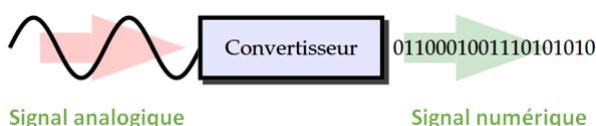


# [E] TP n°4 – Conversion : Analogique → Numérique (CAN)

Les signaux que l'on peut capter avec des instruments de mesure sont en général des signaux analogiques, c'est-à-dire des signaux qui varient de façon continue au cours du temps. Par exemple, la température d'un lieu au cours d'un mois est une grandeur analogique.

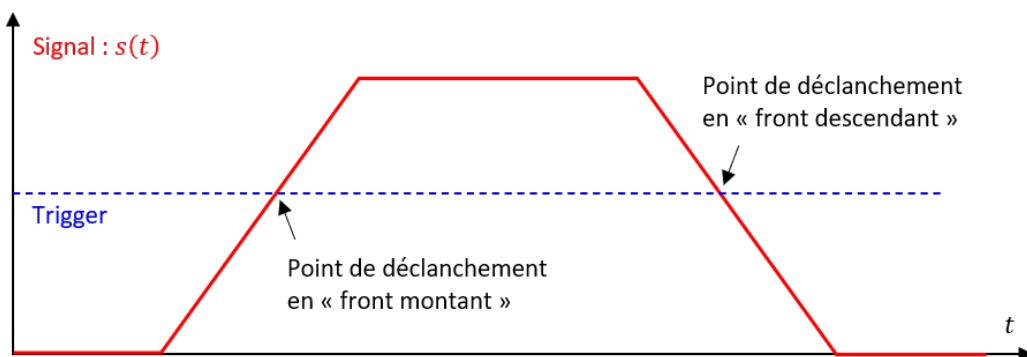
Avec l'usage accru des nouvelles technologies dans la vie quotidienne, la conversion des signaux analogiques en signaux numérique et vice versa est un enjeu crucial. Un signal numérique est un signal qui varie de façon discrète dans le temps. C'est une succession de 0 et de 1, appelés bits (on parle de signal binaire). C'est un signal facile à copier, modifier, envoyer, réceptionner, etc.



## I) Déclenchement de l'acquisition : le « Trigger »

- ❖ Générer un signal sinusoïdal de fréquence  $f = 1 \text{ kHz}$  et d'amplitude 5 V. Brancher le GBF à la carte d'acquisition SYSAM (voie EA0 et masse). Ouvrir le logiciel LatisPro et choisir les paramètres suivants :  $N_e = 2000$  points,  $T_e = 500 \text{ ns}$  et  $T_{tot} = 1 \text{ ms}$ .
- ❖ Lancer l'acquisition. Relancer plusieurs fois l'acquisition. Qu'observe-t-on ?
- ❖ Pour que le logiciel relance automatiquement l'acquisition, cocher la case « Mode permanent ». Lancer l'acquisition. Qu'observe-t-on ? Appuyer sur « échap » pour arrêter l'enregistrement.

Pour palier à ce problème, il est nécessaire de préciser à l'appareil le bon moment pour déclencher l'acquisition du signal. Pour cela, on précise une valeur de référence à atteindre, appelée tension de déclenchement ou trigger, soit par valeur supérieure (front descendant  $\searrow$ ) soit par valeur inférieure (front montant  $\nearrow$ ). Tant que cette situation ne se présente pas, le dispositif d'acquisition ne déclenche pas l'enregistrement.



- ❖ Désactiver le « Mode permanent ». Réaliser l'acquisition des signaux en déclenchant sur la voie EA0. Observer l'influence du choix de la valeur du seuil de déclenchement et du sens de déclenchement (montant / descendant). Observer l'influence du « Pre-Trig ». Que se passe-t-il lorsque le valeur du seuil de déclenchement n'est jamais atteinte par le signal ?
- ❖ Activer le « Mode permanent ». Faire varier la fréquence ou l'amplitude du signal afin de confirmer que l'observation du signal se fait bien en temps réel.

Tous ces paramètres se retrouvent également sur un oscilloscope.

- Brancher le GBF à l'oscilloscope (voie CH1 et masse). Observer l'influence du choix de la valeur du seuil de déclenchement et du sens de déclenchement (montant / descendant). Que se passe-t-il lorsque le valeur du seuil de déclenchement n'est jamais atteinte par le signal ?

Dans la suite, on ne travaillera qu'avec la carte d'acquisition, pas avec l'oscilloscope.

## II ) Numérisation d'un signal analogique

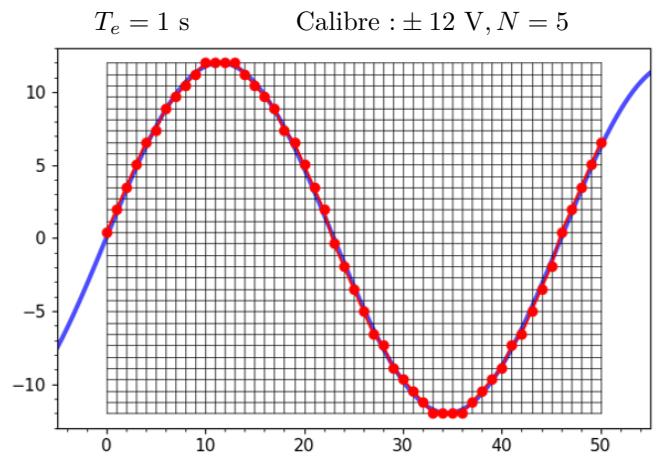
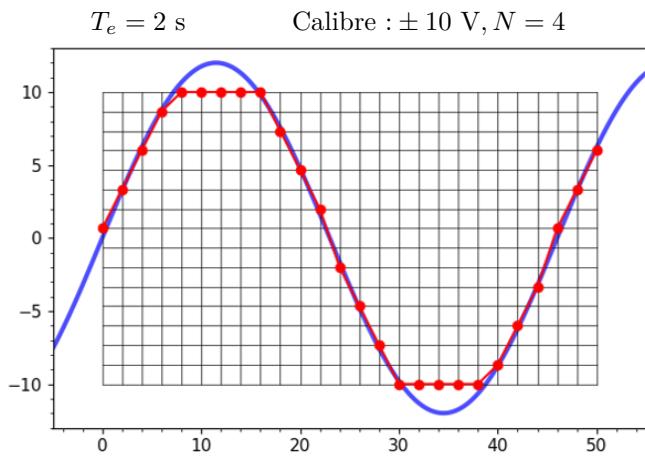
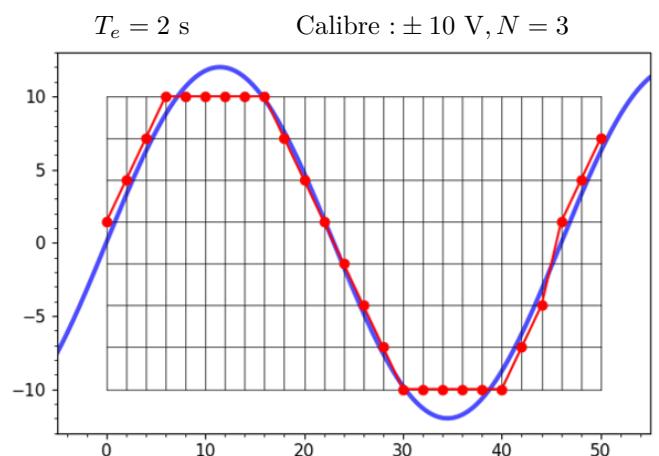
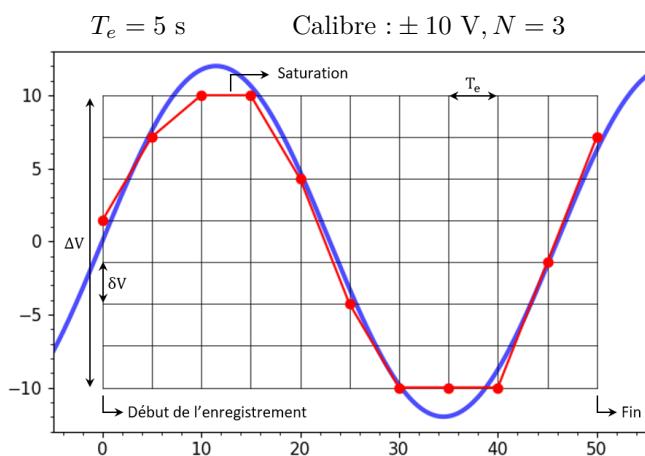
### 1) Généralités

Un appareil numérique ne peut enregistrer les valeurs d'un signal que pour :

- o des valeurs de temps discrètes → c'est le processus d'**échantillonnage** ;
- o des valeurs de tension discrètes → c'est le processus de **quantification**.

Dis autrement, un signal analogique vit dans le plan  $\mathbb{R}^2$  mais son analogue numérique vit sur les noeuds d'une grille à 2 dimension de taille finie.

Exemples :



Nous allons traiter, dans la suite, l'échantillonnage puis la quantification de manière indépendante, sans se soucier de l'autre.

### 2) Fréquence d'échantillonnage

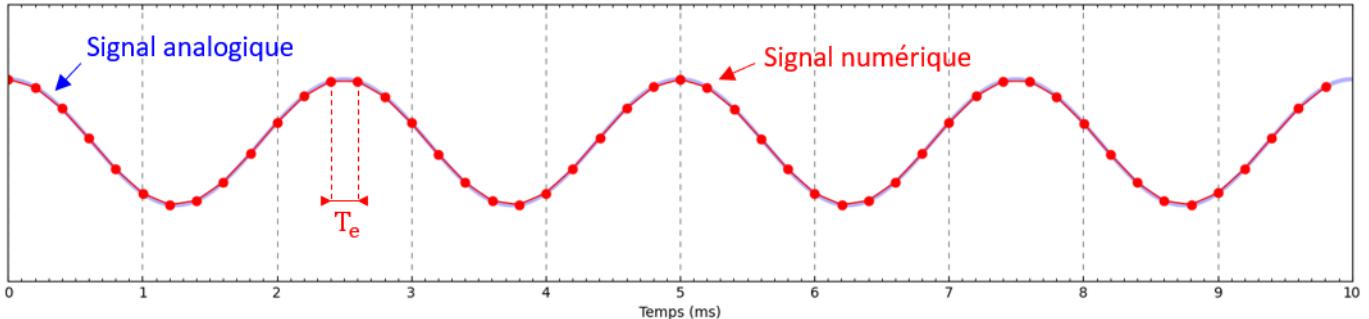
On appelle période d'échantillonnage  $T_e$  le temps entre deux mesures successives de la valeur du signal. La durée totale d'acquisition  $T_{tot}$ , le nombre d'échantillons  $N_e$  et la période d'échantillonnage  $T_e$  sont reliés par :

$$T_e = \frac{T_{tot}}{N_e - 1}$$

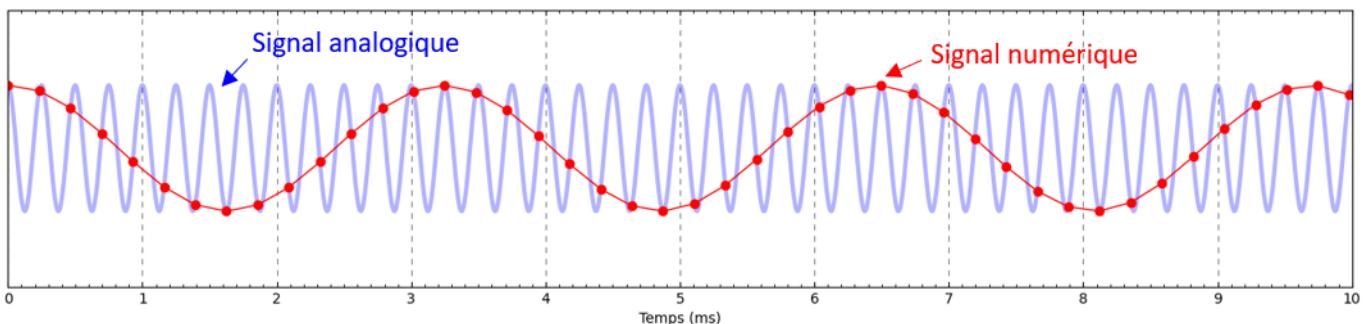
On définit la fréquence d'échantillonnage  $f_e$ , égale au nombre d'échantillons par unité de temps.

$$f_e = \frac{1}{T_e}$$

Nous allons voir qu'afin de ne « pas perdre d'information » lors de la numérisation d'un signal, il faut que la fréquence d'échantillonnage  $f_e$  soit « suffisamment » grande, c'est-à-dire que la période d'échantillonnage  $T_e$  soit suffisamment petite.



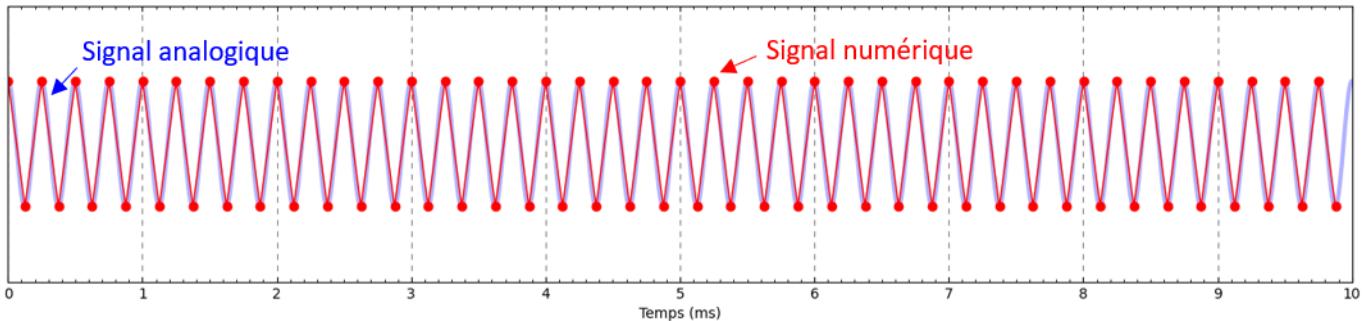
Lorsque ce critère n'est pas respecté, le signal numérisé peut sembler très différent du signal analogique (tant pour l'œil humain que pour un programme informatique).



- ➊ Générer un signal sinusoïdal de fréquence  $f_{\text{signal}} = 1 \text{ kHz}$  et d'amplitude 5 V. Brancher le GBF à la carte d'acquisition SYSAM (voie EA0 et masse). Ouvrir le logiciel LatisPro et choisir les paramètres suivants :  $N_e = 2000$  points,  $T_e = 50 \mu\text{s}$  et  $T_{\text{tot}} = 100 \text{ ms}$ .
- ➋ Appuyer sur Traitement → Calculs spécifiques → Analyse de Fourier. Cette analyse permet de déterminer les fréquences présentent dans un signal. Retrouve-t-on bien la fréquence du signal source ?
- ➌ Cocher la case « Mode permanent ». Augmenter  $f_{\text{signal}}$  et observer en temps réel la fréquence obtenue par l'analyse de Fourier. Déterminer la plus grande fréquence  $f_{\text{signal}}^{\max}$  pouvant être déterminée correctement par l'analyse de Fourier.

## Critère de Shannon

Concrètement, cela signifie qu'il faut au minimum 2 échantillons par période.



- ❖ Expliquer pourquoi les CD sont échantillonnés à 44,1 kHz.
- ❖ La voix humaine est comprise dans une bande de fréquence comprise entre 100 et 3400 Hz. Quelle fréquence d'échantillonnage doit-on choisir pour la téléphonie ?

### 3) Quantification

Lors de la numérisation d'un signal, il faut également choisir le calibre de l'appareil de mesure. Il correspond à l'amplitude maximal que l'appareil de mesure peut mesurer. Par exemple, un calibre 5 V permet uniquement de mesurer des tensions dont la valeur est comprise entre -5 V et +5 V. Toute valeur supérieure à 5 V sera donc arrondie à 5 V.

#### Choix du calibre

---



---



---



---

Cette plage de valeur est ensuite divisée en  $2^N - 1$  intervalles, appelé **pas de quantification**. On dit alors que le signal est codé sur  $N$  bits (Binary digit).

Ainsi, en notant  $\Delta V$  l'intervalle de tension accessible par le calibre choisi, et  $\delta V$  le pas de quantification, on a la relation :

$$\delta V = \frac{\Delta V}{2^N - 1}$$

Exemples :

Support des sons	CD audio	DVD	Téléphonie	Radio
Quantification	16 bits	24 bits	8 bits	8 bits

- ❖ Un chanteur enregistre l'une de ses chansons. La chanson dure 3 minutes et est enregistrée en 16 bits avec une fréquence d'échantillonnage de 16 kHz. Calculer le poids en octet (1 octet = 8 bits) de la chanson numérisée.

#### Étude de la carte d'acquisition SYSAM

- ❖ Réaliser la mesure d'une tension sinusoïdale d'amplitude 3 V. Choisir le calibre  $\pm 1$  V (le calibre peut être choisi en faisant un clic droit sur la voie d'acquisition) et observer la saturation du calibre (ie. le signal prend des valeurs supérieures aux valeurs accessibles par le calibre, cf. illustrations II.1). Déterminer la valeur de  $\Delta V$ .
- ❖ Garder le même calibre  $\pm 1$  V. Réaliser la mesure d'une tension continue égale à 0,8 V. Réaliser l'acquisition durant 10 ms avec 10 000 points. Zoomer et observer la quantification du signal. Déterminer la valeur  $\delta V$ .

Rappel : pour générer un signal continu sur le GBF, sélectionner : ARB → LOAD → BUILT-IN → OTHERS → DC.

- ❖ En déduire le nombre  $N$  de bits de conversion de la carte d'acquisition.