

TD Traitement du signal

Filtrage numérique

1 Spectres d'un signal échantillonné

Les figures 1a et 1b montrent les spectres d'un même signal après échantillonnage, la seule différence venant de la fréquence d'échantillonnage f_e .

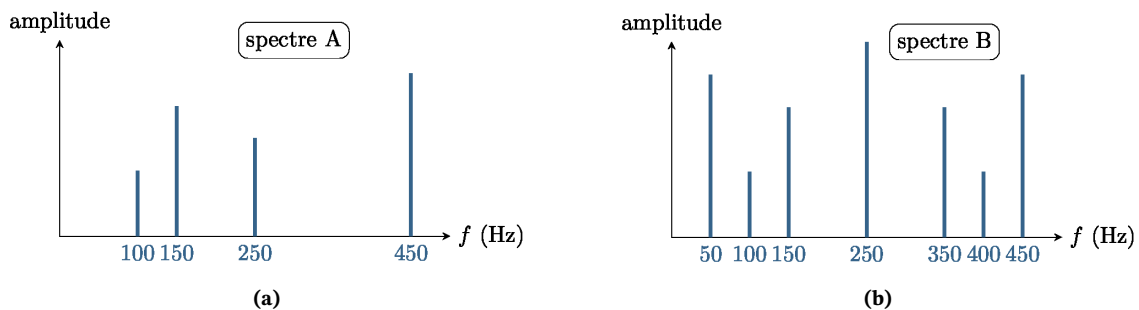


FIG. 1 : Échantillonnage avec a) $f_e = 1$ kHz, b) $f_e = 500$ Hz.

1. Rappelez le critère de Shannon-Nyquist. Supposant qu'il est vérifié pour A, qu'en est-il pour B?
2. Expliquez l'allure du spectre B.
3. Peut-il améliorer le spectre B?

2 Électrocardiogramme

(CCINP MP 2019) On se propose de traiter un enregistrement d'électrocardiogramme.

1. (a) À partir de la figure 2, déterminez la fréquence du signal en Hz puis en battements par minute.

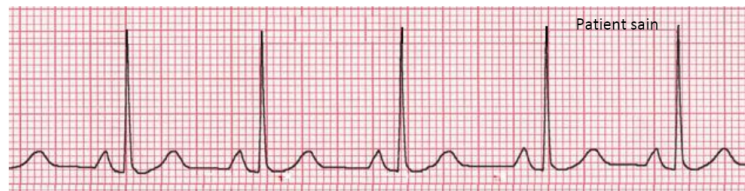


FIG. 2 : Enregistrement des battements de cœur. Échelle horizontale : 0,2 s par division.

- (b) Justifiez le spectre du signal (figure 3).
- (c) Déterminez la fréquence f_m minimale d'échantillonnage à choisir pour ce signal.
2. Figure 4 : à gauche se trouve le spectre du signal d'origine, et à droite le spectre du signal numérisé à la fréquence $f_s = 440$ Hz.
 - (a) Qu'observe-t-on ? Comment s'appelle ce phénomène ?
 - (b) Proposez un type de filtre permettant d'atténuer ce phénomène et précisez sa fréquence de coupure f_c .
 - (c) Précisez sa réalisation pratique.

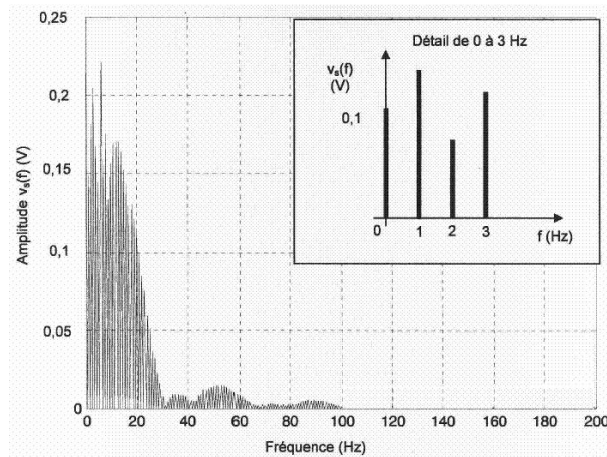


FIG. 3 : Spectre de l'enregistrement.

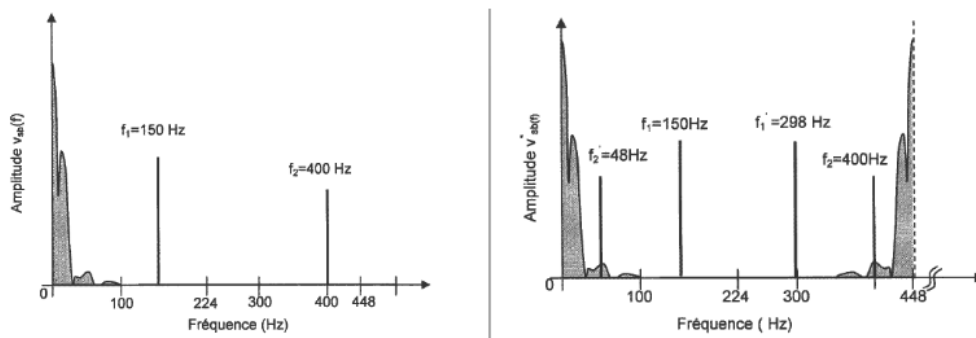


FIG. 4 : Spectre du signal d'origine (à gauche), spectre du signal échantillonné (à droite).

3 Convertisseur numérique-analogique à résistances pondérées

Afin d'écouter la musique d'un CD audio, on envoie la sortie numérique donnée par le lecteur CD (ou l'ordinateur) à l'entrée d'un haut-parleur. Le haut-parleur fonctionnant avec un signal analogique, un DAC 4 bits à résistances pondérées (figure 5 est utilisé. Il est constitué d'une tension E constante de référence, de 4 résistances notées n ($0 \leq n \leq 3$) de valeur $R_n = R/2^n$ et de 4 interrupteurs K_n .

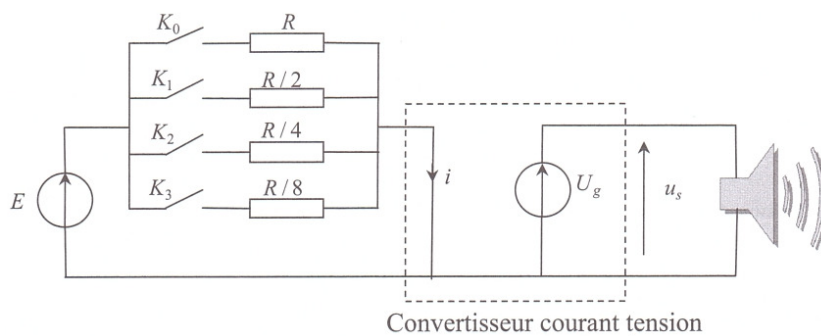


FIG. 5 : Convertisseur numérique-analogique à résistances pondérées sur 4 bits.

Un interrupteur ouvert est l'état 0 et un interrupteur fermé est l'état 1. Par exemple, 1101 signifie que $K_0 = 1$, $K_1 = 1$, $K_2 = 0$ et $K_3 = 1$.

Un convertisseur courant-tension (bloc en pointillés) donne une tension U_g . La caractéristique entrée-sortie du convertisseur est donnée figure 6 : elle comporte une partie linéaire $U_g = R'i$, et une partie de saturation où $U_g = V_{\text{sat}} = 15 \text{ V}$.

1. Déterminez l'intensité du courant circulant dans la résistance R_n en fonction de K_n , E et R . Déduisez-en le courant total sortant du premier étage du dispositif.
2. On prend $R = R'$ et $E = 1 \text{ V}$. Calculez la tension correspondant à 0000, 0001, 0010, 0011, 0100 et 1111. Commentez.

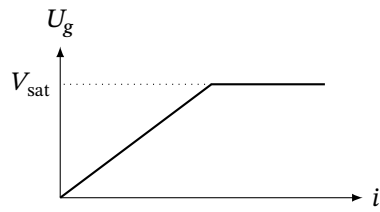


FIG. 6 : Caractéristique courant-tension du convertisseur.

3. Dans un CD réel, l'échantillonnage a été fait sur 16 bits et non sur 4. On place donc en parallèle 16 résistances. Calculez la nouvelle tension maximale. Commentez.
4. Quelle condition sur E , R et R' doit être imposée pour éviter ce problème ?