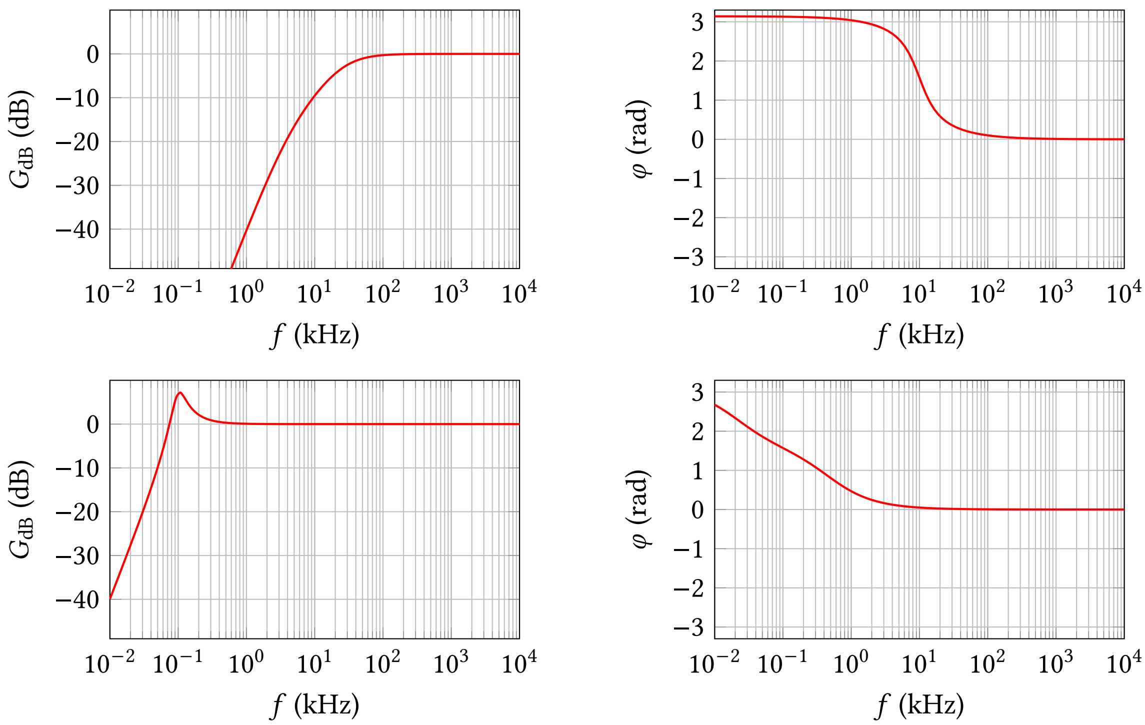
1 - Pour les quatre diagramme de Bode ci-dessous, indiquer le type de filtre dont il s'agit.

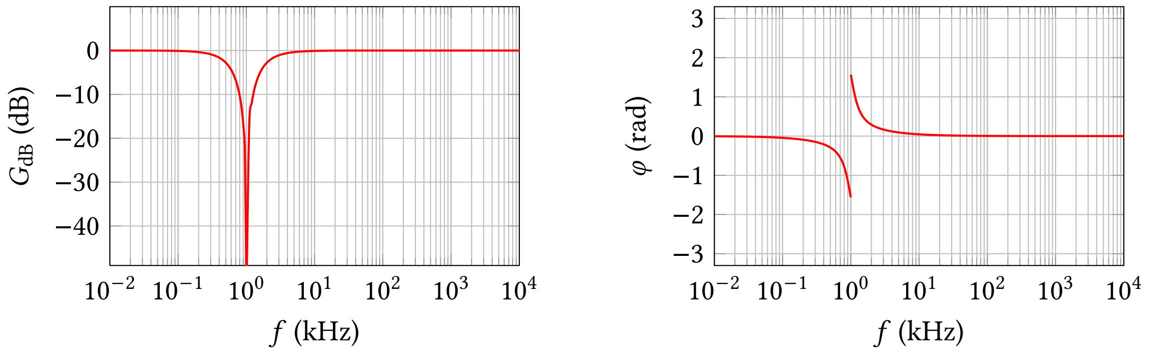
2 - Identifier l'ordre du filtre et sa fréquence caractéristique.

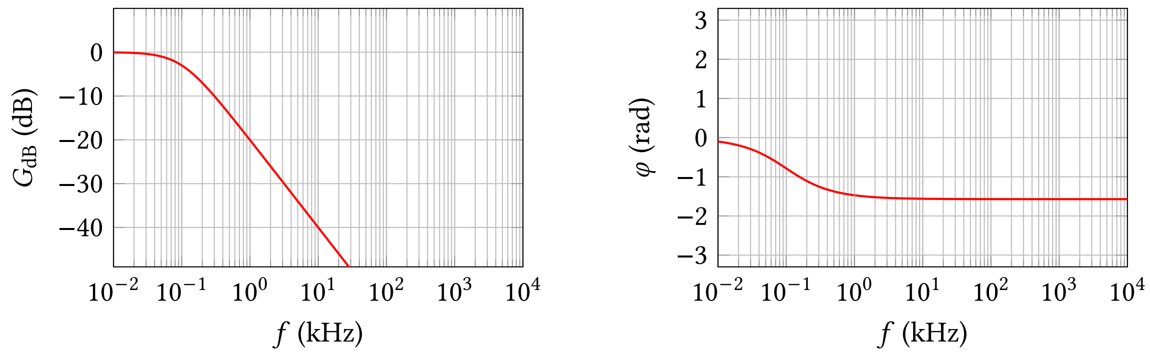
3 - On envoie en entrée de chacun des filtres le signal

$$e(t) = E_0 + E_0\cos(\omega t) + E_0\cos\left(10\,\omega t + \frac{\pi}{4}\right) + E_0\cos\left(100\,\omega t - \frac{\pi}{3}\right)$$

où la fréquence $f = \omega/2\pi$ vaut 1 kHz. Déterminer l'expression du signal $s(t)$ de sortie du filtre.



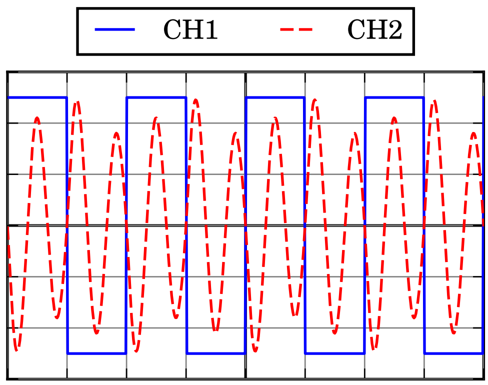




Exercice 5 : Signal de sortie d'un filtre — adapté oral banque PT | 3 | 2

- *Développement de Fourier ;*
- *Lecture d'un diagramme de Bode ;*
- *Reconstruction du signal de sortie d'un filtre.*

La figure 2 représente les signaux d'entrée (voie 1) et de sortie (voie 2) d'un filtre acquis via un oscilloscope numérique. Le diagramme de Bode du filtre est représenté figure 3.



Time = 0.5 ms/div — CH1 = 1 V/div — CH2 = 500 mV/div

Figure 2 – Copie d'écran d'oscilloscope.

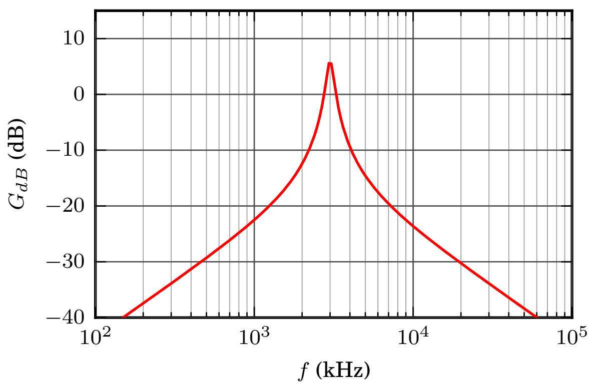


Figure 3 – Diagramme de Bode du filtre.

Données :

- décomposition en série de Fourier d'un signal quelconque de fréquence f :

$$v(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin(2\pi k f t) + \sum_{k=1}^{\infty} B_k \cos(2\pi k f t)\,;$$

- spectre d'un signal créneau symétrique centré : $A_1 = 4A/\pi$ avec A l'amplitude du signal

$$A_0 = 0 \qquad A_k = \begin{cases} 0 & k \text{ pair} \\ A_1/k & k \text{ impair} \end{cases} \qquad \forall k,\ B_k = 0\,.$$

1 - Déterminer l'amplitude, la fréquence et la valeur moyenne du signal créneau. En raisonnant par parité, justifier que $B_k = 0$ pour le signal créneau représenté.

2 - Identifier la nature du filtre et donner sa fréquence propre f_0.

3 - Dans un premier temps, on fait l'approximation que le filtre ne transmet qu'une seule harmonique du signal d'entrée : le signal de sortie est une sinusoïde parfaite $v_s = V_{s,max}\sin(\omega t + \varphi)$. D'après l'oscillogramme, donner l'amplitude et la fréquence de la sinusoïde ainsi modélisée. À quelle harmonique du signal d'entrée correspond-elle ?

4 - L'oscillogramme montre que cette approximation n'est pas très satisfaisante : il est nécessaire de prendre en compte au moins une seconde harmonique. Quelles sont les deux harmoniques qui pourraient potentiellement jouer ce rôle ?

5 - Déterminer graphiquement la fréquence de l'harmonique à considérer. Confirmer ce résultat en calculant à partir du diagramme de Bode le poids dans le signal de sortie des deux harmoniques envisageables.

6 - Justifier quantitativement que les autres harmoniques du signal de sortie sont négligeables.

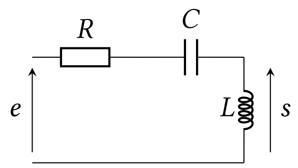
7 - Représenter sur un même graphe et à l'échelle le spectre du signal d'entrée et celui du signal de sortie.

Étude de filtres

Exercice 6 : Filtre passe-haut d'ordre 2

1 | 1 |

- *Fonction de transfert ;*
- *Tracé d'un diagramme de Bode.*



1 - Justifier que ce filtre est un filtre passe-haut. Définir sa pulsation caractéristique ω_0 et son facteur de qualité Q.

2 - Déterminer sa fonction de transfert et l'écrire sous la forme

$$\underline{H} = \frac{\mathrm{j}Qx}{1 + \mathrm{j}Q\left(x - \frac{1}{x}\right)} \qquad \text{avec} \qquad x = \frac{\omega}{\omega_0}\,.$$

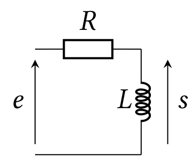
3 - Déterminer la pente des asymptotes du diagramme de Bode en gain. Tracer qualitativement son allure en supposant que le facteur de qualité est tel que le circuit n'est pas résonant.

4 - Ce filtre peut-il avoir un comportement dérivateur ? intégrateur ?

Exercice 7 : Filtre RL

1 | 1 |

- *Fonction de transfert ;*
- *Tracé d'un diagramme de Bode ;*
- *Reconstruction du signal de sortie d'un filtre.*



On considère le circuit ci-contre avec $R = 1{,}0\,\mathrm{k\Omega}$ et $L = 10\,\mathrm{mH}$.

1 - Quel type de filtre ce circuit permet-il de réaliser ?

2 - Déterminer sa fonction de transfert et l'écrire sous la forme

$$\underline{H} = H_0 \frac{\mathrm{j}\frac{\omega}{\omega_c}}{1 + \mathrm{j}\frac{\omega}{\omega_c}}.$$

3 - Construire le diagramme de Bode asymptotique en gain sur la figure 4 et en déduire l'allure du diagramme réel.

4 - La tension e s'écrit sous la forme d'une somme de trois harmoniques de même amplitude, de même phase initiale, et de fréquences respectives $f_1 = 100\,\mathrm{Hz}$, $f_2 = 1\,\mathrm{kHz}$ et $f_3 = 100\,\mathrm{kHz}$. Donner la forme du signal d'entrée e puis du signal de sortie s.

5 - La tension $e(t)$ est maintenant un signal triangle de fréquence 60 Hz. Justifier que $s(t)$ est un signal créneau de même fréquence. Que dire de son amplitude ?

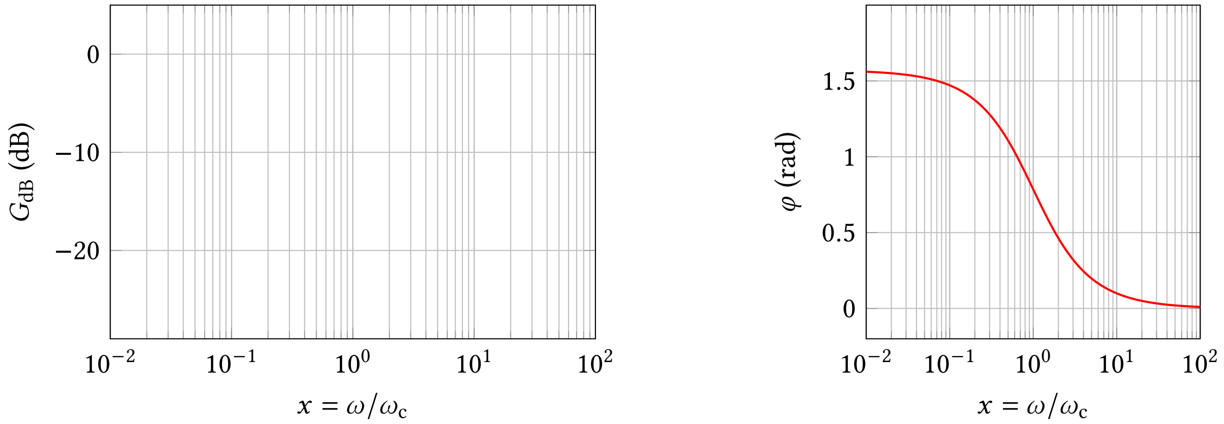


Figure 4 – Diagramme de Bode du filtre RL.

Exercice 8 : Modélisation d'un récepteur radio — oral banque PT | 2 | 1

- *Fonction de transfert ;*
- *Bande passante.*

Un récepteur radio doit capter les signaux sur une gamme de fréquence allant de 150 à 300 kHz. Il peut être modélisé par un circuit RLC série avec $L = 1{,}15\,\mathrm{mH}$.

1 - Quel type de filtrage doit-il réaliser ? En déduire le dipôle aux bornes duquel la tension de sortie doit être mesurée et établir la fonction de transfert du filtre.

2 - La fréquence de réception voulue s'obtient en modifiant la capacité du condensateur. Déterminer les valeurs de C répondant aux attentes.

3 - Le récepteur ne doit capter qu'une très fine bande de fréquence parmi l'ensemble. Sur quel paramètre jouer ?

Exercice 9 : Atténuateur différentiel — oral CCINP MP | 2 | 2 |

- *Fonction de tranfert ;*
- *Analyse d'un diagramme de Bode ;*
- *Reconstruction du signal de sortie d'un filtre.*

On considère le filtre de la figure 5, qui atténue différemment les signaux en fonction de leur fréquence. On donne $R_1 = 100\,\mathrm{k\Omega}$.

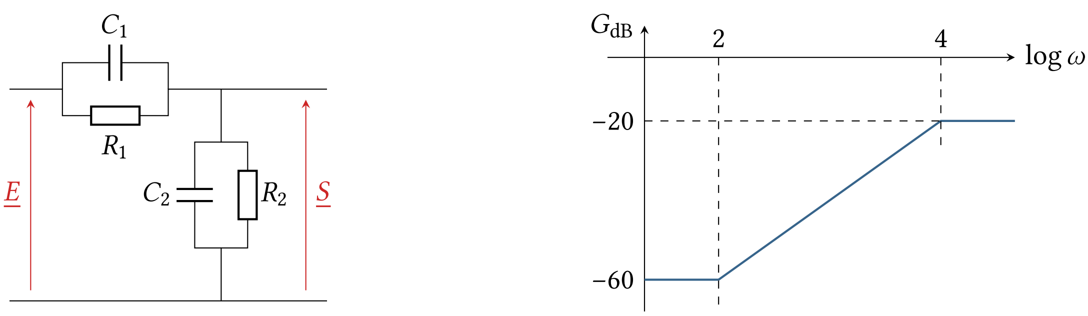


Figure 5 – Schéma et diagramme de Bode du filtre étudié.

1 - Établir la fonction de transfert du filtre.

2 - Justifier l'allure du diagramme de Bode, en particulier la pente dans la zone intermédiaire.

3 - Déterminer la valeur des composants.

4 - On envoie en entrée du filtre un signal à deux harmoniques de même amplitude A, de même phase initiale φ_0, et de pulsations respectives $\Omega = 50\,\mathrm{rad\cdot s^{-1}}$ et $\Omega' = 10^6\,\mathrm{rad\cdot s^{-1}}$. Déterminer le signal de sortie.

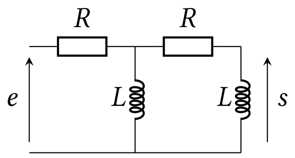
5 - Même question pour des harmoniques de pulsations $2\cdot10^3\,\mathrm{rad\cdot s^{-1}}$ et $3\cdot10^3\,\mathrm{rad\cdot s^{-1}}$.

Exercice 10 : Filtre ADSL 2 | 2 |

- *Fonction de transfert ;*
- *Analyse d'un diagramme de Bode.*

Lorsque j'avais votre âge, à une époque reculée où les smartphones et la fibre optique n'existaient pas, les connexions à internet passaient par les fils de cuivre des lignes téléphoniques, en utilisant une technologie nommée ADSL. Les signaux téléphoniques (transmettant la voix) utilisaient des fréquences de 0 à 4 kHz et devaient être séparés des signaux internet, qui utilisaient les fréquences de 25 kHz à 2 MHz.

1 - Quel type de filtre faut-il utiliser pour récupérer seulement les signaux téléphoniques ? les signaux internet ? Justifier que $f_0 = 10\,\mathrm{kHz}$ est un bon choix de fréquence de coupure.



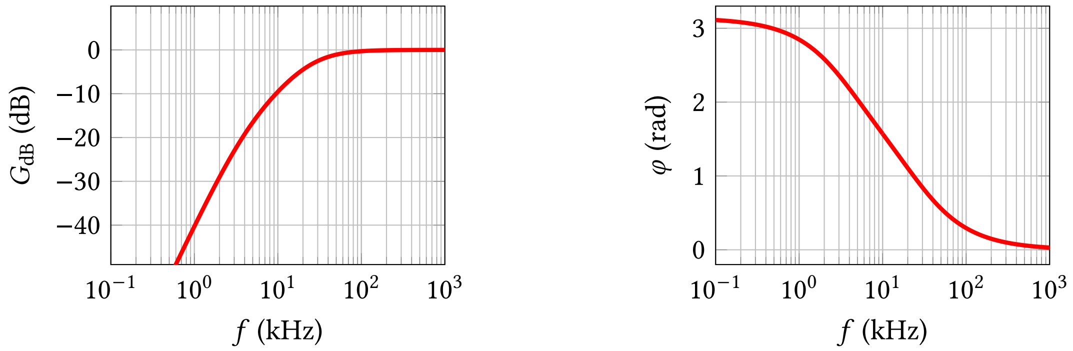
Un filtre ADSL à brancher entre la prise téléphonique, le téléphone et la box internet se modélise par le circuit représenté ci-contre où l'entrée e correspond à l'arrivée de la ligne téléphonique dans l'habitation.

2 - De quel type de filtre s'agit-il ? La sortie est-elle à relier au téléphone ou à la box internet ?

3 - Montrer que la fonction de transfert du filtre peut se mettre sous la forme

$$\underline{H}(x) = \frac{-x^2}{1 + 3\mathrm{j}x - x^2}\,.$$

4 - Déterminer les pentes des asymptotes du diagramme de Bode du filtre ADSL représenté ci-dessous. Quelle est l'atténuation, en décibel et en amplitude, de la composante de plus haute fréquence du canal téléphonique ?



5 - Les résistances utilisés dans le filtre sont de l'ordre de 100 Ω. En déduire l'ordre de grandeur des inductances.

Exercice 11 : Filtre RLC oral banque PT | 3 | 1

- *Fonction de transfert ;*
- *Analyse d'un diagramme de Bode ;*
- *Signal de sortie d'un filtre.*

1 - Identifier sans calcul la nature du filtre du montage figure 6.

2 - Déterminer la fonction de transfert sous la forme

$$\underline{H} = \frac{\dfrac{\mathrm{j}x}{Q} - x^2}{1 + \dfrac{\mathrm{j}x}{Q} - x^2} \qquad \text{avec} \qquad x = \frac{\omega}{\omega_0}$$

Identifier la fréquence de résonance ω_0 et le facteur de qualité Q.

3 - On donne le diagramme de Bode du filtre figure 6. Expliquer les valeurs prises par la pente en haute et basse fréquence. Déterminer la valeur de Q.

4 - On met un signal triangulaire en entrée. Pour le même signal d'entrée mais pour deux valeurs différentes de R, on obtient un signal carré très atténué puis un signal formé d'une succession d'impulsions. Expliquer.

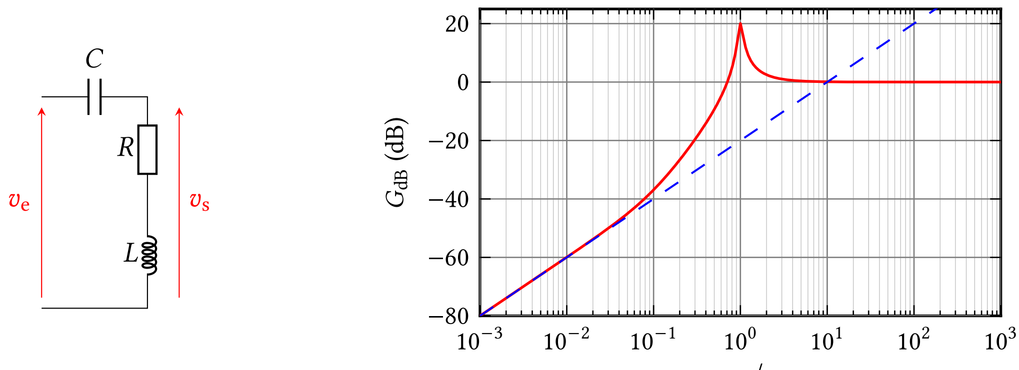


Figure 6 – Schéma et diagramme de Bode asymptotique d'un filtre RLC.

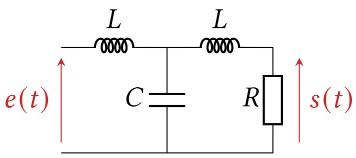
Exercice 12 : Opérateur retard

oral banque PT | 3 | 2

- *Fonction de transfert ;*
- *Tracé d'un diagramme de Bode.*

On étudie un opérateur réalisant la fonction retard d'un temps τ telle que $s(t) = e(t - \tau)$.

1 - Pour un signal $e(t) = E\cos(\omega t)$, exprimer $s(t)$. En déduire la fonction de transfert $\underline{H_0}(\mathrm{j}\omega)$. Représenter le diagramme de Bode en gain et en phase.



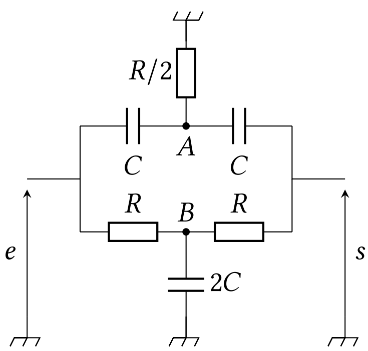
2 - Calculer la fonction de transfert $\underline{H}(\mathrm{j}\omega)$ du filtre ci-contre et l'écrire comme l'inverse d'un polynôme en $\mathrm{j}\omega$.

3 - Effectuer un développement limité à l'ordre 2 en $\omega\tau$ pour écrire $\underline{H_0}(\mathrm{j}\omega)$ comme l'inverse d'un polynôme en $\mathrm{j}\omega$. En déduire une condition sur R pour que le filtre agisse comme un opérateur retard pour les signaux basse fréquence. Donner l'expression du retard τ.

Exercice 13 : Filtre en double T

3 | 3

- *Fonction de transfert ;*
- *Bande passante.*



On s'intéresse au filtre ci-contre. La notation d'une flèche de tension avec le symbole de masse indique simplement que celle-ci est mesurée entre le nœud où se trouve la pointe de la flèche et la masse. On rappelle que toutes les masses d'un circuit sont implicitement reliées entre elles.

1 - En raisonnant par équivalence de dipôle, montrer que les signaux haute fréquence et basse fréquence sont transmis par le filtre. Quel peut être le rôle du filtre ?

2 - Appliquer la loi des nœuds en A et B puis en déduire les expressions de $\underline{V_A}$ et $\underline{V_B}$ en fonction de $\underline{E}$ et $\underline{S}$.

3 - Utiliser un raisonnement analogue pour exprimer la fonction de transfert du filtre. L'écrire sous la forme

$$\underline{H}(x) = \frac{1 - x^2}{1 - x^2 + \mathrm{j}\dfrac{x}{Q}}$$

où $x = \omega/\omega_c$ et Q est le facteur de qualité du circuit, les deux paramètres étant à déterminer.

4 - On souhaite réaliser un filtre de fréquence coupée 50 Hz en utilisant une résistance de 1 kΩ. Déterminer numériquement la valeur de la capacité qui convient.

5 - Définir la bande coupée et calculer sa largeur en fréquence Δf. Commenter sa sélectivité. On pourra remarquer que la fonction de transfert admet une deuxième forme canonique,

$$\underline{H}(x) = \frac{\mathrm{j}Q\left(x - \dfrac{1}{x}\right)}{1 + \mathrm{j}Q\left(x - \dfrac{1}{x}\right)}\,.$$

Exercice 14 : Conception d'un filtre de signaux acoustiques 2 | 2

▹ *Diagramme de Bode.*

Un dispositif de traitement de signaux acoustiques nécessite la séparation de composantes sonores et ultrasonores. On souhaite éliminer les composantes ultrasonores : il faut donc réaliser un filtre passe-bas. Le cahier des charges du dispositif indique les caractéristiques suivantes :

- ▹ fréquence de coupure 20 kHz ;
- ▹ gain nominal 0 dB ;
- ▹ l'atténuation des fréquences comprises entre 0 et 20 kHz doit être inférieure à 3 dB ;
- ▹ l'atténuation des fréquences supérieures à 40 kHz doit être supérieure à 10 dB.

1 - On appelle gabarit d'un filtre la traduction graphique sur le diagramme de Bode des contraintes imposées par le cahier des charges, c'est-à-dire une représentation du plan $(G_{\mathrm{dB}}, \log\omega)$ sur laquelle sont matérialisées les zones interdites du diagramme de Bode en les hachurant ou en les colorant. Le représenter sur la figure 7.

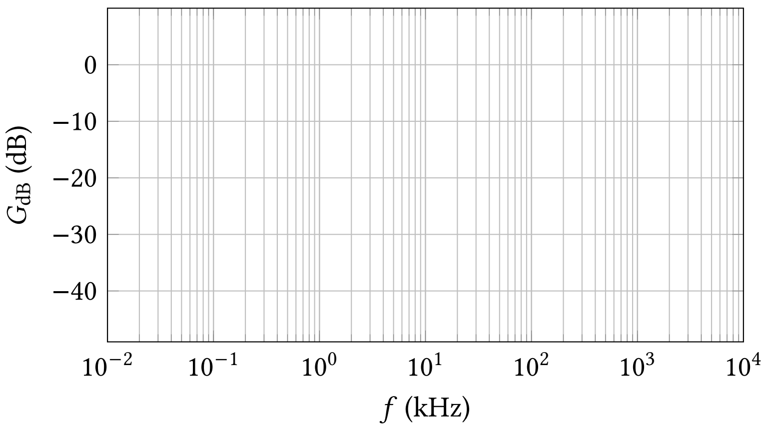


Figure 7 – Gabarit du filtre acoustique.

2 - Le filtre le plus simple serait un passe-bas du premier ordre de fréquence de coupure $f_c = 20$ kHz. On rappelle que la fonction de transfert d'un tel filtre s'écrit sous forme réduite

$$\underline{H}(x) = \frac{1}{1 + \mathrm{j}x} \qquad \text{avec} \qquad x = \frac{f}{f_c}$$

— *2.a* - Rappeler ou retrouver la pente des asymptotes du diagramme de Bode en gain de ce filtre et calculer son gain à la fréquence de coupure.

— *2.b* - Montrer qu'il ne peut satisfaire au cahier des charges imposé. Justifier qu'il est nécessaire d'utiliser un filtre d'ordre plus élevé.

3 - On se tourne alors vers un filtre passe-bas du second ordre de fonction de transfert

$$\underline{H}(x) = \frac{1}{1 + \mathrm{j}\dfrac{x}{Q} - x^2}$$

— *3.a* - Rappeler ou retrouver la pente des asymptotes du diagramme de Bode en gain de ce filtre. Peut-il satisfaire au cahier des charges imposé ?

— *3.b* - Calculer le gain en décibel de ce filtre pour $f = f_c$. En déduire les valeurs de Q permettant de satisfaire au cahier des charges.

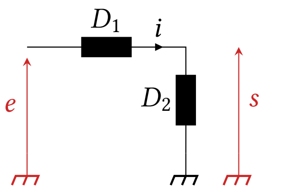
Problème ouvert

Un problème ouvert demande de l'initiative dans le raisonnement mené. Pour aborder un tel exercice, il peut notamment être utile de faire un schéma modèle, d'identifier et nommer les grandeurs pertinentes, de proposer des hypothèses simplificatrices, de décomposer le problème en des sous-problèmes simples, etc. Le candidat peut également être amené à proposer des valeurs numériques raisonnables pour les grandeurs manquantes ... et à l'inverse toutes les valeurs données ne sont pas forcément utiles. Le tout est évidemment à adapter à la situation proposée !

Exercice 15 : Dipôles masqués

oral CCINP MP | 3 | 1

▹ *Problème ouvert.*



Avec un résistor, une bobine et un condensateur on réalise deux dipôles D_1 et D_2. En régime continu, on mesure $I = 1\,\mathrm{mA}$ pour $E = 3\,\mathrm{V}$. En régime sinusoïdal, le circuit présente un comportement passe-bande de fréquence de résonance $f_0 = 1\,\mathrm{kHz}$ et de bande passante $\Delta f = 200\,\mathrm{Hz}$.

Question : Identifier les dipôles et la valeur des composants utilisés.

Donnée : forme canonique de la fonction de transfert d'un filtre passe bande du second ordre :

$$\underline{H} = \frac{H_0}{1 + \mathrm{j}Q\left(x - \dfrac{1}{x}\right)} = \frac{\dfrac{\mathrm{j}x}{Q} H_0}{1 - x^2 + \dfrac{\mathrm{j}x}{Q}}$$