Université de MED SEDDIK BEN YAHIA - JIJEL
Faculté des sciences et de la technologie
Département d'Automatique

Module **Traitement du Signal (TS)**
Master 1 AS (M1 **AS**)
Année universitaire 2017/2018

TD N°3 Décembre 2017

Ce qu'il faut savoir faire :

- Développement en série de Fourier et Transformée de Fourier.
- Transformée de Fourier Unilatérale et Bilatérale.
- Notions des nombres complexes.
- Propriétés de la TF.
- Implémentation de la TF.
- FFT et ses versions…

Exercice n°1 Questions de cours … !!!

1) Définir un signal ?
2) Donner la définition du traitement du signal ?
3) Définir l'énergie et la puissance d'un signal (cas continu et cas discret)?
4) Comment on peut classer un signal énergétiquement ?
5) Comment on peut classer un signal ?
6) Donner la définition du filtrage et comment peut-on le réaliser ?
7) Définir un signal à énergie finie? Si l'énergie est infinie, que peut-on faire? et comment?
8) Que savez-vous de la relation de Parseval?Essayez de la définir et comment peut-on l'utiliser ?
9) Définir: Spectre (Cn) d'un signal? Spectre de puissance? Spectre d'amplitude? Spectre de phase? En fonction de an et bn.
10) Définir l'opération d'échantillonnage? Comment peut-on la réaliser ?
11) Donner les deux propriétés de Lapalce:Valeur initiale et Valeur finale. Comment on les utilise ?
12) Définir la quantification ? Et donner son paramètre caractéristique ?
13) Énoncer le théorème d'échantillonnage ? Que se passe-t-il, sion ne respecte pas ce théorème ?

Exercice n°2 :

Soient les deux signaux suivants :*x(t)=rect(t/T)*,*x_1(t)=échelon unitaire*,

1) Représenter graphiquement ces signaux.
2) Calculer leurs énergies et déduire leurs puissances ?
3) Que peut-on dire de ces signaux ?
4) Calculer analytiquement la TF de ces signaux.

Exercice n°3 :

Soit les trois signaux x_1 (t), x_2 (t), x_3 (t) de période T = 1 [ms] décritspar leurs spectres respectifs donnés par le tableau suivant :

1) Donnez l'expression temporelle des trois signaux.
2) Ecrivez ces expressions à l'aide de cosinus seulement.
3) Dessinez leurs spectres d'amplitude et de phase.
4) Calculez la puissance de chacun des trois signaux.

	k	0	1	2	3	4
$x_1(t)$	a_k	+2	+5	-2	+1	0
	b_k		+4	+3	-1	0
$x_2(t)$	A_k	1	3	0	2	0
	α_k	0	$-\pi/3$	0	$+\pi/2$	0
$x_3(t)$	$X_3(j,k)$	5	$4\pm j3$	0	$-2\pm j$	0

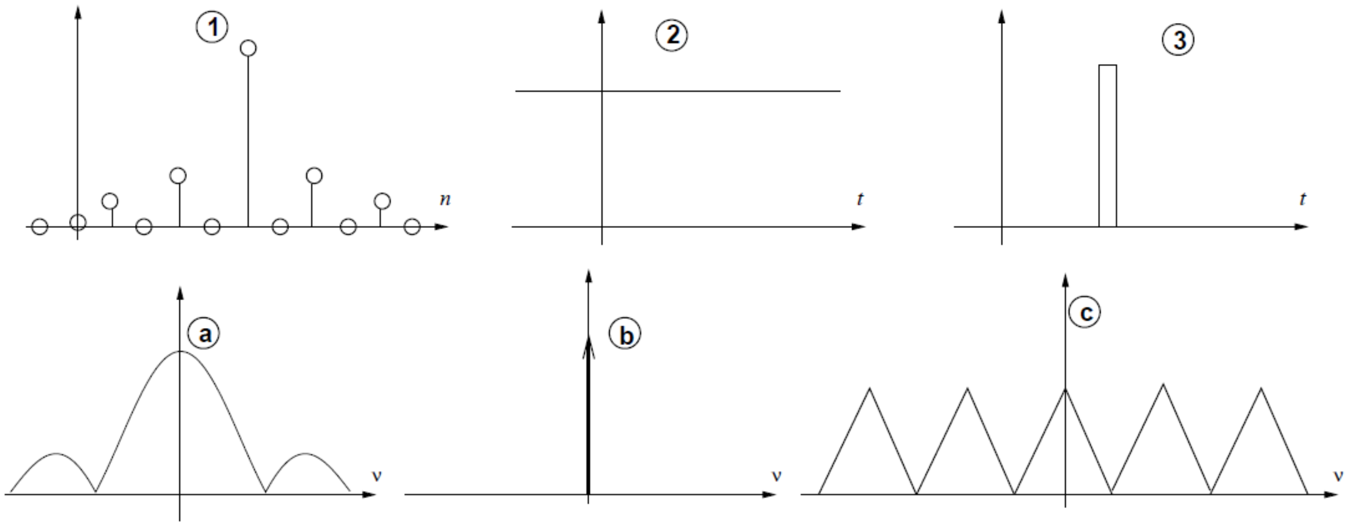
Exercice n°4 :

Soit le signal x (t) donné par : $x(t) = 2 + \sin(2\pi f_0 t) + 0.25\cos(6\pi f_0 t)$.

1) Ecrivez x(t) dans les formes cosinus et complexe.
2) Donnez les composantes spectrales dans les trois représentations :
$\{a_k, b_k\}$, $\{A_k, \alpha_k\}$ *et* $\{X(j,k)\}$
3) Vérifier que la puissance calculée à l'aide des trois représentations donne le même résultat. Expliquer, pourquoi on calcule directement la puissance pour ce signal ?
4) Comment calculeriez-vous la puissance dans l'espace temps ? voyez-vous des moyens de simplifier ce calcul ? si oui, le résultat tes immédiat.

Exercice n°5 :

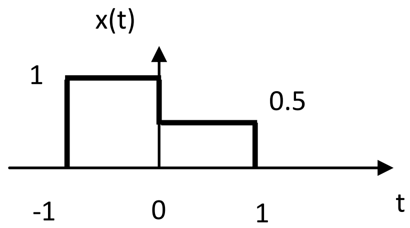
La figure ci-dessous représente trois signaux temporels continus ou discrets numérotés 1 à 3 (ligne du haut) et trois spectres d'amplitude a, b et c (ligne du bas). Indiquez le spectre correspondant à chaque signal en justifiant vos choix.

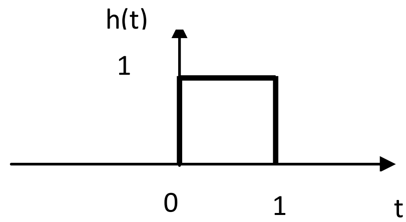


Exercice n°6 :

1) Calculer TF[x(t)]. Retrouver le résultat en utilisant la propriété de dérivation temporelle.

2) Ecrire x(t) en fonction de h(t) et en déduire la TF de h(t) en utilisant les propriétés de la TF.





3)

Quelle est la fonction de transfert $T_{(p)}$ (notation de Laplace) du filtre, dont la réponse à un échelon d'amplitude α donne $S_{(p)} = \dfrac{\alpha}{1+2p+p^2}$ **?**

4)

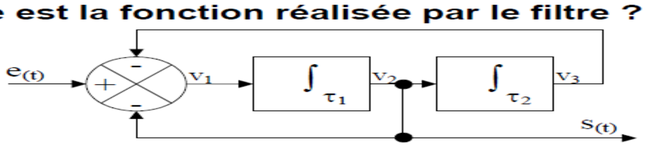
Quel signal $x_{(t)}$ a pour transformée de Fourier $X_{(f)}$ avec :

$X_{(f)} = A \cdot e^{-j2\pi f t_0}$ pour $|f| \leq f_c$

$X_{(f)} = 0$ pour $|f| > f_c$

5)

Quelle est la fonction réalisée par le filtre ?



TD N°4 Décembre 2017

Ce qu'il faut savoir faire :

- Prévoir la nature d'un filtre sans faire de calculs.
- Tracer un diagramme de Bode asymptotique en amplitude et en phase.
- Positionner un diagramme de Bode réel sur un diagramme asymptotique.
- Trouver une fonction de transfert à partir d'un circuit.
- Identifier les paramètres des fonctions de transfert (gain statique, fréquence de coupure ou fréquence propre, amortissement ou facteur de qualité …).

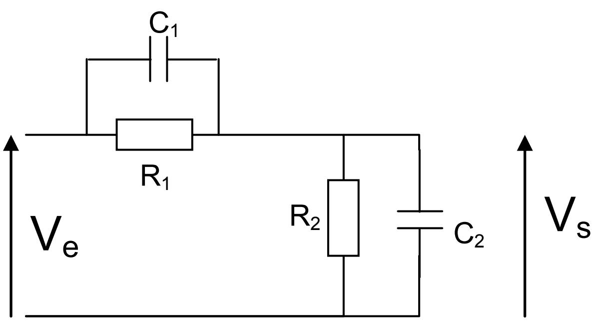
Erreurs à éviter/ conseils :

- Faire la différence entre pulsation, fréquence, et fréquence réduite…
- mettre les dénominateurs des fonctions de transfert sous la forme : $1+\alpha\, j\dfrac{\omega}{\omega_0}+\beta\left(j\dfrac{\omega}{\omega_0}\right)^2+\Lambda$
- Attention : les cas résonants sont obtenus pour des valeurs limites du facteur de qualité différentes des valeurs trouvées pour le régime transitoire. Ne pas mélanger régime transitoire et régime harmonique.

Exercice n°1 Questions de cours … !!!

1) Quelle est la fonction de transfert d'un filtre passe-bas premier ordre (passif) ?
2) Tracer le diagramme de Bode asymptotique en amplitude et en phase d'un filtre passe-haut 1er ordre.
3) Pour quelles valeurs du facteur de qualité Q obtient-on un régime résonant avec un filtre passe-bas second ordre ? A quelles valeurs cela correspond-il pour le coefficient d'amortissement ?
4) Définir la bande passante : d'un filtre passe-bas et d'un filtre passe-bande.
5) Définir le Décibel, l'octave.
6) Que vaut 100 en dB ? 2 en dB ?
7) Dresser une classification des filtres.

Exercice n°2 : Cellule RC-RC



On considère le montage de la figure suivante :On se place en régime harmonique. Déterminer de deux manières différentes le rapport Vs/Ve (gain en complexe).

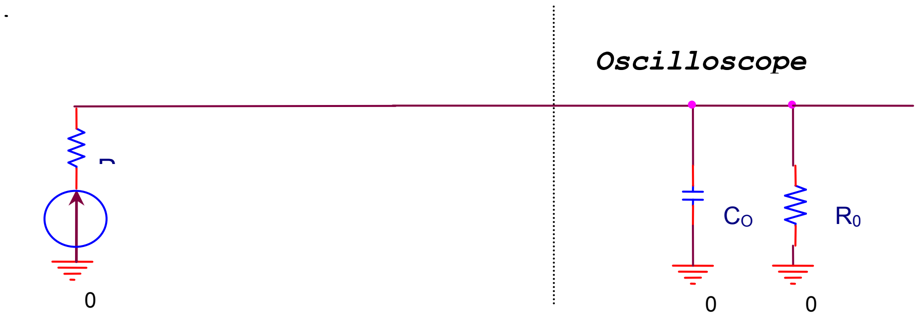
Exercice n°3 : principe d'une sonde d'un oscilloscope

1. Etude sans sonde (ou sonde 1X).

Le principe de la mesure à l'aide d'un oscilloscope correspond au schéma suivant, dans lequel R_0= 1MΩ, C_0=25 pF sont les impédances caractéristiques de l'oscilloscope. Pour les applications numériques, on prendra R =1 kΩ.

a) Déterminer le rapport V_0/e.

b) En déduire le gain en basse fréquence (gain statique) et la fréquence de coupure f_{1X}.



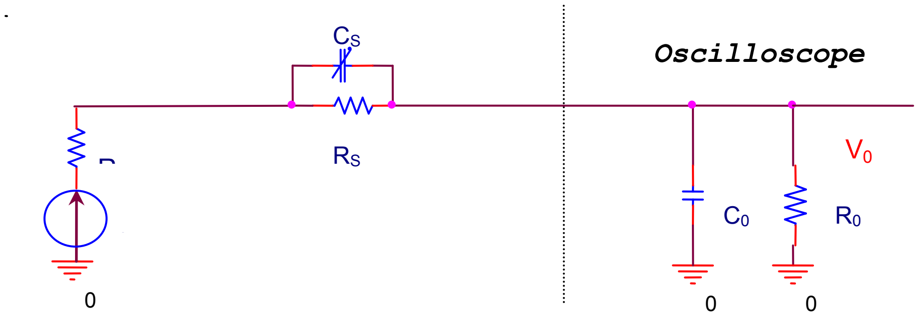
2. Etude de la sonde en position 10X.

La position de la sonde en «10X » consiste à insérer un circuit R_SC_S entre la manip et l'oscilloscope afin d'augmenter la bande passante de l'ensemble (cf figure ci dessous).

La résistance de la sonde R_S vaut 9 MΩ, et la capacité C_S est réglable. Pour utiliser une telle sonde, on doit avoir la condition $R_SC_S=R_0C_0$. Ce réglage est à faire avant chaque utilisation de la sonde.

a) En supposant cette condition vérifiée, déterminer le nouveau rapport V_0/e .

b) En déduire la valeur du gain statique et de la fréquence de coupure f_{10X}. Conclure.



<u>Exercice n°4</u> : Filtre à avance de phase

1) Déterminer le diagramme de Bode asymptotique de la fonction de transfert suivante : $H(j\omega)=H_0\dfrac{1+j\dfrac{\omega}{\omega_1}}{1+j\dfrac{\omega}{\omega 2}}$

où $H_0> 0$ et $\omega_1<\omega_2$

2) Justifier alors l'appellation de ce filtre

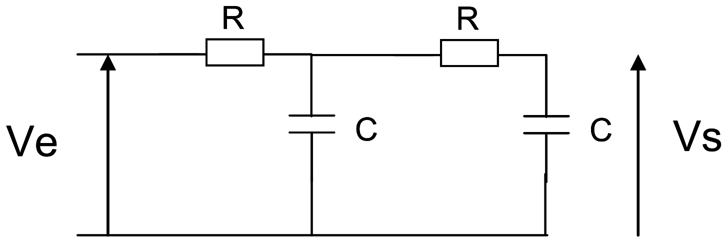
<u>Exercice n°5</u> : mise en cascade de deux filtres passifs

1. On considère la fonction de transfert suivante : $H(j\omega)=\dfrac{1}{1+j\dfrac{\omega}{\omega_1}}\times\dfrac{1}{1+j\dfrac{\omega}{\omega_2}}$

a. Déterminer le diagramme de Bode asymptotique en phase et en amplitude.

b. Que deviennent ces diagrammes si $\omega_1=\omega_2=\omega_0$?

2. On considère le montage de la figure suivante, constitué de deux cellules RC mises en cascade.



a. Quel est la nature du filtre réalisé ?

b. Mettre le circuit sous la forme d'un circuit type « pont diviseur de tension »

c. En déduire la fonction de transfert de ce filtre, et la mettre sous la forme canonique usuelle.

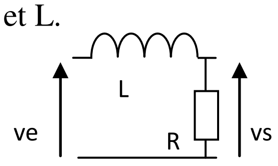
d. Tracer le diagramme de Bode asymptotique en amplitude et en phase.

e. Conclure sur la mise en cascade de filtres passifs.

Exercice n°6

1/ Etablir l'expression de la transmittance $\underline{T}=\underline{V}s/\underline{V}e$ en fonction de R, L et ω.

Montrer que $\underline{T}$ peut se mettre sous la forme $\underline{T}=\dfrac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_0}}$; Exprimer ω_0 en fonction de R et L.



2/ Quel type de filtrage est réalisé par ce quadripôle ?

3/ AN : L=25mH ; R=10kΩ. Calculer la fréquence de coupure fc.

Exercice n°7

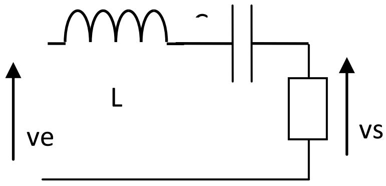
1/ Exprimer la transmittance de ce filtre.

2/ En déduire le module de cette transmittance.

3/ Quelle est la nature du filtre ?

4/ Quelle est la fréquence centrale du filtre ?

5/ Comment déterminer les fréquences de coupure du filtre ?



6/ Vérification pratique

R=10kΩ, C=10nF, L=150mH

f0=4,2kHz au lieu de 4,1kHz

fcb=1,4kHz

fch=13kHz au lieu de 12kHz

7/ Comment obtenir une sinusoïde à partir d'un signal « numérique » (créneau) ?

a) Action du filtre sur un créneau

Visualiser à 1,4kHz l'entrée et la sortie et les spectres correspondants.

Comparer ces spectres.

à 1,4kHz, 2,8kHz, 4,2kHz, 15,4kHz

Les fréquences proches de la fréquence centrale sont conservées mais le filtre est peu sélectif.

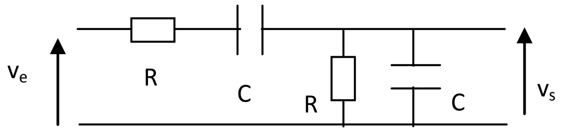
b) Faire coïncider la fréquence du signal avec la fréquence centrale. La courbe se rapproche d'une sinusoïde

Exercice n°8

Le filtre ci-dessous est appelé filtre de Wien.

1/ Etablir l'expression de sa transmittance T en fonction de R, C et ω.

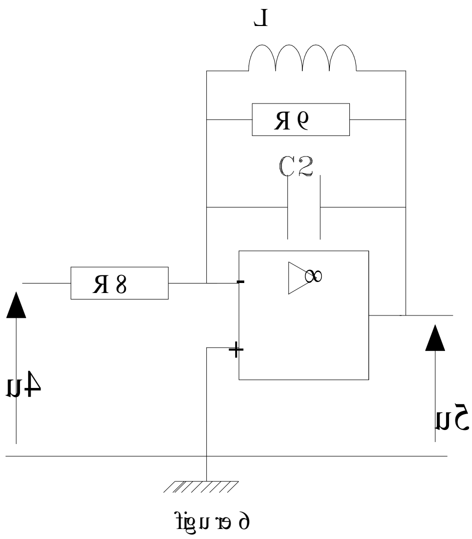
2/ Mettre T sous la forme : $T=\dfrac{T_0}{1+jQ_0\left(\frac{\omega}{\omega_0}-\frac{\omega_0}{\omega}\right)}$. Préciser les valeurs de T_0 et Q_0 et exprimer ω_0 en fonction de R et C.



AN : R=8kΩ ; C=10nF. Ecrire l'expression du module T en fonction de la fréquence f.

3/ Tracer T(f) de 0 à 10kHz avec une échelle linéaire. Quelle est la nature de ce filtre ? Préciser les fréquences de coupure et la bande passante.

Exercice n°9



1.a) Exprimer la transmittance complexe A = U_5 /U_4 en régime harmonique de pulsation ω sous la forme : $\underline{A} = \dfrac{A_0}{1 + jQ\left(\omega - \dfrac{\omega_0^2}{\omega}\right)}$

1.b) En déduire que : $\underline{A} = \dfrac{A_0}{1 + jQ_0\left(\dfrac{f}{f_0} - \dfrac{f_0}{f}\right)}$

Donner les expressions de A_0 et de f_0 .Montrer que Q_0 peut s'écrire $Q_0 = R_9C_2\omega_0$

1.c) Que représentent f_0 , A_0 et Q_0 ?

1.d) On veut obtenir une fréquence f_0 =2 kHz ,calculer L ,A_0 et Q_0 sachant que: $R_8 = R_9 = 100\ k\Omega$ et $C_2 = 47$ nF.

2) Déterminer les limites du module de A pour f = 0 et f $\rightarrow\infty$.En déduire la nature du filtre.

3) Calculer la largeur de la bande passante à -3dB et les fréquences de coupure.

4) Représenter l'allure du module de la transmittance A en fonction de la fréquence.

5) La tension u_4 obtenue en présence de fumée, qui est appliquée à l'entrée du filtre sélectif, est une tension rectangulaire comprise entre 0 et $\widehat{U}$=5 V et de fréquence f_0 Elle peut être considérée comme la somme de sa valeur moyenne et de tensions sinusoïdales de fréquences f_0 ,$3f_0$,$5f_0$ ....

$$u_4 = u_{4moy} + \frac{2\hat{U}}{\pi}\sin(2\pi\, f_0\, t) + \frac{2\hat{U}}{3\pi}\sin(2\pi . 3 f_0\, t) + \ldots\ldots$$

5.a) En justifiant votre réponse , déterminer la tension u_5 .

5.b) Dessiner l'allure de la tension u_5 en fonction du temps t.