

Exercices du chapitre 5 : chaîne de traitement numérique (partie 1)

1°) - **exercice sur le bloc n°1 : échantillonneur.**

Exercice 1 : Cocher la réponse exacte.

Un signal sinusoïdal $u(t)$ d'amplitude $\hat{U} = 1V$ et de fréquence $f = 1kHz$ est échantillonné à la fréquence $f_E = 10kHz$. Les échantillons successifs, pris aux instants $0, T_E, 2 T_E, 3 T_E,$ etc, sont notés respectivement $u_0, u_1, u_2,$ etc. Sachant que l'on a : $u_0 = 0$ et $u_1 > 0$, donner la valeur de u_3 .

- 0,159V 0.195V 0.591V 0.951V

Exercice 2 : Cocher la réponse exacte.

Quelle doit être la fréquence théorique minimale f_{Emin} à laquelle doit être échantillonné le signal $u_a(t)$ de fréquence 1kHz, dont la décomposition en série de Fourier est donnée ci-dessous, afin de pouvoir être reconstitué parfaitement ?

- 2kHz 21kHz 42kHz 84kHz

$$u(t) = \sin(2\pi ft) + \frac{1}{3} \sin(6\pi ft) + \frac{1}{5} \sin(10\pi ft) + \dots + \frac{1}{21} \sin(42\pi ft)$$

Exercice 3

Un signal sinusoïdal $u(t) = \hat{U} \cdot \sin(2\pi ft)$ est échantillonné à la fréquence $f_E = 12.f$.

3-1- Quel est le nombre N d'échantillons par période ?

3-2- Calculer les valeurs numériques u_n des N échantillons lorsque $\hat{U} = 10V$ en supposant $u_0 = 0$.

3-3- Tracer en concordance sur la même feuille :

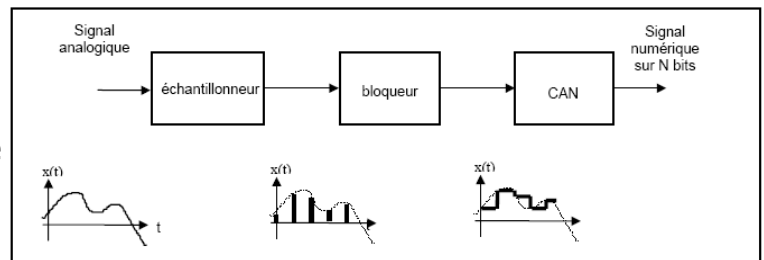
- le signal échantillonné $u_e(t)$;
- le signal échantillonné-bloqué $b(t)$;
- le signal analogique $u(t)$.

3-4- Calculer la valeur efficace du signal échantillonné-bloqué $u_b(t)$. Le comparer à la valeur efficace $U = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$ du signal $u(t)$.

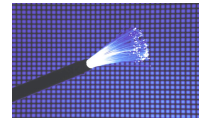
Exercice 4

Le circuit d'acquisition d'un signal analogique audio a la structure suivante :

Répondre par vrai ou faux :

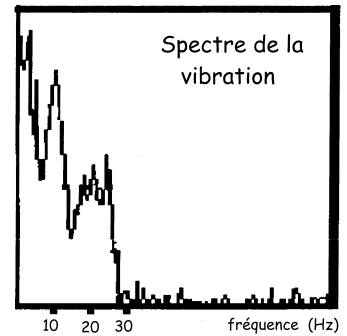


- a) on peut échantillonner à une fréquence f_e beaucoup plus grande que 20 kHz
- b) si on échantillonne à 44 kHz, on perdra un peu de qualité dans les aiguës
- c) il faut au minimum échantillonner à un peu plus que 20 kHz
- d) le bloqueur maintient le signal constant à l'entrée du CAN pendant les conversions
- e) le choix du nombre de bits N sera déterminant pour la qualité du système



Exercice 5 : Acquisition du signal issu d'un capteur

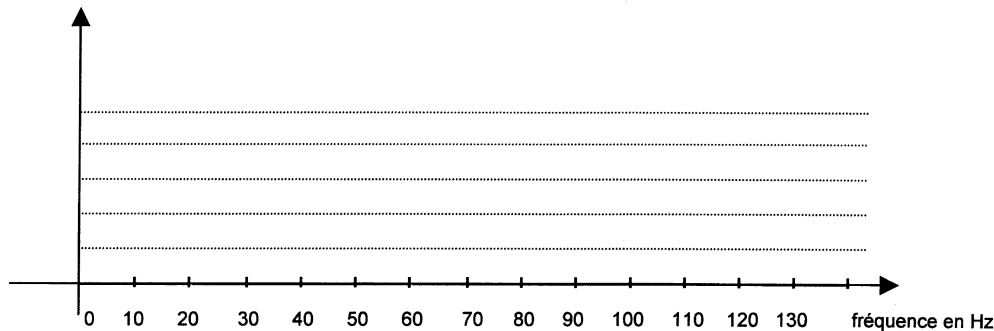
Un capteur de vibrations placé sur une structure métallique enregistre ses vibrations.
Le spectre fourni par un analyseur FFT a l'allure ci-contre :



a) Dans quelle bande de fréquences se situent ces vibrations ?

Pour traiter et stocker ce signal, on l'envoie sur un système d'acquisition relié à un PC. L'opérateur choisit une fréquence d'échantillonnage de $f_e = 70$ Hz pour respecter le théorème de Shannon.

b) Tracer l'allure du spectre du signal échantillonné.



c) Suite à un défaut de câblage, le signal de vibration se trouve parasité par le 50 Hz du secteur. Comment est modifié le spectre du signal échantillonné ? Quel est le défaut qui est apparu ?

2°) - **exercice sur le bloc n°2 : CAN.**

Exercice 1 : Cocher la réponse exacte

Quelle est la valeur binaire du nombre N en sortie d'un C.A.N à 4 e.b. dont le quantum vaut $q_0=100$ mV pour une entrée $u_e=1,20$ V ?

[1110}

[1001}

[1100}

[0110}

Exercice 2: Cocher la réponse exacte

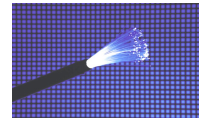
Un C.A.N. simple rampe convertit une tension $u_e= 10$ V en une durée $t_c = 10$ ms. Quelle est la valeur de l'intensité I_0 du courant qui charge le condensateur dont la capacité est égale à **10nF** ?

10mA

15 μ A

10 μ A

10 μ A

**Exercice 3: BTS IRIS 2007**

III. 1.3. Indiquer le rôle du filtre anti-repliement et celui du filtre de lissage. Préciser, dans chaque cas, la nature du filtre : passe-bas ? passe-haut ? passe-bande ?

III. 1.4. La caractéristique du Convertisseur Analogique Numérique (CAN) utilisé est donnée à la figure 6 de l'annexe 2.

III. 1.4.1. Déterminer la tension de pleine échelle du convertisseur.

III 1.4.2. Déterminer la valeur du quantum de ce convertisseur.

III. 1.4.3. En déduire le nombre de bits utilisés.

III. 1.5. La fréquence d'échantillonnage utilisée est : $f_e = 100$ Hz.

III.1.5.1. Déterminer le temps de conversion T_c maximal du Convertisseur Analogique Numérique (CAN) utilisé.

III.1.5.2. Donner l'ordre de grandeur de la fréquence de coupure f_c du filtre anti-repliement nécessaire si ce dernier est considéré comme parfait.

ANNEXE 2

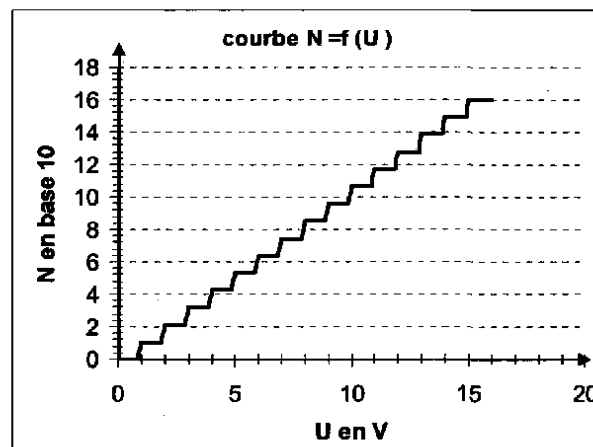


Figure 6

3°) - **exercice sur le bloc : CNA + restitution.**

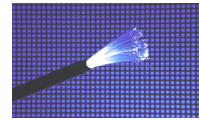
Exercice 1 : Cocher les réponses exactes

1-1- Quelle est la valeur de la tension u_s en sortie d'un C.N.A. à 4 e.b. de résolution ou quantum $q_0 = 0.5V$ pour une entrée binaire $(N)_2 = [1011]$?

Rép. 1 : 15V

Rép. 2 : 7.8V

Rép. 3 : 5.5V



1-2- Quelle est l'entrée binaire $(N)_2$ d'un C.N.A. à 4 e.b., de résolution ou quantum $q_0 = 250\text{mV}$, si la sortie $u_s = 2.25\text{V}$?

■Rép. 1 : [1110] ■Rép. 2 : [1001] ■Rép. 3 : [1010] ■Rép. 4 : [1111]

1-3- La tension correspondant à la pleine échelle d'un C.N.A. à 8 e.b. est $U_{PE} = 10\text{V}$.
Quelle est la tension maximale \hat{U} en sortie ?

■Rép. 1 : 10.039V ■Rép. 2 : 10V ■Rép. 3 : 9.99V ■Rép. 4 : 9.96V

Exercice 2 :

2-1- Soit un convertisseur N.A. de 5 bits dont $V_{\text{sortie}} = 0,2\text{V}$ quand l'entrée numérique est [00001]. Trouver la valeur de V_{sortie} si l'entrée est [11111].

2-2- Quelle est la résolution de ce C.N.A. ?

2-3- Si on connecte un compteur de 5 bits à l'entrée du C.N.A., décrire le signal fourni en sortie par le CNA

Exo 3 : IRIS 2003 : Étude de la restitution des informations dans le cas d'un CD audio :

On rappelle qu'un signal analogique audio HIFI est caractérisé par un spectre limité par les fréquences : $f_{\text{min}} = 20\text{ Hz}$ et $f_{\text{max}} = 20\text{ kHz}$.

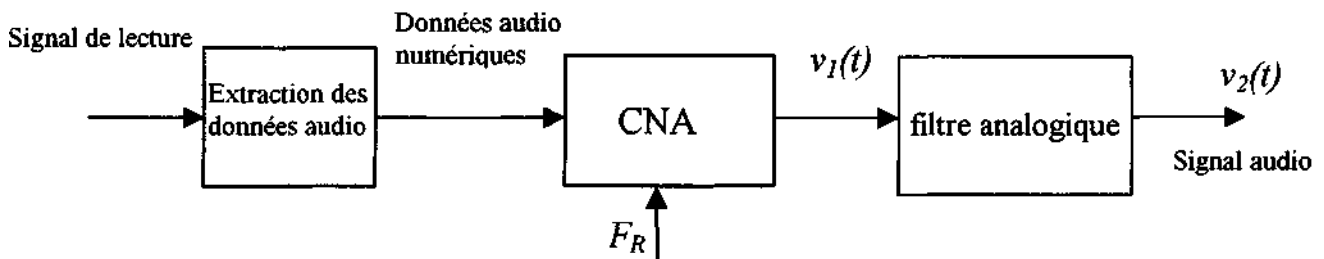
Lors de l'enregistrement du CD, le signal audio est échantillonné et bloqué avec une fréquence d'échantillonnage $F_E = 44,4\text{ kHz}$. Chaque échantillon est ensuite numérisé.

a) Justifier que la valeur choisie pour F_E , correspond à un échantillonnage sans perte d'information.

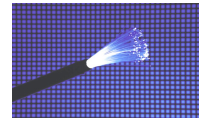
b) La chaîne de restitution du signal analogique audio à partir des données numériques est représentée ci-dessous :

Cette chaîne utilise un convertisseur numérique-analogique 16 bits, pouvant fournir une tension comprise entre les valeurs extrêmes -5 V et + 5 V.

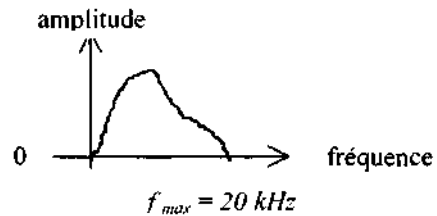
Dans cette question, on suppose que les données numériques sont converties à une fréquence égale à celle utilisée lors de l'enregistrement ($F_R = F_E = 44,4\text{ kHz}$).



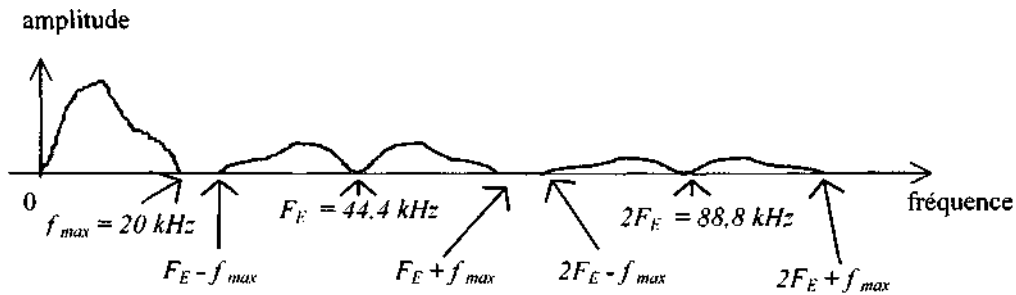
Déterminer la valeur du quantum du CNA utilisé, ainsi que la période d'échantillonnage.



c) Le spectre du signal audio $V_2(t)$ désiré est :



Le spectre du signal $v_i(t)$ de sortie du CNA est :



Quel type de filtre doit-on utiliser pour obtenir le signal audio désiré ?
Donner, en la justifiant, la fréquence de coupure de ce filtre.