






BLAISE PASCAL  
PT 2021-2022

TD 2 – Électronique

# Électronique numérique

-  Difficulté d'analyse et compréhension, initiative requise ;
-  Difficulté technique et calculatoire ;
-  Exercice important.

Flasher ce code pour  
accéder aux corrigés






## Questions de cours

Seuls les étudiants du groupe de TD PT\* seront interrogés en colle sur les questions marquées d'une étoile, car elles sont plus techniques et/ou moins essentielles ... mais tous les étudiants sont bien sûr invités à les travailler !

- 2.1 - Sur un exemple donné par l'interrogateur, construire le spectre d'un signal échantillonné connaissant le spectre du signal analogique et la fréquence d'échantillonnage. Indiquer s'il y a ou non recouvrement spectral.
- 2.2 - Établir le critère de Shannon. Je rappelle à mes chers petits qu'établir est synonyme de démontrer ☺.
- 2.3 - Sur un exemple donné par l'interrogateur (durée d'acquisition et fréquence d'échantillonnage), déterminer le nombre d'échantillons et les fréquences présentes dans le spectre du signal échantillonné.

## Exercice 1 : Pas de quantification d'un oscilloscope



 1 |  1


 ▷ Quantification.

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 un calibre correspondant à 5 V par carreau, sachant que huit carreaux sont affichés à l'écran. Même question pour un calibre 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 ou de traitement mathématique.

## Exercice 2 : Enregistrement d'un concert

 1 |  1

 ▷ Quantification ;  
▷ Échantillonnage ;  
▷ Critère de Shannon.

On souhaite procéder à l'enregistrement d'un concert, d'une durée  $T = 60$  min, dans un format numérique sans compression (WAV par exemple). La fréquence d'échantillonnage choisie est  $f_e = 44\,100$  Hz, et les valeurs sont enregistrées en stéréo sur un format 16 bit.

- 1 - Quelle sont les fréquences minimales et maximales théoriques enregistrées dans ces conditions ? Pourquoi un tel choix de fréquence d'échantillonnage ?
- 2 - Quelle taille mémoire doit-on prévoir pour ce stockage ?

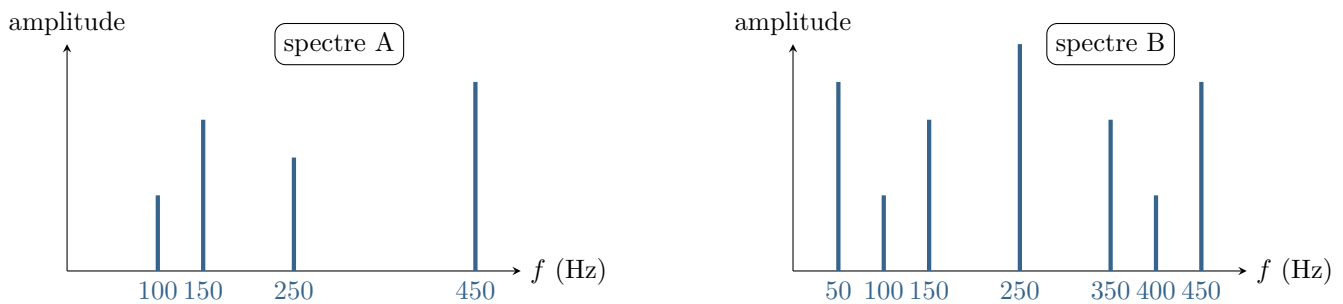
**Exercice 3 : Spectres d'un signal échantillonné**

oral banque PT | 💡 2 | ✂ 0 | Ⓜ



- ▷ Modification du spectre par échantillonnage ;
- ▷ Critère de Shannon.

La figure 1 représente deux spectres d'un même signal échantillonné à deux fréquences différentes.



**Figure 1 – Deux spectres d'un même signal.** Spectre A :  $f_e = 1$  kHz ; spectre B :  $f_e = 500$  Hz.

- 1 - Rappeler le critère de Shannon. On le suppose vérifié pour le spectre A, qu'en est-il pour le spectre B ?
- 2 - Expliquer l'allure du spectre B.
- 3 - On souhaite améliorer le spectre B par l'utilisation d'un filtre. Quel type de filtre faut-il utiliser ? Comment le placer ? Quelle est sa fréquence de coupure ? Commenter son efficacité.

**Exercice 4 : Effets stroboscopiques**

💡 2 | ✂ 1 | Ⓜ



- ▷ Réplication spectrale.

Un disque est mis en rotation avec une période  $T$  fixée. Il est éclairé périodiquement par un **stroboscope**, une lampe qui émet des flashes lumineux avec une période  $T'$  réglable. Un repère est dessiné sur le disque tournant, voir figure 2, dont on étudie le mouvement apparent sous l'effet des flashes.



**Figure 2 – Mouvement stroboscopique.** Gauche : QR-code vers une vidéo de l'expérience (scanner ou cliquer). Droite : dispositif expérimental.

- 1 - Préciser l'analogie avec l'acquisition numérique : quel est le signal analogique ? le signal échantillonné ? la fréquence d'échantillonnage ?
- 2 - Comment choisir  $T'$  pour observer fidèlement le mouvement du repère ?
- 3 - Qu'observe-t-on si  $T' = T$  ? Interpréter en termes fréquentiels.
- 4 - Si  $T'$  est légèrement supérieure à  $T$ , le repère semble tourner beaucoup plus lentement. Interpréter par un raisonnement dans le domaine temporel puis dans le domaine fréquentiel.
- 5 - Si  $T'$  est légèrement inférieure à  $T$ , le repère semble tourner beaucoup plus lentement mais en sens inverse à celui du mouvement réel. Interpréter par un raisonnement dans le domaine temporel puis dans le domaine fréquentiel.
- 6 - Application : pourquoi les roues des voitures semblent-elles parfois tourner à l'envers dans les films ou les publicités ?