






BLAISE PASCAL  
PT 2023-2024





TD 2 – Électronique

# Électronique numérique

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



Flasher ce code pour accéder au corrigé

Ceinture		Proposition de parcours d'entraînement
	Ceinture blanche	Questions de cours + exercices 1 et 2
	Ceinture jaune	Questions de cours + exercices 1 et 2
	Ceinture rouge	Questions de cours (★) + exercices 1, 2 et 4
	Ceinture noire	Questions de cours (★) + exercices 1, 2, 3 et 4

## Questions et applications de cours



Seuls les étudiants du groupe 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. Rappelons 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 : 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** - Quelles 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 2 : Échantillonnage et spectre**

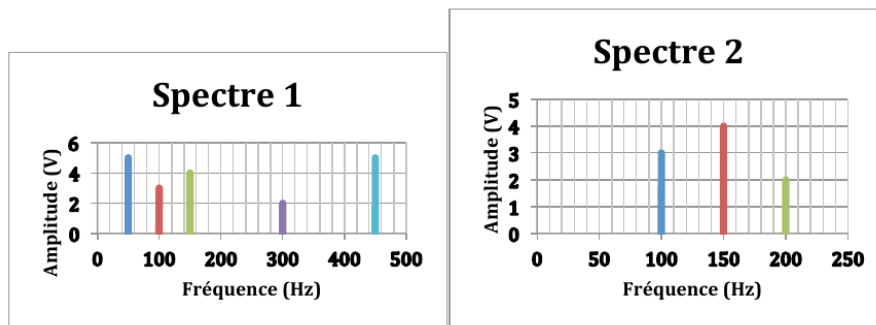
exemple officiel banque PT | 💡 2 | ✂️ 0



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

Un expérimentateur réalise des mesures qui sont ensuite échantillonnées avec deux fréquences d'échantillonnage  $f_{e1} = 1$  kHz et  $f_{e2} = 500$  Hz.

On donne les spectres en amplitude obtenus après échantillonnage pour les deux fréquences : spectre 1 pour  $f_{e1}$  et spectre 2 pour  $f_{e2}$ .



On suppose que le critère de Nyquist-Shannon est vérifié pour l'échantillonnage à la fréquence d'échantillonnage  $f_{e1} = 1$  kHz.

Est-il vérifié pour l'échantillonnage à la fréquence  $f_{e2} = 500$  Hz ?

Expliquer le spectre 2 obtenu.

On constate que la fréquence 50 Hz a disparu dans le spectre 2. L'expliquer en faisant appel au spectre de Fourier en phase.

**Exercice 3 : 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 1, dont on étudie le mouvement apparent sous l'effet des flashes.



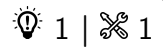
**Figure 1 – Mouvement stroboscopique.** Gauche : QR-code vers une vidéo de l'expérience (scanner ou cliquer). Droite : dispositif expérimental.


- 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 ?

#### Exercice 4 : Pas de quantification d'un oscilloscope



 ▷ *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.