



BLAISE PASCAL
PT 2024-2025

TD 2 – Électronique

Électronique numérique

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



Flasher ou cliquer pour accéder au corrigé

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

Applications de cours

Seuls les étudiants du groupe PT* seront interrogés en colle sur les applications 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

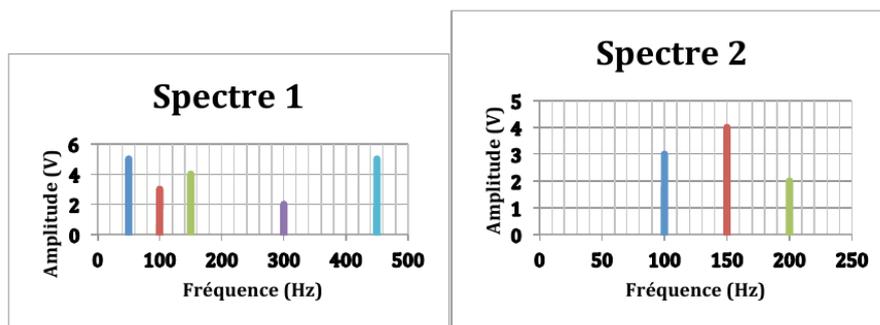
exemple officiel banque PT | 💡 2 | ✂️ 0



- ▷ 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.



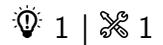
Figure 1 – Mouvement stroboscopique. Gauche : QR-code vers une vidéo de l'expérience (scanner ou cliquer). Droite : dispositif expérimental.

- 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 visuellement 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.