BLAISE PASCAL
PT 2020-2021

TD 4 – Électronique

Systèmes linéaires

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

Flasher ce code pour accéder aux corrigés

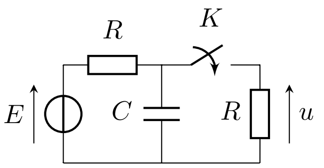
Questions de cours

Ce chapitre est essentiellement constitué de révisions, et ne compte par conséquent aucune nouvelle question de cours : se reporter aux révisions d'électronique.

Exercice 1 : Circuit RC à deux mailles

2 | 2

▷ *Équation différentielle du premier ordre.*



Considérons le circuit représenté ci-contre, dans lequel l'interrupteur K est brusquement fermé. Le générateur est une source idéale de tension.

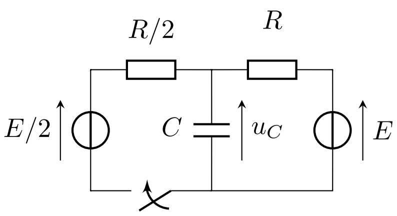
Trouver l'expression de la tension u et tracer son allure.

Remarque : le corrigé est très guidé, exercice à travailler seul pour s'entraîner.

Exercice 2 : Condensateur alimenté par deux générateurs

oral CCP MP | 2 | 1 |

▷ *Équation différentielle du premier ordre ;*
▷ *Puissance électrique.*



Dans le montage ci-contre, l'interrupteur est fermé à l'instant $t = 0$.

1 - Établir l'équation différentielle vérifiée par u_C.

2 - Résoudre cette équation.

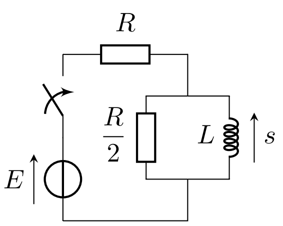
3 - Déterminer le temps t_1 nécessaire pour que la valeur finale soit atteinte à $1\,\%$ près.

4 - Exprimer la puissance dissipée. Interpréter sa valeur finale.

Exercice 3 : Circuit RL à deux mailles

oral Mines-Télécom PSI | 3 | 2

▷ *Équation différentielle du premier ordre ;*
▷ *Recherche de condition initiale.*



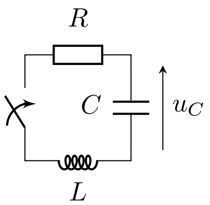
L'interrupteur est fermé à l'instant $t = 0$. Étudier l'évolution de $s(t)$ et tracer sa courbe.

BY-NC-SA

Exercice 4 : RLC série en régime libre

oral CCINP PSI | 1 | 2 |

▷ *Équation différentielle du second ordre ;*
▷ *Montage expérimental.*

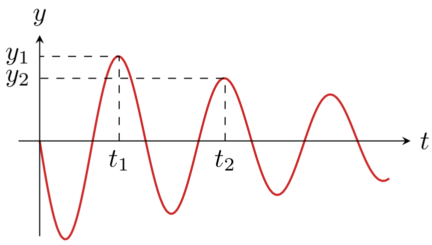


On étudie le circuit ci-contre où le condensateur est initialement chargé : $u_C(t{=}0) = U_0$.

1 - Déterminer les valeurs de i, de u_C et de u_L à la fermeture du circuit en $t = 0^+$, puis en régime permanent pour $t \to \infty$.

2 - Parmi ces grandeurs, laquelle correspond à y représentée ci-contre ? Comment doit-on procéder pour la mesurer ? Indiquer sur le schéma les branchements de l'oscilloscope.

3 - Déterminer l'équation différentielle vérifiée par le courant i en fonction de $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ et $m = R/2L\omega_0$.



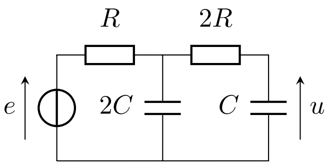
4 - On suppose $m < 1$. Déterminer la solution en fonction de $\Omega = \omega_0\sqrt{1-m^2}$. Que représente Ω ? Comment peut-on l'évaluer à partir de la courbe ?

5 - En utilisant des approximations adéquates, trouver une relation simple entre le rapport y_1/y_2 et m.

Exercice 5 : Obtention d'une équation différentielle

2 | 2

▷ *Représentation complexe.*



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

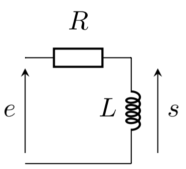
$$4\tau^2 \frac{\mathrm{d}^2 u}{\mathrm{d}t^2} + 5\tau \frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t} + u = e\,,$$

en posant $\tau = RC$.

Exercice 6 : 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

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

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 $60\,\mathrm{Hz}$. Justifier que $s(t)$ est un signal créneau de même fréquence.

BY-NC-SA

Étienne Thibierge, 8 septembre 2020, www.etienne-thibierge.fr

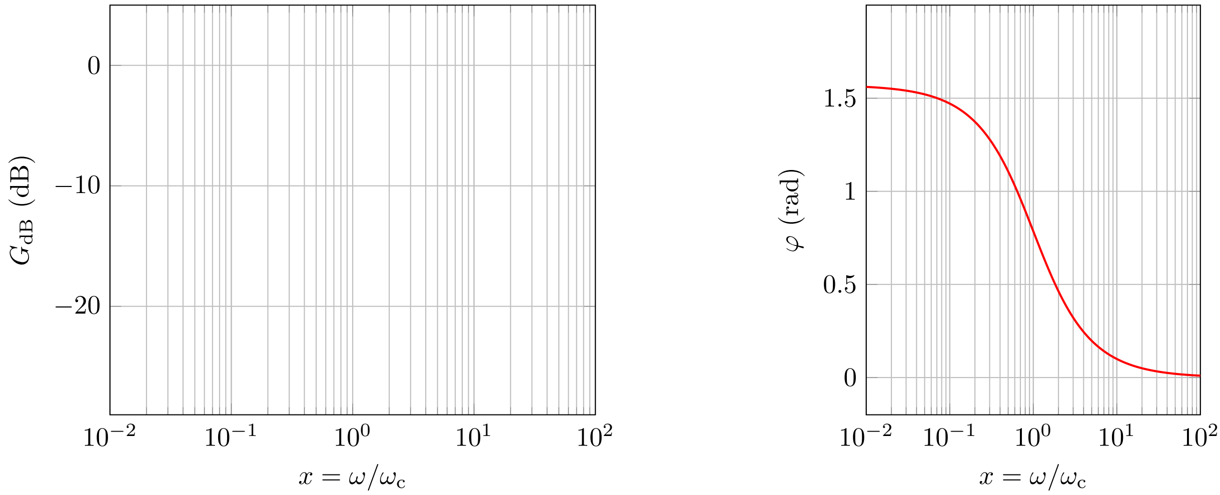
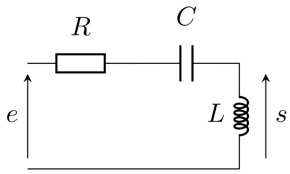


Figure 1 – Diagramme de Bode du filtre RL.

Exercice 7 : Filtre passe-haut d'ordre 2 — 1 | 1 |

- *Fonction de transfert ;*
- *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 8 : 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.

BY-NC-SA

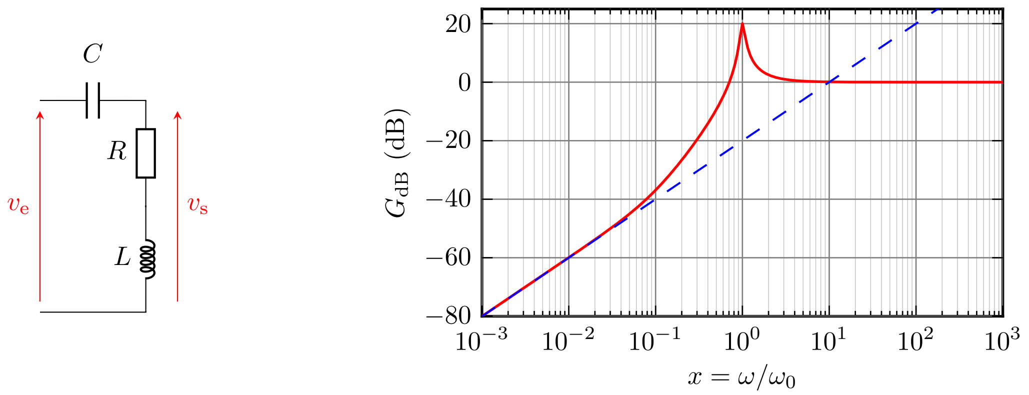


Figure 2 – Schéma et diagramme de Bode asymptotique d'un filtre RLC.

Exercice 9 : Modélisation d'un récepteur radio — oral banque PT | 1 | 1

- *Fonction de transfert ;*
- *Caractéristiques d'un filtre, gabarit.*

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 $R = 1\,\Omega$ et $L = 1{,}15\,\mathrm{mH}$.

1 - Quel type de filtrage doit-il réaliser ? En déduire le dipôle aux bornes duquel la tension de sortie doit être mesurée.

2 - Établir la fonction de transfert du filtre.

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

Exercice 10 : Étude d'un filtre — oral CCINP MP | 3 | 2

- *Comportement asymptotique d'un filtre ;*
- *Signal de sortie d'un filtre.*

On considère le filtre de la figure 3. On fixe $f_0 = 10\,\mathrm{Hz}$.

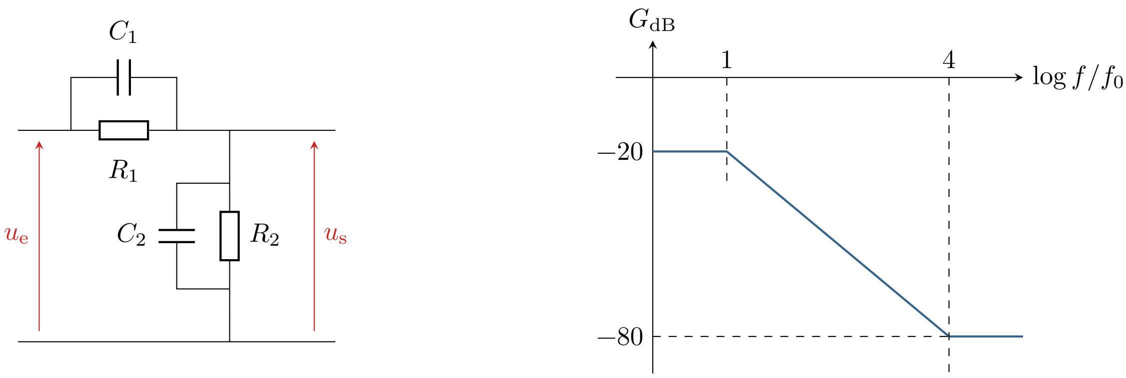


Figure 3 – Schéma et diagramme de Bode du filtre étudié.

1 - On donne $R_1 = 90\,\mathrm{k\Omega}$ et $C_1 = 10\,\mathrm{nF}$. En utilisant le comportement du filtre en basse fréquence et en haute fréquence, déterminer R_2 et C_2.

2 - Quel est le comportement du filtre dans la plage 100 Hz–100 kHz ?

3 - On envoie en entrée un signal de fréquence 1 kHz constitué des deux premières harmoniques de rang pair, d'amplitudes respectives 6 V et 4 V. Quel est le signal en sortie ?

4 - On envoie maintenant

$$u_e(t) = 10\cos(2\pi f_1 t) + 10\cos(2\pi f_2 t) \qquad \text{(en volts)}$$

avec $f_1 = 10\,\mathrm{Hz}$ et $f_2 = 100\,\mathrm{kHz}$. Quel est le signal en sortie ?

BY-NC-SA

Exercice 11 : 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 4 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 5.

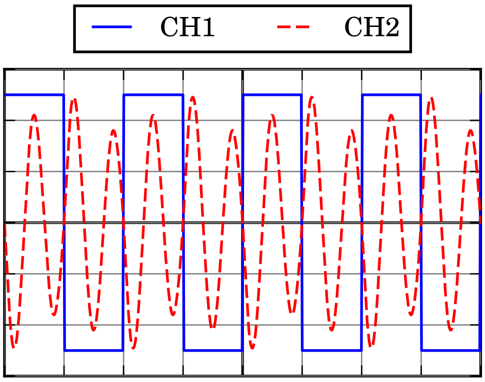


Figure 4 – Copie d'écran d'oscilloscope.

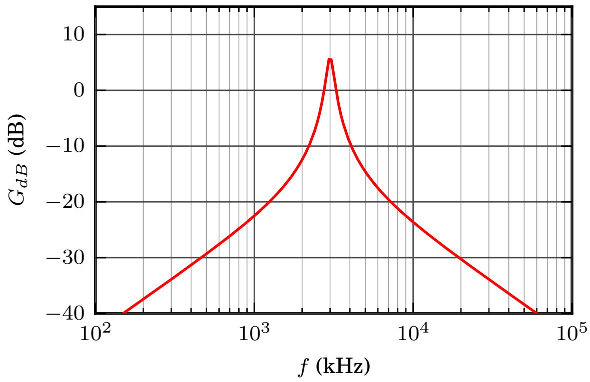


Figure 5 – Diagramme de Bode du filtre.

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.

BY-NC-SA