



TD S13 – FILTRAGE ANALOGIQUE LINÉAIRE

D.Malka – MPSI 2015-2016 – Lycée Saint-Exupéry

S1 – Mesure de pH

Un pH-mètre est composé d'une électrode de verre qui délivre un signal électrique fonction affine du pH :

$$V = A + B.pH$$

où A et B sont des constantes ajustées par étalonnage du pH-mètre.

Du fait de la proximité de dispositifs d'agitation, un signal sinusoïdal de fréquence égale à 4 Hz se superpose au signal utile. On utilise donc un filtre passe-bas en vue d'atténuer l'ondulation parasite, sa fonction de transfert est de la forme :

$$\underline{H} = \frac{H_0}{1 + j\omega\tau}$$

1. Quelle valeur de H_0 choisir si l'on ne veut pas modifier la tension utile par le filtrage, lorsque la solution présente un pH constant ?
2. Quelle valeur de constante de temps permet d'atténuer l'oscillation parasite d'un facteur 10 ? d'un facteur 100 ?
3. Le pH de la solution varie lentement dans le temps avec un temps caractéristique de variation T . Quel est l'inconvénient d'utiliser une constante de temps trop élevée ?

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.1). Ce filtre a pour vocation d'éliminer la valeur moyenne du signal.

La fonction de transfert en couplage AC s'écrit :

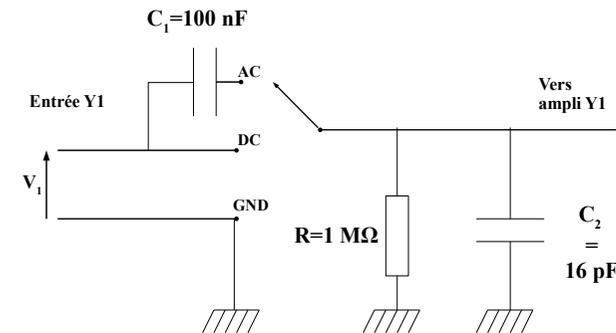


FIGURE 1 – Couplage AC, DC ou GND

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

1. Montrer que le couplage AC introduit un filtrage passe-haut.
2. Déterminer la valeur de la fréquence de coupure à -3dB du filtre.
3. La couplage AC a pour fonction de supprimer la composante continue du signal d'entrée et de ne transmettre donc que la composante alternative. On considère le signal d'entrée suivant :

$$e(t) = e_0 + E \cos(\omega t)$$

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

3.2 Pour $f = 3\text{ Hz}$, le couplage AC remplit-il correctement sa fonction ?

S3 – Pseudo-intégrateur

On considère le filtre pseudo-intégrateur fig.2 dont on donne les diagrammes de Bode en gain fig.3a et en phase fig.3b.

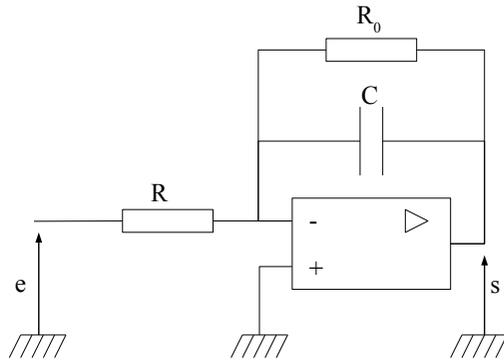


FIGURE 2 – Filtre pseudo-intégrateur

1. Quelle est la nature de ce filtre ?
2. Déterminer sa fréquence de coupure à -3 dB .
3. Montrer qu'à haute fréquence (terme que l'on précisera) ce filtre se comporte comme un intégrateur.
4. Effet du filtre sur quelques signaux.
 - 4.1 Représenter le signal de sortie pour l'entrée :

$$e_1(t) = E_1 \cos(2\pi ft) + E_0 \quad \text{avec} \quad E_0 = 5, V, E_1 = 10, V, f = 1\text{ kHz}$$
 - 4.2 Représenter le signal de sortie pour l'entrée $u(t)$ représentée fig.4. On exploitera le caractère intégrateur à haute fréquence du filtre.

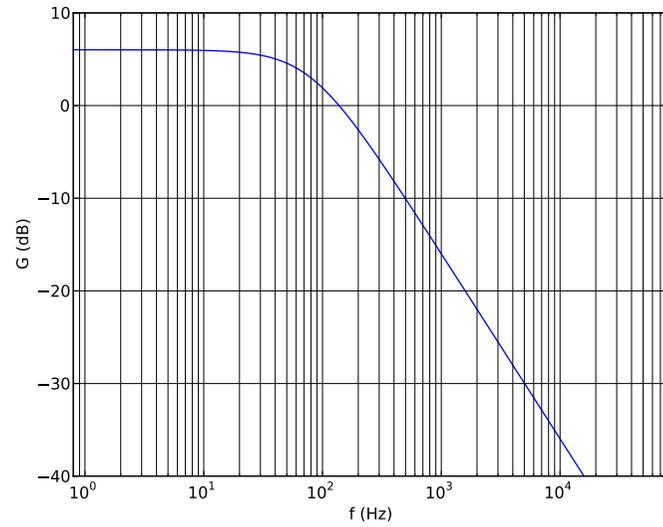
S4 – Antenne réceptrice AM

Les signaux des radios commerciales en grande onde (GO) à modulation d'amplitude (AM) ont des fréquences centrales f_0 comprises entre 150 kHz et 300 kHz . On donne quelques fréquences d'émission fig.5.

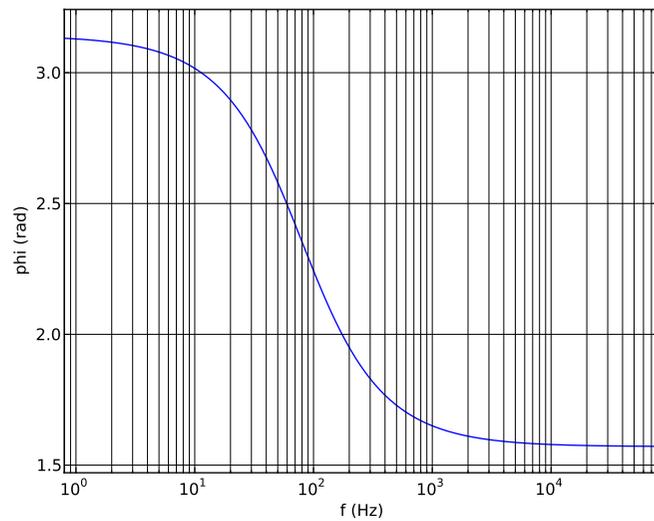
Les canaux d'émissions ont une demi-largeur $\delta f = 4,5\text{ kHz}$: $[f_0 - \delta f, f_0 + \delta f]$.

L'association d'une antenne réceptrice et de l'étage d'entrée d'un récepteur est représenté fig6. Le circuit RLC est un filtre qui doit sélectionner le signal utile parmi tous les signaux reçus par l'antenne. Le signal de sortie est noté $s(t)$. La bobine est caractérisée par son inductance $L = 5\text{ mH}$.

1. Représenter schématiquement sur le même spectre les canaux d'émission de France Inter Grandes Ondes et de Médi 1.
2. Représenter le diagramme de Bode en gain du filtre idéal qui réaliserait la sélection fréquentielle d'un canal de fréquence centrale f_0 .
3. Pourquoi le filtre RLC est-il adapté à la situation ?
4. Déterminer les valeurs de R et C qui conviennent à la sélection de la plage de fréquence $[f_0 - \delta f, f_0 + \delta f]$ avec $f_0 = 162\text{ kHz}$. On rappelle que la pulsation propre $\omega_p = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ et le facteur de qualité $Q = R\sqrt{\frac{C}{L}}$ du circuit RLC parallèle.
5. On donne le diagramme de Bode en gain du circuit RLC pour $f_0 = 162\text{ kHz}$ (fig.7a et 7b). Déterminer le gain du filtre pour les fréquences f_0 , $f_0 + \delta f$ et $f_1 = 181\text{ kHz}$ (Europe 1). Commenter.



(a) Gain



(b) Phase

FIGURE 3 – Diagramme de Bode du filtre pseudo-intégrateur

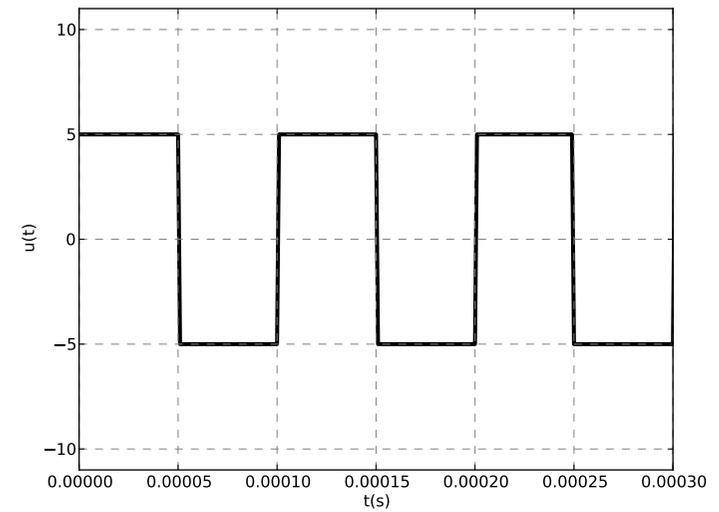


FIGURE 4 – Signal carré

Fréquence	Emetteur	Pays	Lieu	Antenne	Puissance
162 kHz	France Inter	France	Allouis	350m de haut	2000 kW
171 kHz	Médi 1	Maroc	Nador	350m de haut	2000 kW
181 kHz	Europe 1	ALlemagne	Felsberg	280m de haut	2000 kW

FIGURE 5 – Caractéristiques d’émission de quelques radios commerciales

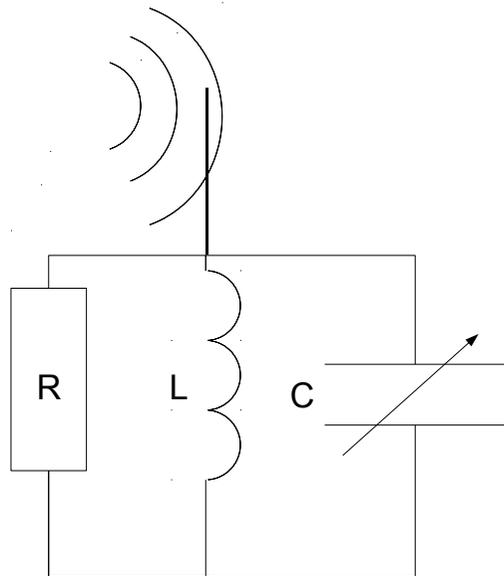
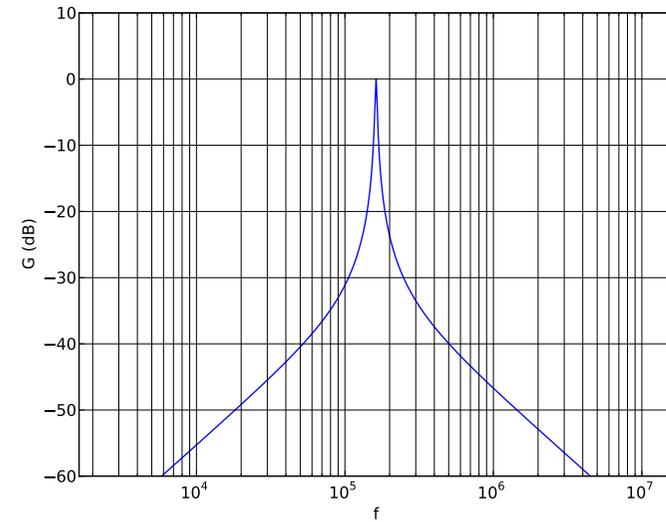
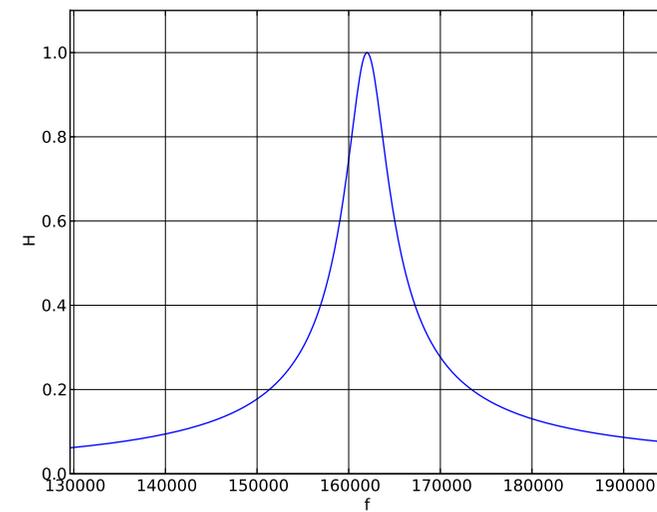


FIGURE 6 – Antenne radio



(a) Echelle logarithmique



(b) Echelle linéaire

FIGURE 7 – Filtrage du récepteur AM