BLAISE PASCAL
PT 2021-2022

TD 1 – Électronique

Systèmes linéaires

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

Flasher ce code pour accéder aux corrigés

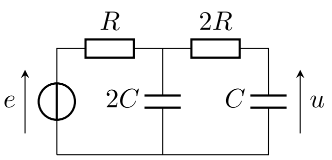
Questions de cours

Seuls les étudiants du groupe de TD PT⋆ seront interrogés en colle sur les questions marquées d'une étoile, car elles sont plus techniques et/ou moins essentielles ... mais tous les étudiants sont bien sûr invités à les travailler !

1.1 - Définir la stabilité d'un SLCI. Sur un exemple de relation différentielle ou de fonction de transfert donné par l'interrogateur, indiquer si le système est stable ou non.

Exercice 1 : Obtention d'une équation différentielle — 2 | 2

▷ *Représentation complexe.*



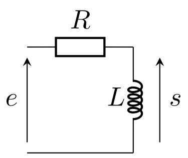
En utilisant les complexes, montrer que la tension u est solution de l'équation différentielle

$$4\tau^2 \frac{\mathrm{d}^2 u}{\mathrm{d}t^2} + 5\tau \frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t} + u = e\,,$$

en posant $\tau = RC$.

Exercice 2 : Filtre RL — 1 | 1 |

▷ *Fonction de transfert ;*
▷ *Diagramme de Bode ;*
▷ *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

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

3 - Déterminer les pentes des asymptotes en gain dans les limites haute et basse fréquence, ainsi que leur ordonnée « à l'origine » en $x = 1$. Construire le diagramme de Bode asymptotique en gain sur la figure 1 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.

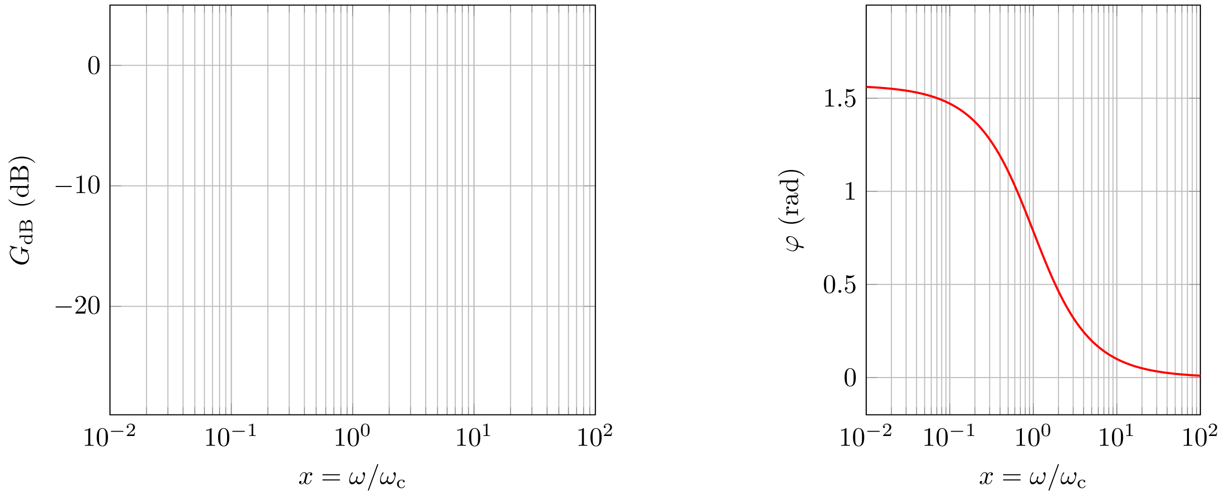


Figure 1 – Diagramme de Bode du filtre RL.

Exercice 3 : Filtre RLC

oral banque PT | 3 | 1

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

1 - Identifier sans calcul la nature du filtre du montage figure 2.

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 2. 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.

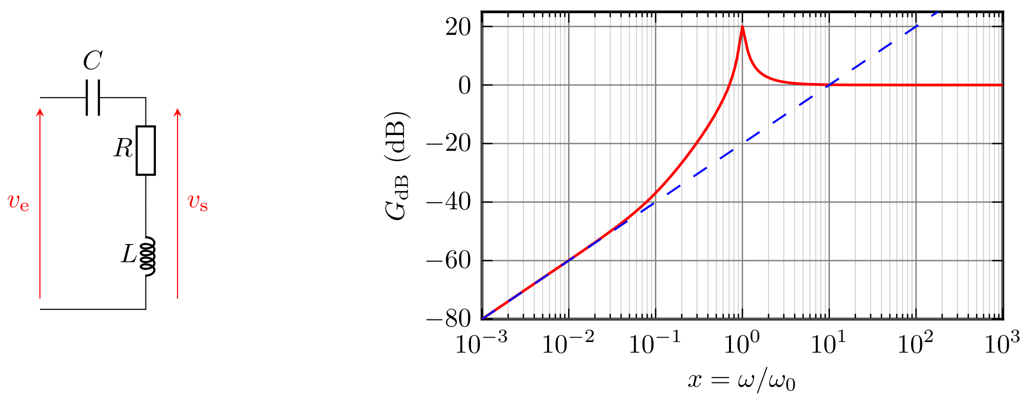


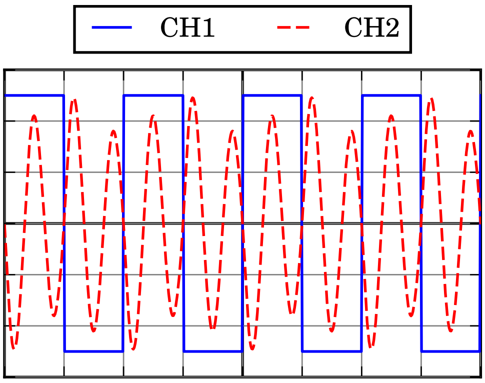
Figure 2 – Schéma et diagramme de Bode asymptotique d'un filtre RLC.

Exercice 4 : Signal de sortie d'un filtre

adapté oral banque PT | 3 | 2

- ▷ *Analyse de Fourier ;*
- ▷ *Diagramme de Bode ;*
- ▷ *Signal de sortie d'un filtre.*

La figure 3 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 4.



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

Figure 3 – Copie d'écran d'oscilloscope.

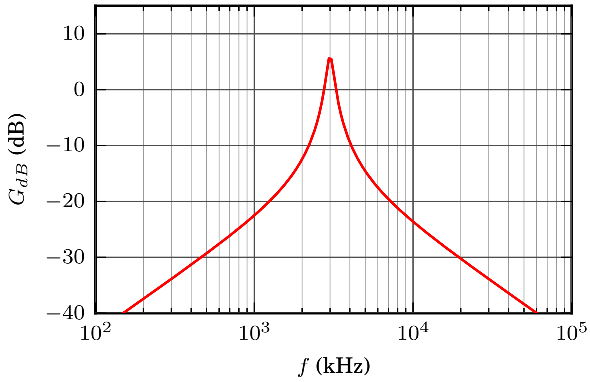


Figure 4 – Diagramme de Bode du filtre.

Données :

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

$$v(t) = V_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin(2\pi k f t) + \sum_{k=1}^{\infty} B_k \cos(2\pi k f t)\,;$$

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

$$V_0 = 0 \qquad\qquad A_k = \begin{cases} 0 & k \text{ pair} \\ A_1/k & k \text{ impair} \end{cases} \qquad\qquad \forall k,\ B_k = 0\,.$$

1 - Déterminer l'amplitude, la fréquence et la valeur moyenne du signal créneau.

2 - En raisonnant par parité, justifier que $B_k = 0$ pour le signal créneau représenté.

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

4 - 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 ?

5 - 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 ?

6 - 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.

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

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