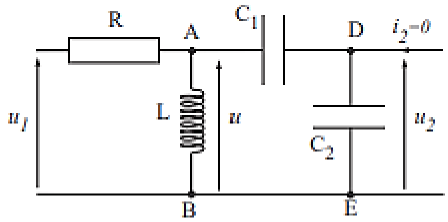
TD - Traitement du signal

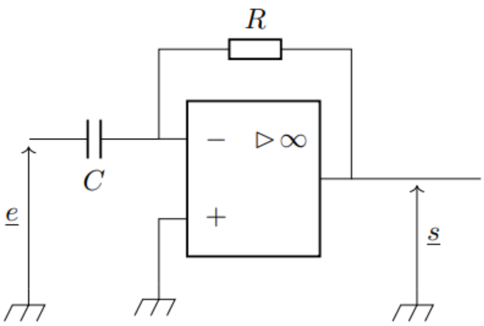
Exercice 1** : Fonctions de transfert (régime sinusoïdal forcé)

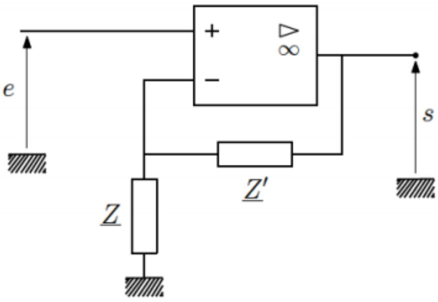
Déterminer les fonctions de transfert des filtres suivants :

1) Circuit à deux mailles :



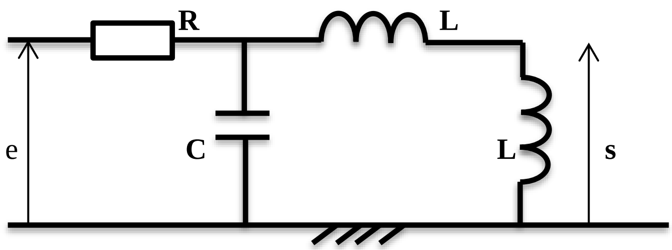
2) Circuits avec ALI (Les ALI sont idéaux et fonctionnent en régime linéaire donc $i_- = i_+ = 0$ et $V_+ = V_-$) :





Exercice 2** : Filtre de Hartley

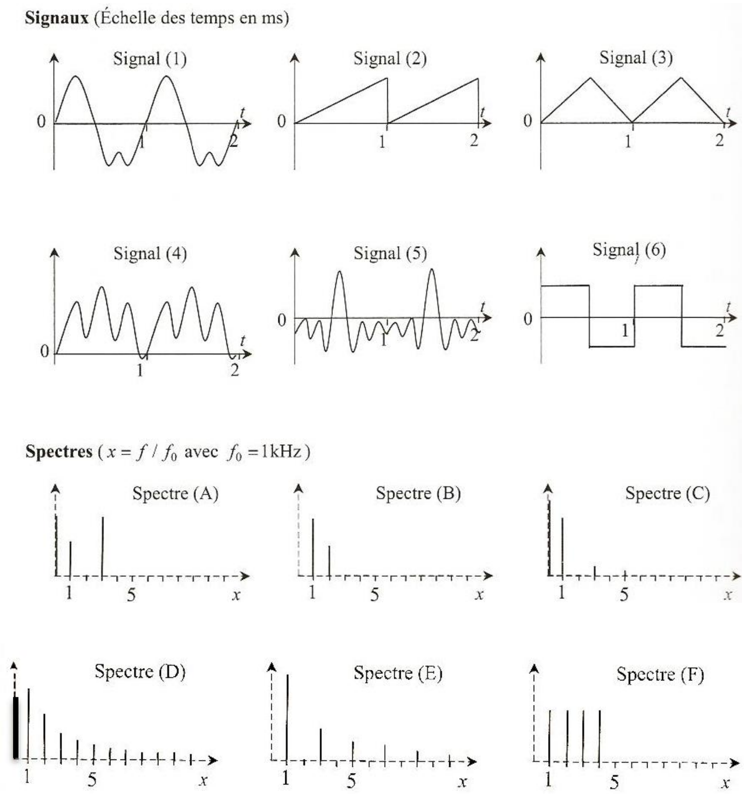
On réalise le montage ci-contre :



1) Etablir sa fonction de transfert et la mettre sous forme réduite en précisant les caractéristiques du filtre en fonction de R, L et C.
2) Dans le cas où L=1,0mH, C=100 nF et R=10,0kΩ, tracer son diagramme de Bode. On précisera les équations des asymptotes.
3) Ce montage peut-il servir d'intégrateur ou de dérivateur ? Si oui dans quels domaines de fréquences ?
4) On étudie la sortie $s_1(t)$ associée à l'entrée $e_1(t)=E_0+E_1\cos(\omega_1 t)$ où $\omega_1=1/\sqrt{2LC}$, Comment réaliser expérimentalement ce signal au laboratoire ?
5) Calculer l'expression littérale de la sortie $s_1(t)$ observée en régime permanent.
6) On étudie maintenant la sortie $s_2(t)$ associée au signal créneaux $e_2(t)$, de période $6\pi\sqrt{2LC}$, d'amplitude E_{20}=1V. Calculer la valeur efficace de $e_2(t)$.
   Il est décomposable en série de Fourier :
   $$e_2(t)=\frac{4E_{20}}{\pi}\left[\sin(\omega_2 t)+\frac{\sin(3\omega_2 t)}{3}+\frac{\sin(5\omega_2 t)}{5}+\cdots\right]$$
7) Tracer l'allure du spectre de $e_2(t)$. Préciser numériquement les fréquences des trois premières harmoniques.
8) Calculer numériquement les amplitudes des trois premières harmoniques du signal s_2. Justifier alors le nom de « tripleur de fréquence » de ce montage.

Exercice 3* : Spectre et forme du signal

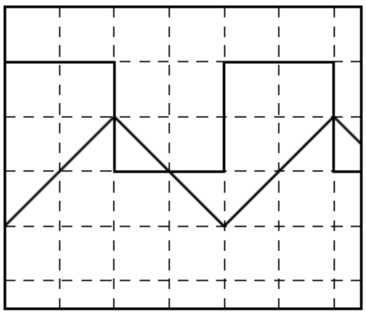
Un expérimentateur a effectué le spectre de 5 signaux de période 1ms. Particulièrement mal organisé, il les a mélangés ! Pouvez-vous l'aider à retrouver la correspondance entre signaux et spectres ? Vos choix seront bien sûr argumentés.

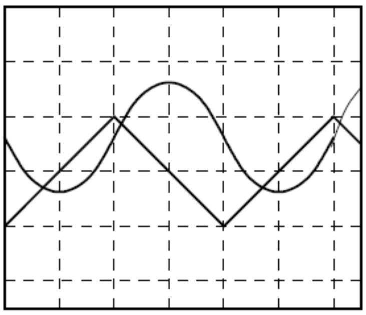


Exercice 4** : Réponses d'un filtre

On considère un filtre passe-bande dont la fonction de transfert est du type : $$\underline{H} = \frac{1}{1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

On donne les oscillogrammes suivants :



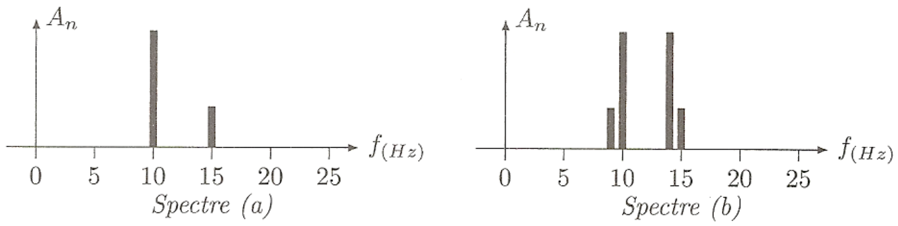


Pour la première expérience, 1 carreau = 1 ms. Pour la deuxième expérience 1 carreau = 0,1 µs.

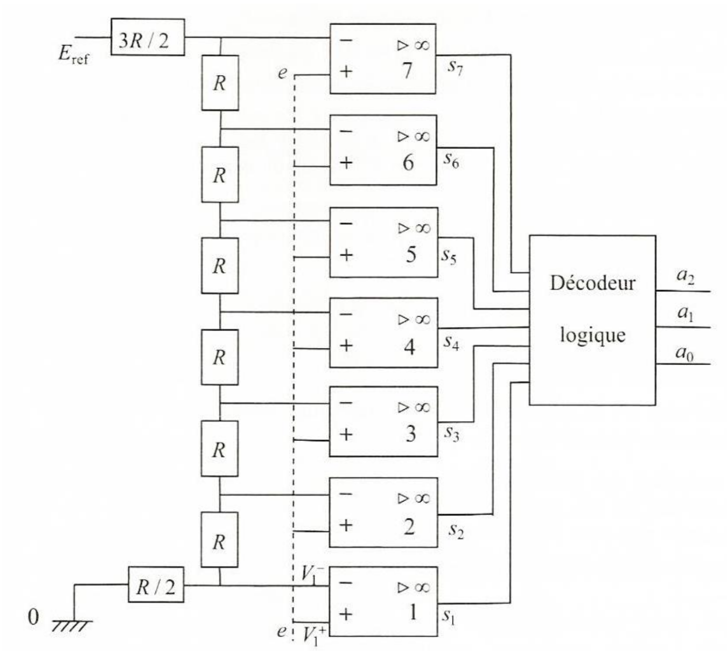
Le calibre des tensions est le même pour les deux oscillogrammes.
Interpréter les oscillogrammes en identifiant les signaux d'entrée et de sortie.

Exercice 5* : Echantillonnage

Le signal s(t) = 2cos(20πt)-0,7sin(30πt) est échantillonné à la fréquence F_{e1}=24Hz et à la fréquence F_{e2}=48Hz.
On donne ci-dessous les spectres des signaux échantillonnés dans ces deux cas. Identifier chacun des spectres et expliquer les raies observées.



Exercice 6*** : Convertisseur analogique-numérique parallèle (ou CAN flash) 3 bits



Une tension analogique e pouvant varier de 0 à 7V est convertie en signal numérique sur 3 bits $a_2a_1a_0$. Pour cela on réalise le CAN flash 3 bits représenté ci-dessus. Les 7 amplificateurs linéaires intégrés (ALI) aussi appelés amplificateurs opérationnels (AO) sont placés en parallèle. On note V_k^+ la tension à chaque entrée (+),V_k^- la tension à chaque entrée (-) et s_k la tension de sortie de chaque ALI.
Les ALI sont en régime saturé et se comportent comme des comparateurs simples :
Si $V_k^+ > V_k^-$ alors $s_k = +V_{sat} = +15V$; si $V_k^+ < V_k^-$ alors $s_k = -V_{sat} = -15V$.
Aucun courant ne peut entrer dans les bornes (+) et (-) des ALI (impédance d'entrée infinie).
La tension analogique e à convertir est envoyée sur les bornes V^+ des 7 ALI. Un réseau de résistances montées en série est alimenté par une tension de référence E_{ref} = 8V.

1) Considérons l'ALI 1. Que vaut la tension V_1^+ ? Que vaut la tension V_1^- ? En déduire la tension de sortie V_{S1} de l'ALI 1 en fonction de la valeur de e.
2) Mêmes questions pour les ALI 2 à 7 : exprimer les seuils de basculement (valeurs de e faisant basculer la tension de sortie d'une valeur à l'autre) pour chaque ALI. Décrire le comportement de sortie des ALI si on augmente progressivement la tension e de 0V à 7V.
3) En déduire l'état de sortie des différents ALI pour les différentes valeurs de e reportées dans le tableau ci-dessous. On notera 1 si s = $+V_{sat}$ et 0 si s = $-V_{sat}$, et dans l'ordre ALI7-ALI6-…-ALI1. Par exemple, si les ALI 7 à 3 sont à s = $-V_{sat}$ et les ALI 2 et 1 sont à $+V_{sat}$, on note 0000011. Compléter la deuxième ligne du tableau ci-dessous :

e (V)	0	1	2	3	4	5	6	7
Sortie des ALI	0000000	0000001						
Code 3 bits $a_2a_1a_0$	000	001						

4) Le code obtenu n'est pas la conversion en base 2 de la tension analogique d'entrée. Il faut utiliser un décodeur logique (constitué des portes logiques qui combine les entrées logiques 0 ou 1 selon les lois de l'algèbre de BOOLE, comme les portes NAND…) pour réaliser cette conversion. Compléter la troisième ligne du tableau.
5) La quantification du signal sonore en vue de l'enregistrement d'un CD audio s'effectue sur 16 bits. A combien de niveaux analogiques différents cela correspond-t-il ? Combien d'ALI nécessiterait un CAN parallèles 16 bits ? Commenter.

Réponses :

Ex 1 : 1) $\underline{H} = \frac{C_1/(C_1+C_2)}{1+jR(C_1C_2)\omega/(C_1+C_2)+R/jL\omega}$

2) *Montage de gauche* $\underline{H} = -jRC\omega$ *et montage de droite* $\underline{H} = 1 + \frac{\underline{Z'}}{\underline{Z}}$

Ex 2 : 1) $\underline{H} = \frac{H_0}{1+jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0}-\frac{\omega_0}{\omega}\right)}$ *avec* $H_0 = \frac{1}{2}$, $Q = R\sqrt{\frac{C}{2L}}$ *et* $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{2LC}}$.

2) *Q = 71 ; en BF* $G_{dBlim}=-43+20\log(\omega/\omega_0)$ *et* $\varphi_{lim}=+\pi/2$ *; en HF* $G_{dBlim}=-43-20\log(\omega/\omega_0)$ *et* $\varphi_{lim}=-\pi/2$ *;* $G_{dB}(\omega_0)=-6dB$ *; Tracer*

3) *Montage dérivateur pour f < 1kHz ; intégrateur pour f >100kHz* 4) *GBF avec offset*

5) $s_1(t)=\frac{E_1}{2}\cos(\omega_1 t)$ 6) $E_{2eff} = 1V$ 7) *fondamental* $f_2 = f_0/3 = 3{,}6kHz$ *…*

9) *Amplitudes du fondamental :* $A_1=3{,}4.10^{-3}$, *harmonique 3 :* $A_3=0{,}21$ *; harmonique 5 :* $A_5=1{,}7.10^{-3}$

Ex 3 : *1B, 2D, 3C, 4A, 5F, 6E*

Ex 4 : *Dans la première expérience le signal d'entrée est triangulaire et le signal de sortie est un signal carré (sa dérivée par le filtre passe-bande en basses fréquences).*

Dans la deuxième expérience, le signal d'entrée est triangulaire et le signal de sortie est son intégrale en hautes fréquences donc il est formé d'arcs de paraboles.

Ex 5 : *Spectre (a) pour* F_{e2}*, le critère de Shannon est respecté,*

Spectre (b) pour F_{e1}*, on observe un repliement de spectre.*

Ex 6 : 1) $V_1^+ = e$ *; par le pont diviseur de tension* $V_1^-=0{,}5V$. *Si* $e<0{,}5V$, $s_1=-V_{sat}$ *; si* $e>0{,}5V$, $s_1=+V_{sat}$.

2) *Seuils de basculement :* $V_2^-=1{,}5V$ *;* $V_n^-=(n-0{,}5)V$. *Si e=0V tous les ALI sont à* $-V_{sat}$, *si e augmente l'ALI1 bascule, puis le 2…*

5) *Pour n=16bits, il faudrait* $2^n-1=65535$ *ALI en parallèle !*