

## Spectre et filtrage

Lorsqu'on fait l'acquisition d'un signal analogique, délivré par exemple par un microphone, celle-ci se fait aujourd'hui de manière numérique. On imagine par exemple les centaines de millions de capteurs disposés dans le colossal Large Hadron Collider, collisionneur de particules de 27 km de long situé 100m sous terre, connectés à des ordinateurs afin de pouvoir procéder à un traitement mondial des informations acquises lors des collisions.

**Lors de ce TP, on cherche à utiliser la numérisation d'un signal pour obtenir son spectre et ainsi le traiter de manière efficace.**

### Matériel à disposition

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| ↪ Oscilloscope numérique à double entrée | ↪ Ordinateur             |
| ↪ Générateur à basse fréquence           | ↪ Interface SYSAM        |
| ↪ Câbles électriques                     | ↪ Boîte de condensateurs |
| ↪ Boîte à décades de résistances         | ↪ Boîte de bobines       |

### Filtrage d'un signal sonore

On cherche tout d'abord à réaliser le filtrage d'un signal sonore.

📎 Télécharger le fichier son présent sur le dossier partagé.

1/ Écouter le son, que constate-t-on ?

📎 À l'aide du logiciel Audacity, faire apparaître à l'écran le spectre du signal sonore.

2/ On souhaite rendre le son agréable à l'écoute. Proposer un cahier des charges adapté.

3/ Proposer un filtre adapté au cahier des charges proposé.

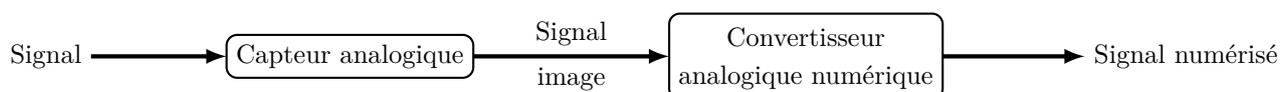
📎 Câbler le filtre proposé. Le signal d'entrée est le signal issu de la source analogique de la plaque Sysam et le signal de sortie est envoyé sur le haut-parleur.

4/ Comparer, avec Audacity, les spectres des signaux d'entrée et de sortie.

Étudions maintenant le principe de réalisation du spectre d'un signal analogique.

### Échantillonnage d'un signal

Lors de la numérisation d'un signal, celui-ci est tout d'abord acquis par un capteur analogique puis converti par un convertisseur analogique numérique (CAN).



#### INFO

Les trois signaux mentionnés dans le schéma ci-dessus sont trois signaux différents. Bien qu'ils caractérisent le même phénomène physique, ils n'ont pas la même nature.

Par exemple, lors de la mesure d'une température par un thermomètre à affichage digital :

- Le premier signal est l'évolution de la température en fonction du temps ;
- Le capteur est situé dans le thermomètre et fournit un signal électrique dont l'évolution est liée aux variations de température ;
- Le signal "image" est l'évolution d'une tension électrique en fonction du temps ;
- Le convertisseur analogique numérique est un dispositif situé dans le thermomètre ;
- Le signal numérisé est une suite de 0 et de 1 qui, traités par d'autres éléments du thermomètre, permettent d'afficher la valeur de la température sur l'affichage.

## INFO

Je profite de l'encadré pour vous donner quelques définitions :

- ↪ **Analogique** : Cet adjectif qualifie les instruments, les appareils et les méthodes de calcul qui représentent une grandeur physique par une autre ;
- ↪ **Numérique** : La grandeur physique est ici représentée par des bits ;
- ↪ **Échantillonnage** : Prise de mesure à intervalles de temps donnés sur un signal analogique. La fréquence d'échantillonnage est le nombre d'échantillons mesurés par seconde.

## 1 - À l'aide de Latis Pro

Le GBF délivre un signal analogique, qu'on envoie sur la carte d'acquisition SYSAM de l'ordinateur.

- 5/ Où est le CAN dans notre montage ?
- 6/ En utilisant la définition donnée de l'échantillonnage, établir la relation entre le nombre de points prélevés  $N$ , la fréquence d'échantillonnage  $f_e$  et la durée d'acquisition  $t_a$  ? De même, donner la relation entre  $N$ ,  $t_a$  et  $T_e$  la période d'échantillonnage.
- 7/ Pour un signal de 100 Hz acquis sur 2 périodes, quelle sera la durée d'acquisition  $t_a$  ?
- 8/ Calculer la période puis la fréquence d'échantillonnage attendues si on fait une acquisition de ce signal sur 1000 points, 100 points ou 10 points.

☞ Générer un signal sinusoïdal de fréquence 100 Hz et d'amplitude 10 V.

☞ Faire l'acquisition de ce signal en choisissant 1000 points d'acquisition sur une durée de 2 périodes. Afficher cette courbe en « palier relié ». Noter la période d'échantillonnage.

☞ Refaire une acquisition avec 100 points. Afficher la courbe en « palier relié ». Noter la période d'échantillonnage.

☞ Refaire une acquisition avec 10 points. Afficher la courbe en « palier relié ». Noter la période d'échantillonnage.

☞ Imprimer le document obtenu.

- 9/ Les périodes d'échantillonnage que le logiciel a imposé sont-elles celles attendues ?
- 10/ Comparer la fréquence d'échantillonnage avec la fréquence du signal dans chaque cas.
- 11/ Dans notre cas, quelle fréquence d'échantillonnage choisir ?
- 12/ Si on généralise les résultats de cette expérience, qu'en déduit-on ? N'y-a-t-il pas une limite ?

## INFO

- En faisant un clic droit sur le nom de la courbe, on a accès aux paramètres d'affichage.
- En cliquant sur "Ajouter les courbes" on peut les superposer.

## 2 - À l'aide de l'oscilloscope

Nos oscilloscopes sont numériques. Cela signifie qu'ils effectuent eux aussi une CAN.

La différence avec la carte d'acquisition informatique est que le nombre de points d'acquisition  $N$  est fixé à 2500. Le temps d'acquisition  $t_a$  est alors la largeur de la fenêtre de l'oscilloscope. Par exemple, si la base de temps est choisie de telle façon que le signal soit affiché sur une durée de 100 ms au total, on a  $t_a = 100$  ms.

- 13/ Donner la nouvelle relation entre  $f_e$  et  $t_a$ .
- 14/ Calculer la fréquence d'échantillonnage de l'oscilloscope si on affiche une seule période à l'écran d'un signal de fréquence  $f = 100$  Hz.
- 15/ Quel est le seul réglage de l'oscilloscope qui permette de faire varier sa fréquence d'échantillonnage ?

☞ Générer un signal de fréquence 100 Hz, et afficher une seule période à l'écran.

☞ À l'aide du menu Maths, faire la FFT du signal.

☞ Augmenter progressivement la fréquence générée par pas de 100 Hz à l'aide de la molette.

- 16/ Au-delà d'une certaine fréquence limite que l'on relèvera, on observe un « repliement de spectre » ou « aliasing ». Décrire le phénomène.

- 19/ Quelle est la fréquence limite au-delà de laquelle on observe un repliement de spectre ?

## INFO

La FFT correspond à une opération mathématique permettant de transformer le signal temporel en sa représentation fréquentielle : son spectre. L'intérêt d'utiliser des oscilloscopes numériques réside entre autre dans leur capacité à effectuer des opérations mathématiques sur les signaux grâce à la numérisation préalable.