



TD S14 – FILTRAGE ANALOGIQUE LINÉAIRE

D.Malka – MPSI 2018-2019 – Lycée Jeanne d'Albret

S1 – Que fait le filtre ?

On considère le filtre suivant :

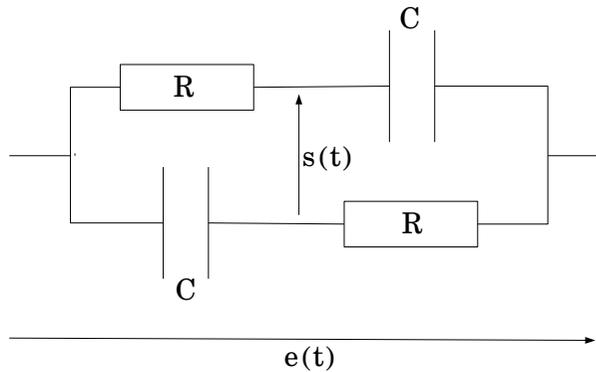
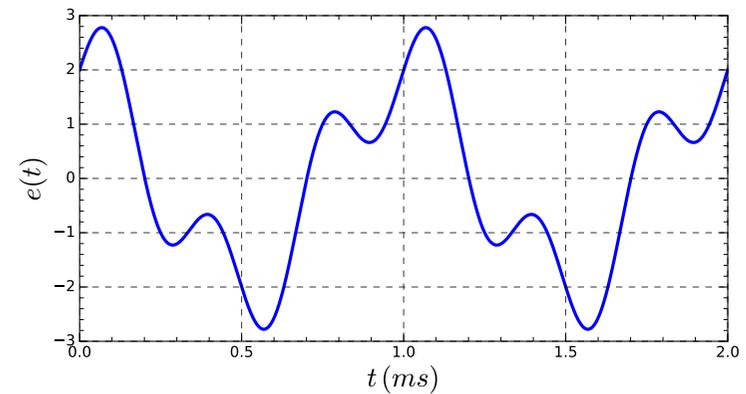
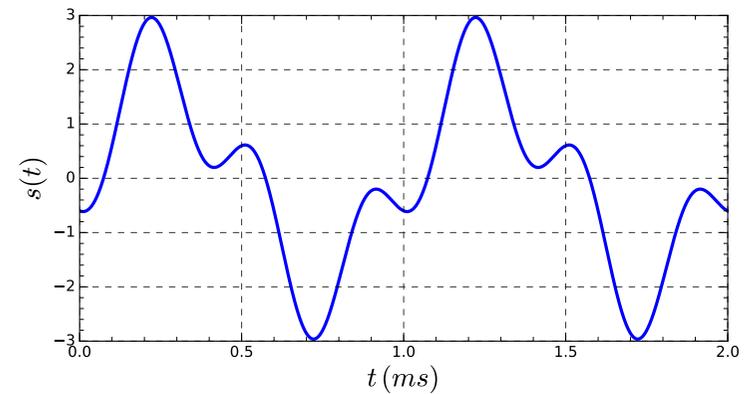


FIGURE 1 – Dephaseur

1. Calculer sa fonction de transfert $\underline{H} = \frac{s}{e}$.
2. Quelle est la fonction de ce filtre ?
3. Proposer des valeurs de R et C pour que le filtre déphase de $-\pi/2$ un signal harmonique de fréquence $f = 1$ kHz.
4. Interpréter l'effet du filtre sur le signal fig.2.



(a) Entrée



(b) Sortie

FIGURE 2 – Effet du filtre sur un signal



S2 – Couplage AC d’un oscilloscope

Sur un oscilloscope, on peut choisir un mode de couplage qui permet de sélectionner la partie alternative du signal mesuré. Un filtre analogique est alors intercalé entre l’entrée et les étages de traitement suivants (fig.3). Ce filtre a pour vocation d’éliminer la valeur moyenne du signal sans en altérer la composante alternative.

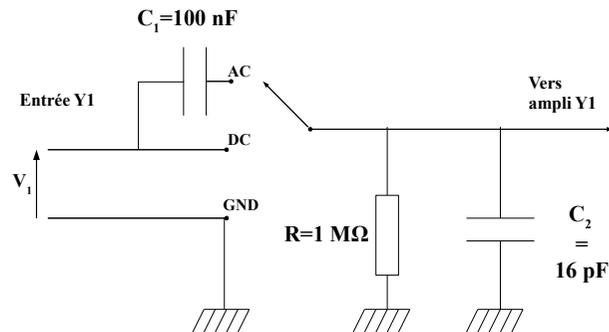


FIGURE 3 – Couplage AC, DC ou GND

La fonction de transfert en couplage AC s’écrit :

$$\underline{H} = \frac{1}{1 + \frac{C_2}{C_1}} \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{jR(C_2 + C_1)\omega}\right)}$$

1. Montrer que, a priori, le filtre proposé réalise bien la fonction demandée.
2. Déterminer la valeur de la fréquence de coupure à $-3dB$ du filtre.
3. On considère le signal d’entrée suivant :

$$e(t) = e_0 + E \cos(2\pi ft)$$

- 3.1 Pour $f = 1\text{ kHz}$, le couplage AC remplit-il correctement sa fonction ?
- 3.2 Pour $f = 1\text{ Hz}$, le couplage AC remplit-il correctement sa fonction ?

S3 – Pseudo-intégrateur

On considère le filtre pseudo-intégrateur fig.4 dont on donne les diagrammes de Bode en gain fig.5a et en phase fig.5b.

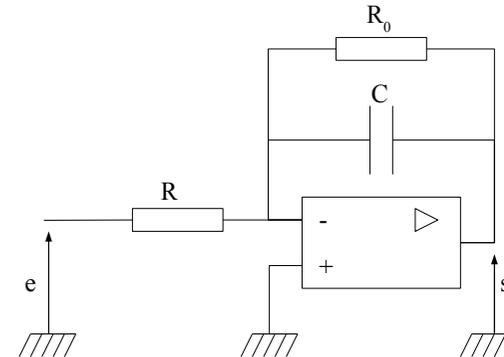


FIGURE 4 – Filtre pseudo-intégrateur

1. Quelle est la nature de ce filtre ?
2. Déterminer la fréquence de coupure à -3 dB et le gain statique du filtre
3. Parmi les deux fonctions de transferts suivantes, laquelle semble la mieux en accord avec le filtre ?

$$(a) \underline{H} = \frac{H_0}{1 + j\omega/\omega_c} \quad (b) \underline{H} = \frac{H_0}{1 - (\omega/\omega_c)^2 + 2j\sigma\omega}$$

4. Effet du filtre sur quelques signaux.

4.1 Représenter le signal de sortie pour l’entrée :

$$e_1(t) = E_1 \cos(2\pi ft) + E_0 \quad \text{avec} \quad E_0 = 5\text{ V}, E_1 = 10\text{ V}, f = 1\text{ kHz}$$

4.2 Représenter le signal de sortie pour l’entrée $u(t)$ représentée fig.6.

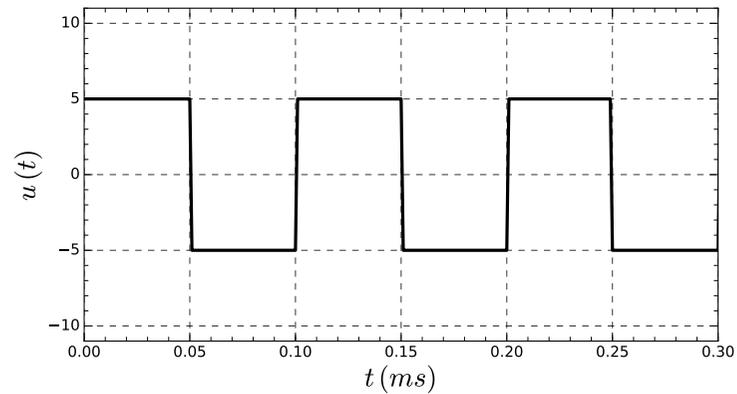


FIGURE 6 – Signal carré

S4 – Tripleur de fréquence

On définit le rapport signal sur bruit d’un signal $s(t) = u(t) + b(t)$ par :

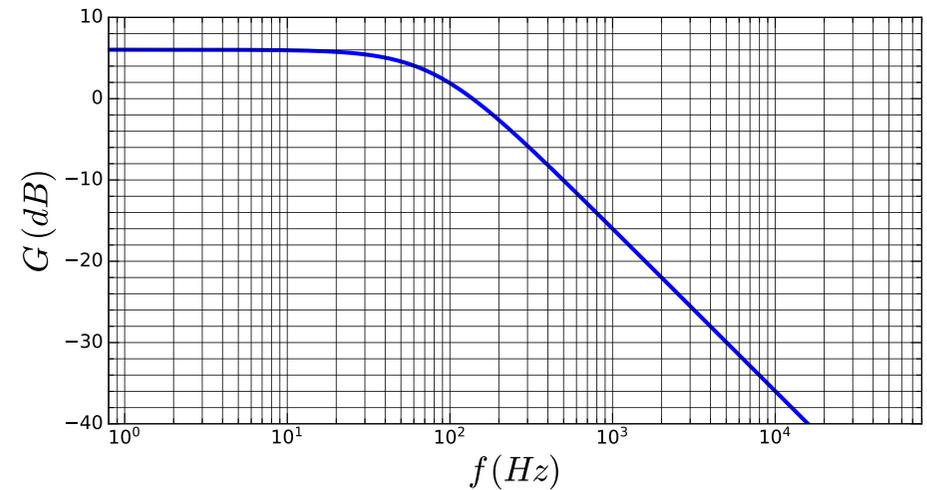
$$SNR = 20 \log \left(\frac{u_{\text{eff}}}{\sqrt{\sum_i b_{i,\text{eff}}^2}} \right)$$

où u_{eff} est la valeur efficace du signal utile et $b_{i,\text{eff}}$ sont les valeurs efficaces des composantes harmoniques associées au bruit $b(t)$.

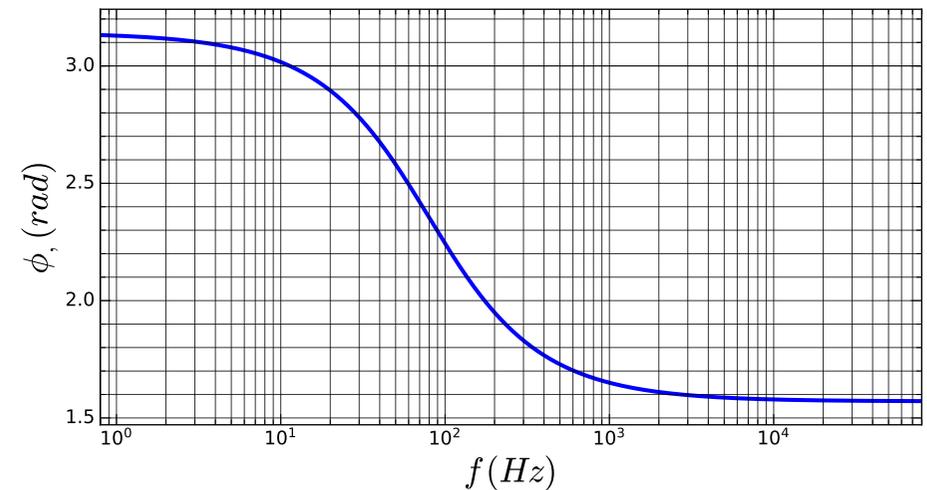
On considère le signal carré fig.6 dont on veut extraire l’harmonique de rang 3. Pour cela on utilise un filtre passe-bande d’ordre 2 de fonction de transfert :

$$H = \frac{1}{1 + jQ(f/f_0 - f_0/f)}$$

1. Estimer le rapport signal sur bruit du signal carré en considérant l’harmonique de rang 3 comme signal utile.
2. En ne considérant que les harmoniques de rangs 1, 3 et 5 (à justifier), proposer des valeurs pour f_0 et Q de façon à augmenter le rapport signal sur bruit de 20 dB par rapport au signal d’entrée.

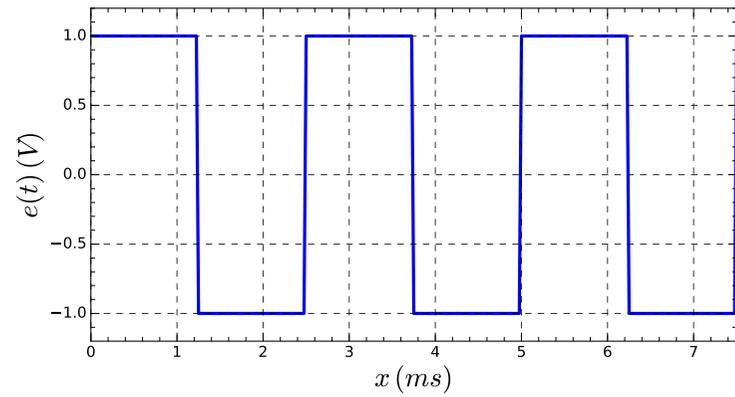


(a) Gain

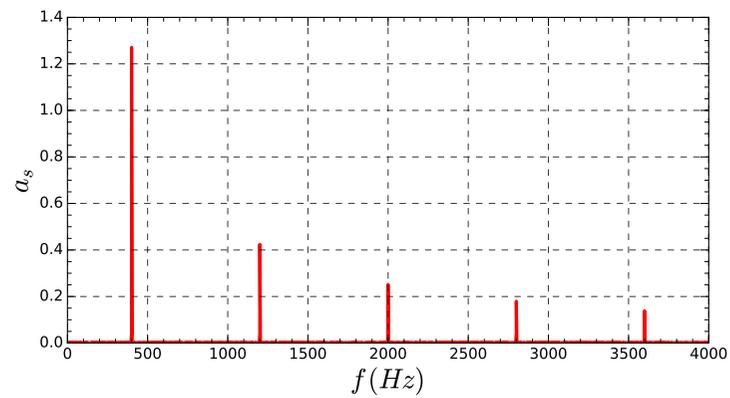


(b) Phase

FIGURE 5 – Diagrammes de Bode du filtre pseudo-intégrateur



(a) Signal



(b) Spectre

FIGURE 7 – Comment extraire d'un signal carré un signal harmonique de fréquence triple ?