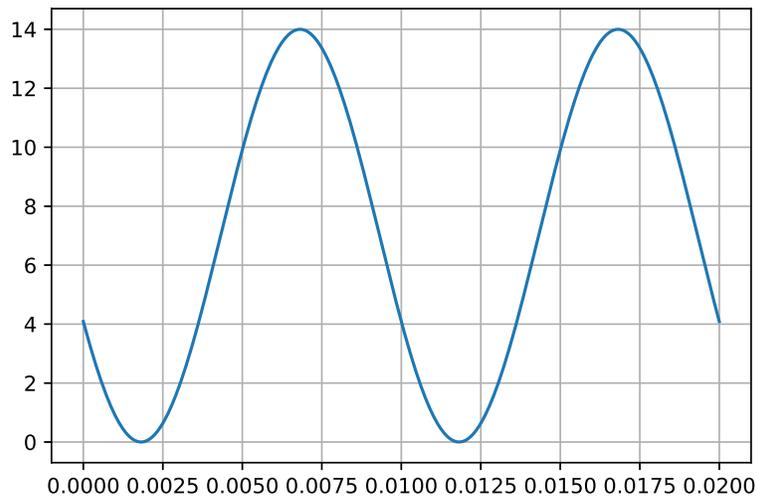


### Exercice 1

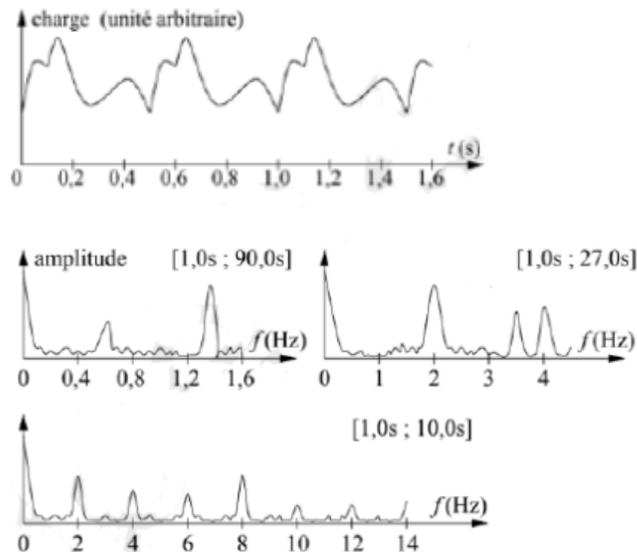
Convertir le signal ci-dessous en une suite de 0 et 1 en considérant un échantillonnage à la fréquence  $f_{ech} = 500Hz$  quantifié sur 3 bits.



### Exercice 2

L'action de la marche d'un piéton sur une passerelle est traduite par une force verticale périodique, appelée charge. On donne ci-dessous (premier graphe) l'allure des variations de cette charge en fonction du temps.

On fait l'acquisition de ce signal en effectuant  $N = 300$  mesures à intervalles de temps réguliers dans un intervalle  $[t_{min}, t_{max}]$ . On fait ensuite la décomposition de Fourier du signal numérisé. Analyser et commenter les spectres obtenus pour différents intervalles de temps.



### Exercice 3

On cherche à enregistrer un concert sur un CD audio, en format non compressé (WAV par exemple) afin de ne pas perdre en qualité. Le son est capté par un microphone (signal analogique), filtré par un passe-bas et enfin échantillonné à une fréquence  $f_e = 44,1\text{kHz}$ . La transcription numérique est faite sur 16 bits. Les fréquences audibles pour l'être humain sont réputées comprises entre 20 Hz et 20kHz.

1. Quelle est la fréquence d'échantillonnage minimale à adopter pour enregistrer correctement le spectre audible ? Commenter le choix de  $f_e$  adopté pour ce CD.

2. Un ultrason à 43kHz est présent dans l'environnement du concert. Est-il perçu par les spectateurs ? Que se passe-t-il si on omet de placer un filtre passe-bas avant le CAN : est-il audible sur l'enregistrement ?

3. Quelle fréquence de coupure doit-on adopter pour ce filtre si on veut bien restituer le son perçu par l'oreille humaine lors du concert ? Quel problème apporte ce filtre ? Pour le contrer, on utilise un filtre passe-bas d'ordre élevé et un suréchantillonnage ( $f_e$  plus élevée que ce que prévoit le critère de Nyquist-Shannon) : expliquer pourquoi on fait cela.

4. On cherche à déterminer la durée maximale d'enregistrement qui peut être portée par un CD du commerce (700Mo, un octet valant 8 bits). Sachant que l'enregistrement est stéréo (2 sons à restituer en même temps, combien de bits sont nécessaires pour un enregistrement d'une seconde ? En déduire la durée maximale du concert pour qu'il tienne sur un CD.

5. En utilisant un format de compression MP3, le signal numérisé est traité pour enlever les redondances et supprimer les signaux peu audibles (on perd alors en qualité). Cela permet de diviser les données numériques d'un facteur 4 à 20. Quelle durée d'enregistrement MP3 peut-on alors porter sur un CD commercial ?

### Exercice 4

Donner la relation de récurrence entre  $us_n$ ,  $us_{n-1}$ ,  $us_{n-2}$ ,  $ue_n$  et  $ue_{n-1}$  associée à un filtre passe-bande du second ordre.

### Exercice 5

On veut illustrer le fonctionnement d'un filtre numérique à moyenne glissante sur  $n = 4$  échantillons, dont le signal de sortie  $us_n$  est la moyenne des quatre derniers échantillons du signal d'entrée :

$$us_n = (ue_n + ue_{n-1} + ue_{n-2} + ue_{n-3}) / 4 \quad (1)$$

Le signal d'entrée est échantillonné à la fréquence  $f_E = 1\text{ kHz}$ .

1. Quel type de filtrage peut-on prévoir à partir de la relation (1) donnée ci-dessus ?

2. On applique un échelon de tension de 1 V en entrée (les valeurs de la tension d'entrée sont nulles avant  $t = 0$  et valent 1 à partir de  $t = 0$  inclus). Donner les valeurs de  $ue_n$   $us_n$  pour  $n$  entre 0 et 10. Confirmer le type de filtre et donner la valeur du gain en basse fréquence (pour une fréquence nulle).

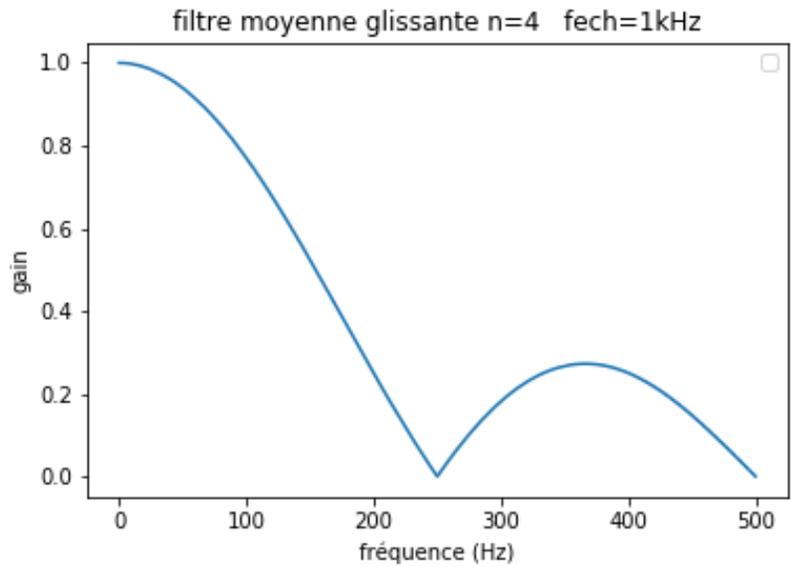
On applique en entrée un signal sinusoïdal de la forme  $ue(t) = E_0 \cos(2\pi ft)$ . On teste successivement les fréquences  $f_E/6$ ,  $f_E/4$ ,  $f_E/3$  et  $f_E/2$ .

3. Pourquoi est-il inutile de considérer des fréquences du signal d'entrée supérieures à  $f_E/2$  ?

4. Pour chaque fréquence, remplir un tableau avec les valeurs de  $ue_n$  et  $us_n$  pour une période complète, en partant de  $n = 0$ . On remarquera qu'il est utile de calculer les valeurs de  $ue_n$  pour  $n = -1$ ,  $n = -2$  et  $n = -3$ .

5. Estimer le gain pour chaque fréquence (fondamentalement on doit faire le rapport des valeurs efficaces, pour simplifier on pourra prendre le rapport des valeurs maximales (en valeur absolue) prises par chaque tension, ce qui donne ici le même résultat).

6. Vérifier que les valeurs obtenues sont cohérentes avec la courbe du gain en fonction de la fréquence donnée ci-dessous et estimer la fréquence de coupure. Commenter la sélectivité de ce filtre.



7. Tracer par vos propres moyens la courbe ci-dessus. Pour avoir le même tracé, faire varier la fréquence par pas de 1 et calculer le gain en prenant des valeurs efficaces sur 100 périodes.