Travaux Dirigés de Physique

Charles Tuchendler

MPSI 4 – Lycée Saint-Louis

Année 2018/2019

Table des matières

TD n° 11

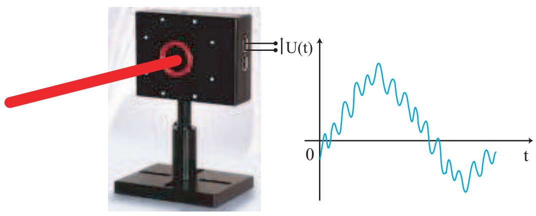
Filtrage linéaire d'un signal électrique

Exercice n° 1 - Filtrage d'une modulation parasite®

On considère un capteur dont le signal utile issu de la détection d'un faisceau laser est sinusoïdal et de fréquence $f = 1kHz$.

Un signal parasite provenant du secteur se rajoute à ce signal sous forme d'un signal sinusoïdal de fréquence $50Hz$. Comment extraire le signal du capteur ?

Proposer plusieurs méthodes en précisant la valeur des paramètres choisis, sachant que l'impédance de sortie du capteur vaut $\underline{Z}_S = 50\Omega$ et que le signal est observé à l'oscilloscope d'impédance d'entrée $\underline{Z}_E = 1M\Omega$.



Exercice n° 2 - Fonctionnement d'une enceinte acoustique®

Une enceinte acoustique est en général constituée de deux hauts-parleurs : un woofer pour les basses fréquences ($20Hz < f < 2kHz$) et un tweeter pour les hautes fréquences ($2Hz < f < 20kHz$). La fabrication d'un tel appareil nécessite ainsi de séparer les basses fréquences des hautes fréquences. Proposer un schéma électrique simple afin de réaliser cette séparation.

Exercice n° 3 - Action d'un filtre passe-bas sur un signal

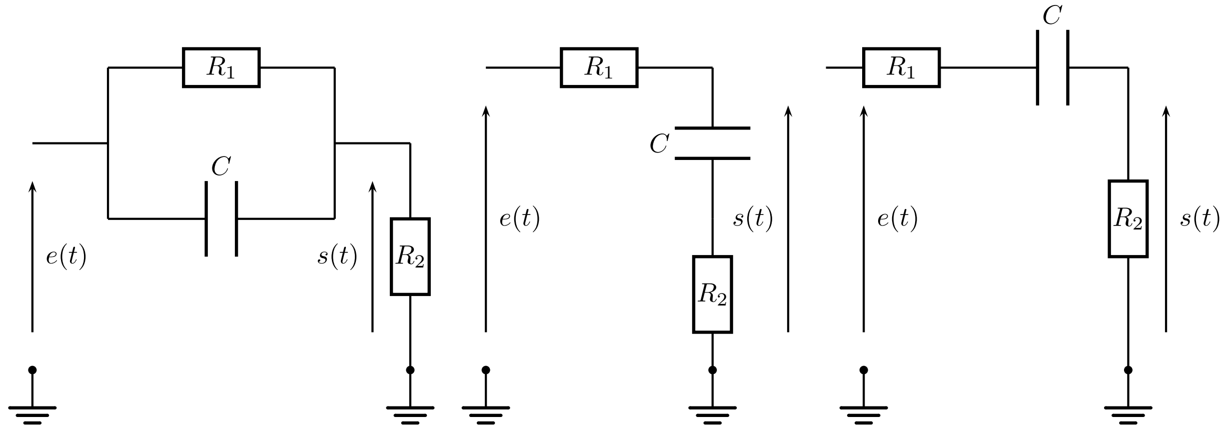
On considère un filtre RL passe-bas d'ordre 1.

1. Quelles valeurs de R et de L choisiriez-vous pour obtenir un filtre de fréquence de coupure 100 Hz.
2. On suppose que cette condition est satisfaite. Superposer sur un graphe l'allure du signal de sortie du filtre sur celle du signal d'entrée dans les cas où cette dernière est :
   (a) un signal sinusoïdal d'amplitude 5 V centrée autour d'une valeur moyenne de $2,5$ V et possédant une fréquence de 1 kHz,
   (b) un signal sinusoïdal d'amplitude 5 V centrée autour d'une valeur moyenne de 0 V et possédant une fréquence de 1 kHz,
   (c) un signal créneau d'amplitude 5 V centrée autour d'une valeur moyenne de $2,5$ V et possédant une fréquence de 1 kHz,
   (d) un signal créneau d'amplitude 5 V centrée autour d'une valeur moyenne de 0 V et possédant une fréquence de 1 kHz,
   (e) un signal créneau d'amplitude 5 V centrée autour d'une valeur moyenne de $2,5$ V et possédant une fréquence de 75 Hz,

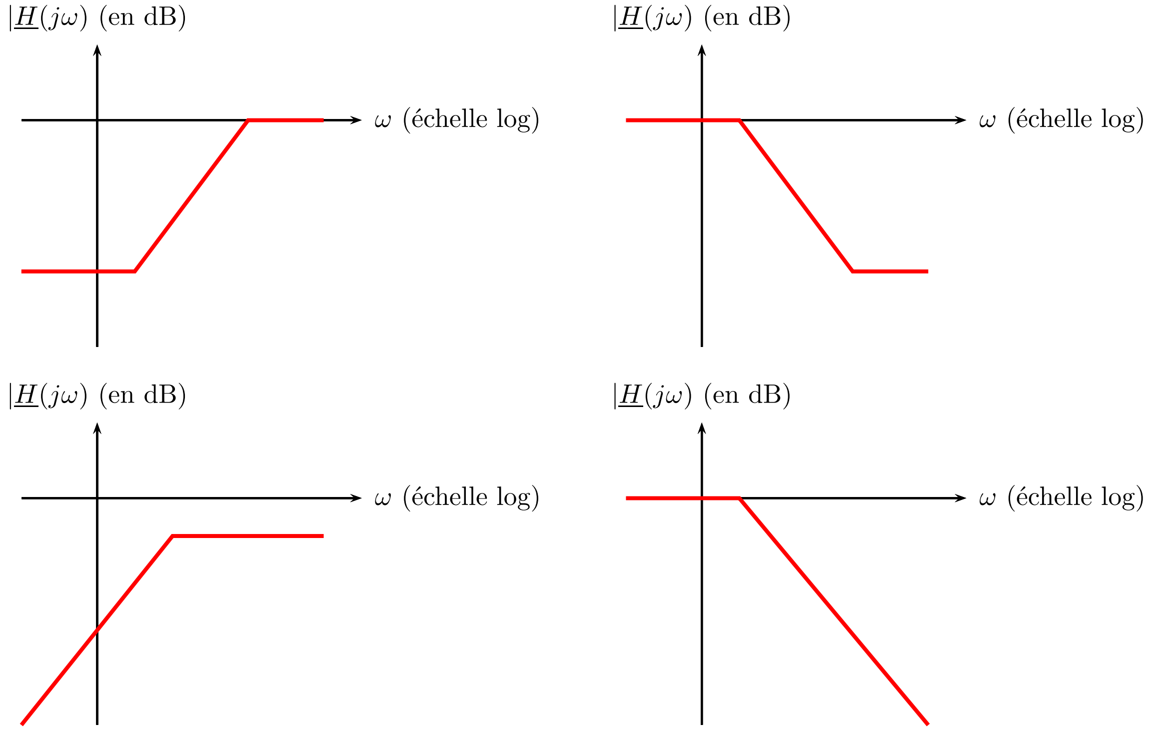
(f) un signal créneau d'amplitude 5 V centrée autour d'une valeur moyenne de 0 V et possédant une fréquence de 75 Hz.

Exercice n° 4 - Réponse indicielle et filtrage - *d'après Dunod*

On étudie les trois filtres ci-dessous.



1. Etablir les fonctions de transfert de chacun des circuits ci-dessus.
2. Associer à chacun d'entre eux un diagramme de Bode asymptotique en amplitude parmi ceux proposés ci-dessous.



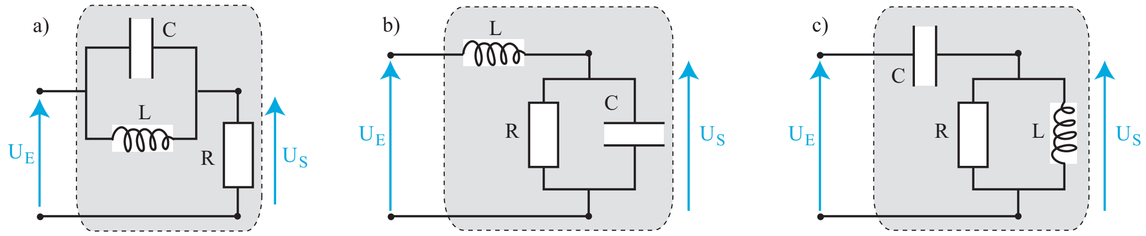
3. Calculer et représenter la réponse indicielle de chaque circuit, c'est-à-dire la sortie associée à un échelon de tension de hauteur E_0 :

$$e(t) = \begin{cases} 0 & \text{si } t < 0 \\ E_0 & \text{si } t \geq 0 \end{cases}$$

4. Expliquer sans calcul pourquoi toutes les réponses indicielles ont le même comportement en $t = 0$ (sortie continue ou discontinue).

Exercice n° 5 - Etude asymptotique de filtres du second ordre

Déterminer sans calcul, à l'aide d'une simple étude asymptotique, la nature des filtres ci-dessous.

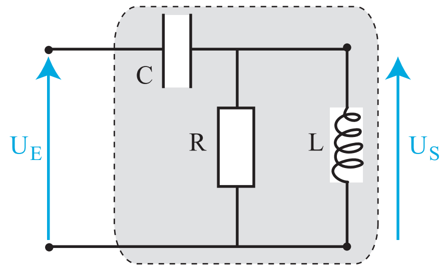


Exercice n° 6 - Réponse fréquentielle d'un filtre

On réalise le montage ci-contre pour lequel on applique à l'entrée une tension sinusoïdale de pulsation ω.

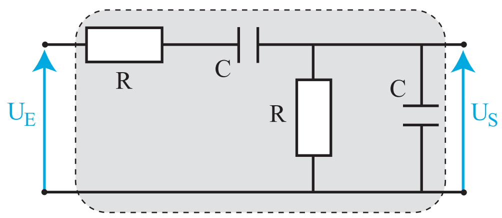
On prendra $R = 1.00k\Omega$, $L = 1.00H$, et $C = 0.750\mu F$.

1. Déterminer sans calcul la nature du filtre.
2. Déterminer la fonction de transfert.
3. Pour quelle valeur ω_0 de la pulsation le gain est-il maximal ?
4. Tracer la réponse en gain et en phase du filtre.



Exercice n° 7 - Filtre de Wien

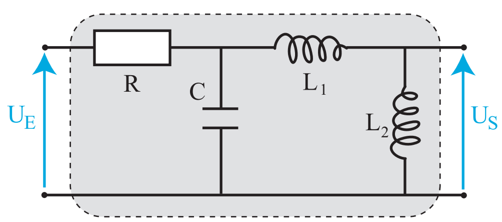
On considère le quadripôle de la figure ci-dessous, appelé filtre de Wien.



1. Sans calculer la fonction de transfert, déterminer la nature du filtre en étudiant le comportement asymptotique.
2. Déterminer la fonction de transfert $\underline{\beta} = \frac{\underline{U_s}}{\underline{U_e}}$ du quadripôle. On posera $\omega_0 = \frac{1}{RC}$.
3. On note β le module de $\underline{\beta}$ et φ son argument. Etudier puis tracer les graphes des fonctions $\beta = f(\omega)$ et $\varphi = g(\omega)$. Donner en particulier la pulsation ω_{M} du maximum de β et la valeur β_{M} du gain correspondant.
4. Déterminer la bande passante $\Delta\omega$ et le facteur de qualité Q de ce filtre.
5. Le quadripôle est alimenté par un générateur de tension parfait et fermé sur une résistance d'utilisation infinie. Déterminer les impédances d'entrée et de sortie du filtre en fonction de R et ω_0. Lorsque $\omega = \omega_{\mathrm{M}}$, les exprimer en fonction de R seulement.
6. On considère maintenant qu'on alimente ce filtre avec une tension d'entrée : $U_{\mathrm{e}}(t) = U_0 \left[\cos(\omega_0 t) + \cos(3\omega_0 t)\right]$. Calculer $U_{\mathrm{s}}(t)$.

Exercice n° 8 - Filtre de Hartley - *d'après Dunod*

1. Etablir la fonction de transfert du filtre de Hartley schématisé ci-contre, et la mettre sous la forme : $\underline{H}(\omega) = \dfrac{K}{1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$ en indiquant les expressions de Q et de ω_0.
2. On se place dans le cas où $L_1 = L_2 = L = 1$ mH, $C = 100,0$ nF et $R = 10$ kΩ. Donner l'allure du diagramme de Bode en amplitude et identifier les pentes des asymptotes.



3. A quelle pulsation les droites asymptotiques se croisent-elles ? Quelle est la valeur du gain en décibel asymptotique à cette pulsation ?

4. Quelle est la valeur maximale du gain en dB ?
5. En déduire l'allure du diagramme de phase.
6. Dans quel domaine de pulsations ce circuit peut-il servir d'intégrateur ou de dérivateur ?
7. On étudie la sortie $s_1(t)$ associée au signal d'entrée $e(t) = E_0 + E_1\cos(\omega_1 t)$ où $\omega_1 = \dfrac{1}{\sqrt{2LC}}$. Déterminer l'expression littérale de $s_1(t)$ en régime permanent.
8. On étudie à présent la réponse à un signal créneaux de période $T_2 = 6\pi\sqrt{2LC}$, d'amplitude $E_{20} = 1$ V. Ce signal se décompose en série de Fourier :

$$e_2(t) = \frac{4E_{20}}{\pi}\left[\sin(\omega_2 t) + \frac{\sin(3\omega_2 t)}{3} + \frac{\sin(5\omega_2 t)}{5} + ... + \frac{\sin((2n+1)\,\omega_2 t)}{2n+1} + ...\right]$$

   Calculer la valeur efficace E_{2eff} de e_2.
9. Tracer l'allure du spectre de e_2. Préciser numériquement les pulsations des trois premières harmoniques.
10. Déterminer les amplitudes des trois premières harmoniques du signal de sortie $s_2(t)$.
11. Justifier alors le nom de "tripleur" de fréquence donné à ce montage.

Exercice n° 9 - Calculs d'impédances d'entrée et de sortie

Etablir les expressions des impédances d'entrée et de sortie des filtres 1 et 2 dans le montage suivant :