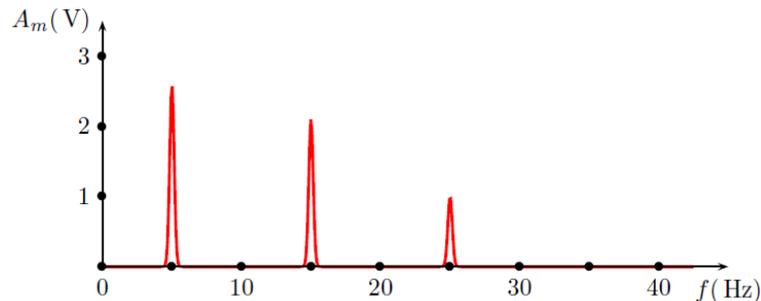


# ELEC2 - Signaux numériques

Travaux dirigés

## Exercice 1: Signal numérisé et repliement \*

Un capteur de vibration transforme les vibrations mécaniques d'une charpente métallique en signal électrique. Ce signal est analysé par la fonction FFT d'un oscilloscope numérique qui donne le spectre ci-contre.



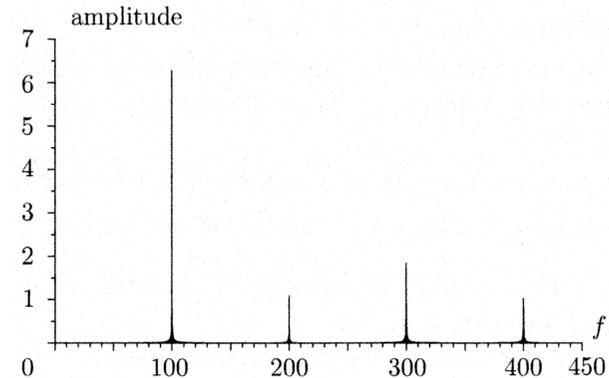
1. Pour numériser ce signal, on choisit une fréquence d'échantillonnage  $f_e = 80$  Hz. Justifier ce choix.
2. Représenter le spectre complet du signal numérisé, dans l'intervalle  $[0, 240$  Hz].
3. Le signal subit un parasitage par le signal du réseau électrique à la fréquence de 50 Hz. Quelle modification du spectre cela provoque-t-il? Pourquoi est-ce problématique?
4. Quel type de filtrage doit-on faire subir au signal électrique pour éviter cet inconvénient? Proposer un montage simple réalisant ce filtrage en précisant les caractéristiques numériques des composants.

## Exercice 2: Paramètres d'un échantillonnage \*

On souhaite réaliser l'échantillonnage d'un signal  $s(t)$ . Les paramètres de l'échantillonnage sont :  $N$  nombre de points, et  $f_e$  fréquence d'échantillonnage.

1. Que vaut la période d'échantillonnage et l'intervalle minimum entre deux raies pour  $N = 1000$  et  $f_e = 20$  kHz. Comment s'applique le théorème de Shannon dans ces conditions? Comment diminuer l'intervalle minimum entre deux raies? Comment échantillonner un signal de fréquence plus élevée?
2. Le nombre de points d'échantillonnage est imposé pour un oscilloscope. Proposer une valeur de la durée d'observation  $t_{obs}$  pour visualiser deux signaux sinusoïdaux de fréquence 4000 et 4020 Hz avec  $N = 4096$ .

3. On souhaite visualiser le spectre de Fourier d'un signal créneau d'amplitude 5 V et de fréquence 100 Hz. Proposer une valeur de  $N$  et de la fréquence d'échantillonnage.
4. On observe le spectre de Fourier d'un signal créneau avec  $f_e = 900$  Hz. Interpréter.



## Exercice 3: John Williams et la chauve souris \*\*

On cherche à enregistrer un concert de John Williams sur une clé usb en format non compressé (format WAV par exemple) afin de ne pas perdre en qualité. Le son est capté par un microphone (signal analogique), puis subit un filtrage passe-bas et, enfin, est échantillonné avec une fréquence  $f_e = 44,1$  kHz, la quantification étant faite sur 16 bits.



1. Quelle est la gamme de fréquence audible ? La fréquence  $f_e$  choisie est-elle donc acceptable ?
2. On choisit tout d'abord de ne pas mettre le filtre passe-bas en amont du CAN. Une chauve souris vivant dans la charpente de la salle et très gênée par le concert émet alors un signal de fréquence  $f_1 = 43$  kHz, qui est capté par les microphones lors du concert.
  - (a) Ce signal est-il audible par l'auditoire lors du concert ? Que deviendra-t-il après échantillonnage ? En quoi cela pose-t-il problème ?
  - (b) Expliquer pourquoi l'ajout du filtre passe-bas en amont de l'échantillonneur peut résoudre ce problème. Estimer sa fréquence de coupure.
3. On cherche maintenant à calculer la durée d'enregistrement que peut contenir une clé usb du commerce de taille 16Go.
  - (a) De combien de bits a-t-on besoin pour enregistrer 1s de concert en stéréo non compressé (16 bits à 44,1 kHz) ? En déduire la durée totale d'enregistrement que l'on peut mettre sur la clé usb (en négligeant la présence d'autres informations à coder).
  - (b) Il est également possible de compresser le signal pour l'enregistrer au format MP3. La fréquence d'échantillonnage et la quantification sont inchangées, mais un traitement numérique du signal repère les redondances pour ne les écrire qu'une seule fois et enlève certains signaux peu audibles ; le taux de compression peut aller typiquement de 4 à 20 (suivant la qualité voulue) Quelle durée de musique peut-on alors enregistrer sur la clé usb ?