# TDE2 – Electronique numérique

## 0 Exercice classique vu au TP4D :

Filtrage numérique passe bas

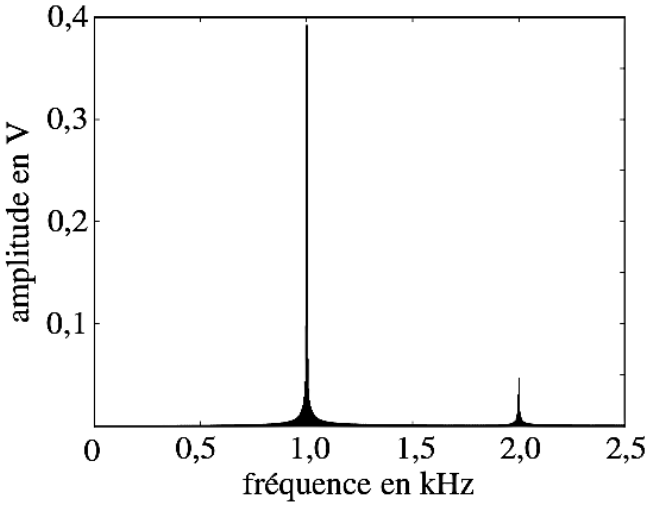
| Capacités exigibles | Ex 1 | Ex 2 | Ex 3 | Ex 4 | Ex 5 | TP 4D |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Échantillonnage, fréquence d'échantillonnage. Conséquences expérimentales du théorème de Nyquist Shannon. Analyse spectrale.**<br>Réaliser l'échantillonnage d'un signal. Choisir les paramètres d'une acquisition numérique destinée à une analyse spectrale afin de respecter la condition de Nyquist-Shannon, tout en optimisant la résolution spectrale. Commenter la structure du spectre du signal obtenu après échantillonnage. Mettre en évidence le phénomène de repliement de spectre provoqué par l'échantillonnage au moyen d'un oscilloscope numérique ou une carte d'acquisition ou d'un logiciel de calcul numérique. | • | • | | | | • |
| **Filtrage numérique.**<br>Mettre en œuvre un convertisseur analogique/numérique et un traitement numérique afin de réaliser un filtre passe-bas ; utiliser un convertisseur numérique/analogique pour restituer un signal analogique.<br>Capacité numérique : à l'aide d'un langage de programmation, simuler un filtrage numérique et visualiser son action sur un signal périodique. | | | • | • | • | • |

## 1 Spectre d'un signal triangulaire

La figure représente le spectre d'un signal triangulaire d'amplitude crête-à-crête égale à 1 V et de fréquence 1 kHz obtenu par DFT à partir d'un échantillon de 1024 points pris à la fréquence d'échantillonnage $f_e = 5\,\text{kHz}$.

**1.** Expliquer la présence dans ce spectre d'une raie à 2000 Hz sachant que le signal ne contient que des harmoniques de rang impair.

**2.** Proposer des paramètres expérimentaux (fréquence d'échantillonnage, nombre de points) plus adaptés à l'observation de ce spectre. On considère que le signal triangulaire est quasiment égal à la somme de ses composantes de Fourier de rang inférieur ou égal à 7 et on souhaite une précision minimale de 1% sur la mesure des fréquences.




## 2 Adaptation de la fréquence d'échantillonnage aux besoins

En téléphonie la fréquence d'échantillonnage est $f_e = 8\,\text{kHz}$. Pour la musique enregistrée sur un CD elle est de $f_e = 44{,}1\,\text{kHz}$.

Commenter. Dans les deux cas faut-il utiliser *a priori* un filtre anti-repliement ?

## 3 Filtrage numérique passe-haut

Dans le cas d'un filtre passe-haut du 1er ordre, la fonction de transfert peut s'écrire :

$$\underline{H} = \frac{\underline{s}}{\underline{e}} = \frac{H_0 j \frac{\omega}{\omega_c}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_c}}$$

On considère dans la suite que $H_0 = 1$.

1) En utilisant la méthode d'Euler explicite, déterminer la relation de récurrence permettant de déterminer numériquement la tension de sortie $s$.

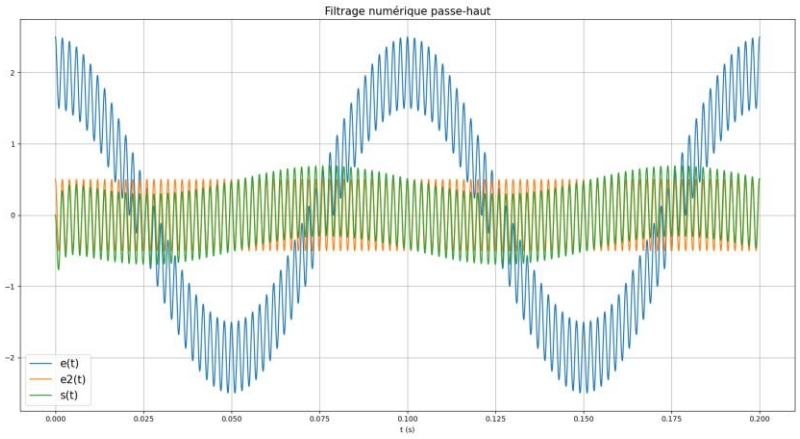
On considère une tension d'entrée somme de deux tensions sinusoïdales :

$$e(t) = e_1(t) + e_2(t)$$

Avec $e_1(t) = 2.\cos(2\pi f_1 t)$ et $e_2(t) = 0{,}5.\cos(2\pi f_2 t)$

Avec $f_1 = 10\ Hz$ et $f_2 = 500\ Hz$

On souhaite isoler le signal de haute fréquence. Le résultat d'un filtrage numérique est le suivant :




2) Commenter cette figure.

3) Proposer une valeur pour la pulsation de coupure $\omega_c$ du filtre permettant d'obtenir un filtrage adéquat.

4) Ecrire un programme permettant d'obtenir la figure ci-dessus.

## 4 Pas de quantification d'un oscilloscope - Précision

La carte d'acquisition de l'oscilloscope utilisé en TP a une résolution de 8 bits. Le calibre est réglé à l'aide des boutons CH1 et CH2 dont l'effet se traduit par un zoom sur l'écran.

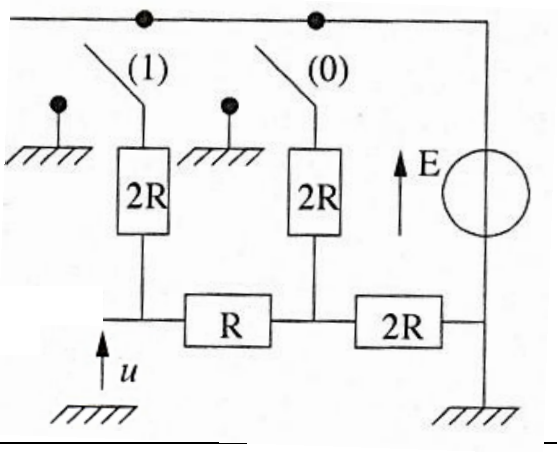
**1 -** Combien de valeurs différentes peuvent être affichées à l'écran ?

**2 -** Déterminer le pas de quantification pour une sensibilité verticale correspondant à 5,0 V par carreau, sachant que 8 carreaux sont affichés à l'écran. Même question pour une sensibilité de 200 mV par carreau.

**3 -** En déduire l'intérêt de toujours adapter la fenêtre de visualisation de l'oscilloscope au signal étudié avant d'utiliser une fonctionnalité de mesure, notamment les curseurs.

## 5 Réseau R-2R

Dans le montage ci-contre, l'état du bit $k$ agit sur l'interrupteur $(k)$, en position masse si $b_k = 0$, en position $E$ si $b_k = 1$.




1) Combien de valeurs différentes la tension $u$ peut-elle prendre ?
2) Déterminer l'expression de $u$ en fonction de $E$ et des $b_k$.
*3)* En déduire l'utilité de ce montage.