

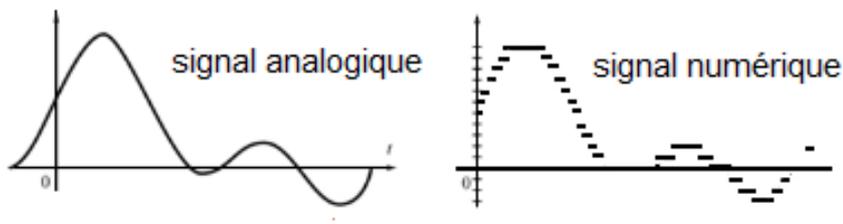
A : Signal analogique ou signal numérique ?

• Un signal est la représentation physique d'une information (*température, pression, absorbance, ...*) qui est transportée, avec ou sans transformation, de la source jusqu'au destinataire ; il en existe 2 catégories :

- Les signaux analogiques
- Les signaux numériques

• Un signal analogique varie de façon continue en fonction du temps : il peut prendre toutes les valeurs de façon continue

• Un signal numérique varie de façon discrète au cours du temps, c'est-à-dire par paliers : il ne peut prendre que certaines valeurs



• Le monde qui nous entoure est décrit par des grandeurs analogiques. L'intensité de la voix, la pression atmosphérique, la température en un lieu donné sont des grandeurs qui varient de manière continue en fonction du temps.

Ces grandeurs sont converties en signaux électriques (*tension électrique, intensité électrique...*) par des capteurs (*microphone, pressiomètre, thermomètre*). Si le signal électrique observé varie de façon continue au cours du temps, il est dit analogique ; s'il varie par paliers, il est dit numérique.

B : Numérisation d'un signal analogique

↳ Pour qu'un signal analogique soit traité par un ordinateur, il doit être numérisé.

La conversion d'un signal analogique en un signal numérique est réalisée par un **Convertisseur Analogique Numérique** ou **CAN**.

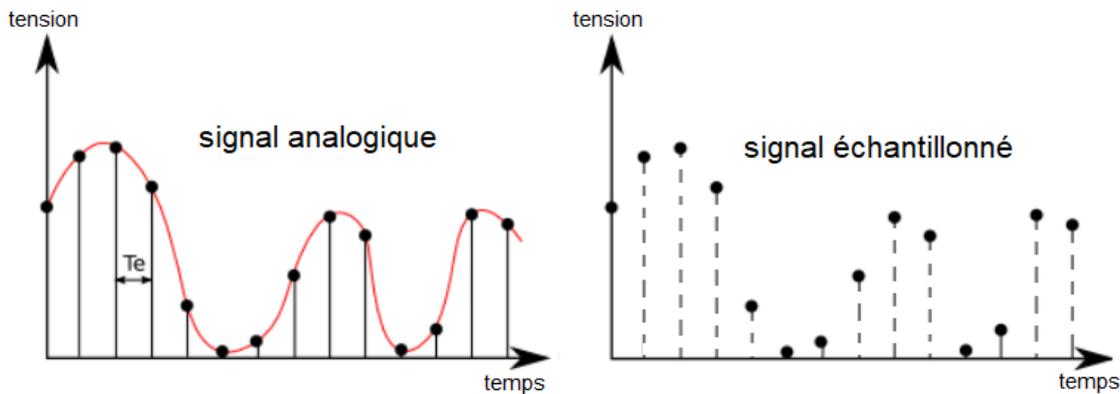
La **numérisation** consiste à transformer les grandeurs continues dans le temps d'un signal analogique en un signal variant par palier en ne gardant que des valeurs à intervalle de temps régulier

La numérisation d'un signal analogique comprend des étapes importantes :

- **l'échantillonnage,**
- **le blocage,**
- **la quantification,**
- **le codage.**

(1) L'échantillonnage : quadrillage de l'axe du temps

- Le CAN prélève à intervalle de temps T_e constant (appelé **période d'échantillonnage**) les valeurs (appelées échantillons) du signal analogique.



- La fréquence de l'échantillonnage** correspond au nombre de mesures effectuées par le CAN par seconde :

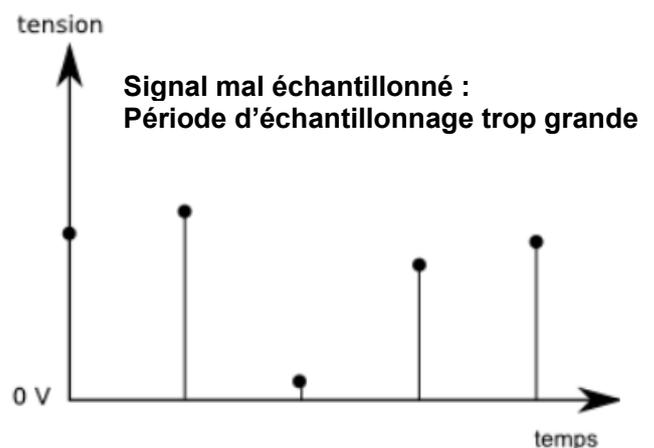
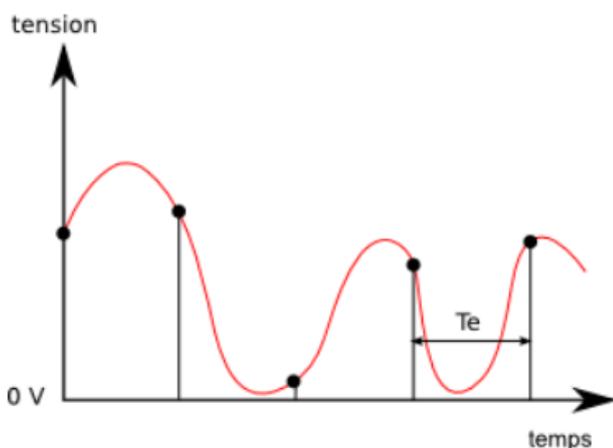
$$\text{On a la relation : } f_e(\text{Hz}) = \frac{1}{T_e(\text{s})}$$

Exemple : Lorsque la fréquence d'échantillonnage est de 1 kHz :

$$T_e = \frac{1}{f_e} = \frac{1}{10^3} = 10^{-3} \text{ s} = 1 \text{ ms, on découpe l'axe de temps toutes les ms}$$

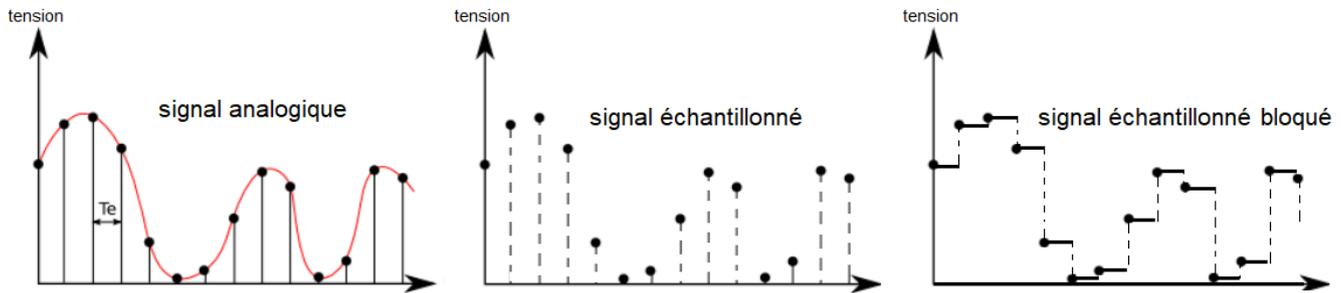
Remarque

Pour que le signal échantillonné soit proche du signal analogique de départ, il faut que le nombre d'échantillons pris soit important, donc que **la période d'échantillonnage T_e soit petite** et que **la fréquence f_e soit importante**



(2) Le blocage

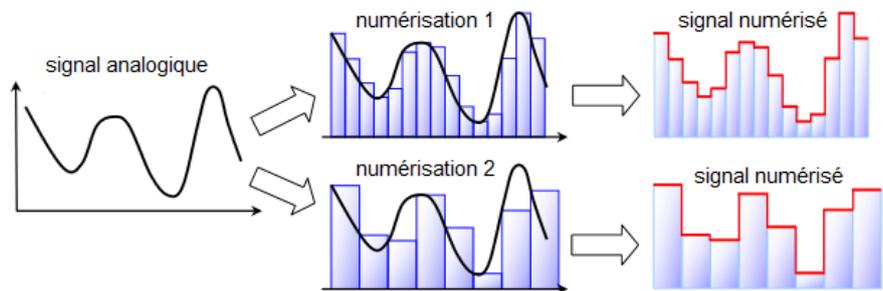
- Le blocage permet de garder constante la tension échantillonnée pendant l'intervalle séparant deux échantillons



Exemple :

Signal analogique échantillonné et bloqué avec 2 périodes (ou fréquences) d'échantillonnage différentes :

La 1^{ère} numérisation a une fréquence d'échantillonnage supérieure à celle de la 2^{ème} numérisation. Elle «épouse» mieux le signal analogique. Le signal numérisé n°1 est donc plus «fidèle» au signal analogique. Il restituera mieux le signal analogique.



↳ La fréquence d'échantillonnage doit être suffisamment grande par rapport à la fréquence du signal lui-même pour pouvoir «suivre» ses variations.

(3) la quantification : quadrillage de l'axe des tensions

- Lors de l'échantillonnage, on découpe l'axe horizontal, en intervalles de temps identiques, intervalles de temps donnés par la période de l'échantillonnage.
- Lors de la quantification, on découpe l'axe vertical, en intervalles de tensions identiques, intervalles de tensions donnés par le « pas » ou « quantum » du CAN

• La plus petite variation de tension analogique que peut repérer un convertisseur est appelée « pas » du convertisseur ou « quantum ». Il dépend du nombre de bits du convertisseur, ainsi que de son calibre. Elle s'exprime en volts :

$$q = \frac{U_{max} - U_{min}}{2^n}$$

Où :

- « $U_{max} - U_{min}$ » représente la plage de données
- « n » représente le nombre de bits du convertisseur

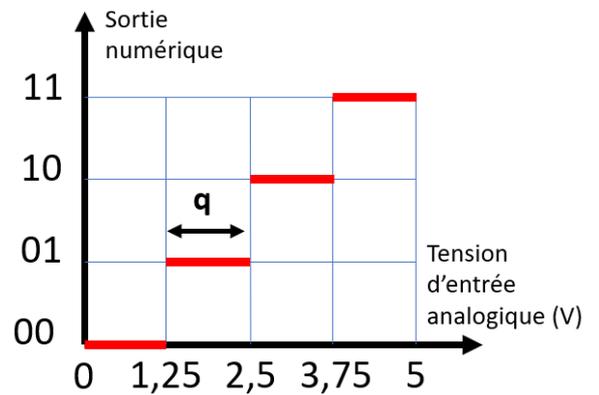
Chaque valeur analogique repérée par le convertisseur est ensuite codée en binaire

• La caractéristique de transfert du CAN est la fonction donnant les valeurs en sortie du CAN en fonction des valeurs en entrée

Exemple : prenons l'exemple d'un CAN à 2 bits utilisé avec le calibre 0-5V

Quantum du convertisseur : $q = \frac{U_{max}-U_{min}}{2^n} = \frac{5}{2^2} = 1,25 V$

↳ le convertisseur peut repérer les tensions à intervalles de 1,25 V



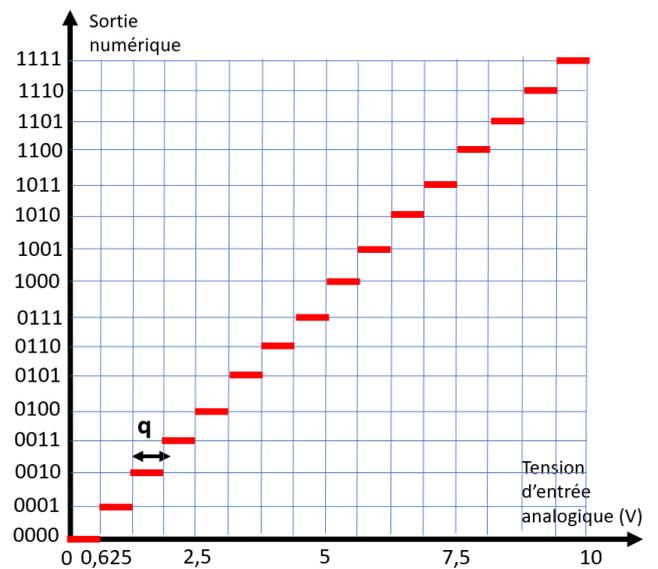
Valeur de la tension	$0 V \leq U < 1,25 V$	$1,25 V \leq U < 2,5 V$	$2,5 V \leq U < 3,75 V$	$3,75 V \leq U \leq 5 V$
Codage binaire	00	01	10	11

Exemple : prenons l'exemple d'un CAN à 4 bits utilisé avec le calibre 0-10V

Quantum du convertisseur :

$q = \frac{U_{max}-U_{min}}{2^n} = \frac{10}{2^4} = 0,625 V$

↳ le convertisseur peut repérer les tensions à intervalles de 0,625 V



Valeur de la tension	$0 V \leq U < 0,625 V$	$0,625 V \leq U < 1,25 V$	$1,25 V \leq U < 1,875 V$
Codage binaire	0000	0001	0010

Applications

EX1/

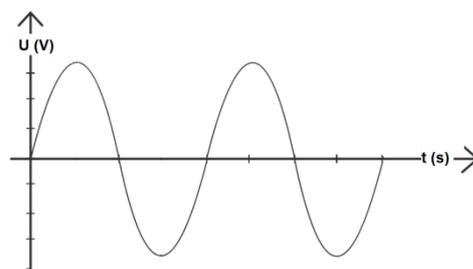
Calculer le quantum des 2 CAN suivants :

- Un CAN 8 bits sur le calibre -5V/+5V
- Un CAN 12 bits sur le calibre 0V/10V

EX2/

Un catalogue propose deux interfaces d'acquisition, dont les fréquences d'échantillonnage sont $f_{e1} = 10$ MHz et $f_{e2} = 100$ kHz. En TP, un élève est amené à enregistrer des ultrasons de fréquence $f = 40$ kHz.

- 1) Calculer la période du signal sonore
- 2) Pour chaque interface, calculer le nombre de mesures effectuées par l'interface pendant 2 périodes du signal sonore.
- 3) Quelle interface d'acquisition faut-il choisir pour numériser convenablement le signal sonore ?



EX3/

Pour l'équipement des salles de chimie du lycée, on a besoin de cartes d'acquisition pouvant mesurer des tensions allant de 0 à 4,5 V à 10 mV près. Le modèle le moins cher trouvé dans le commerce contient un CAN 8 bits de calibre 5 V.

- 1) Déterminer le « pas » ou « quantum » du CAN
- 2) Ce modèle correspondait-il aux spécifications (précision < 10 mV)?
- 3) Avec le même calibre de 5 V, combien le CAN devrait-il au minimum avoir de bits pour que sa précision soit suffisante ?

EX4/

On désire numériser le signal ci-dessous

- 1) La fréquence d'échantillonnage est de 4 kHz ; calculer la période d'échantillonnage

- 2) Le CAN est à 4 bits

2.1. Combien de valeurs différentes est-il capable de prendre ?

2.2. Sur le calibre -2V/2V, calculer le quantum ou pas de résolution du CAN

2.3. Donner les valeurs de tensions pouvant être relevées par le CAN, puis leur associer leur valeur binaire

2.4. Dessiner la caractéristique de transfert du CAN

2.5. Réaliser le quadrillage de l'axe des tensions, puis en déduire le signal numérisé

