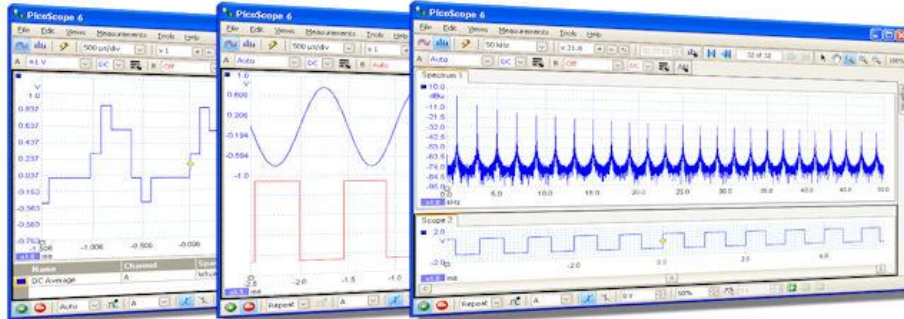


1. Informations et signaux

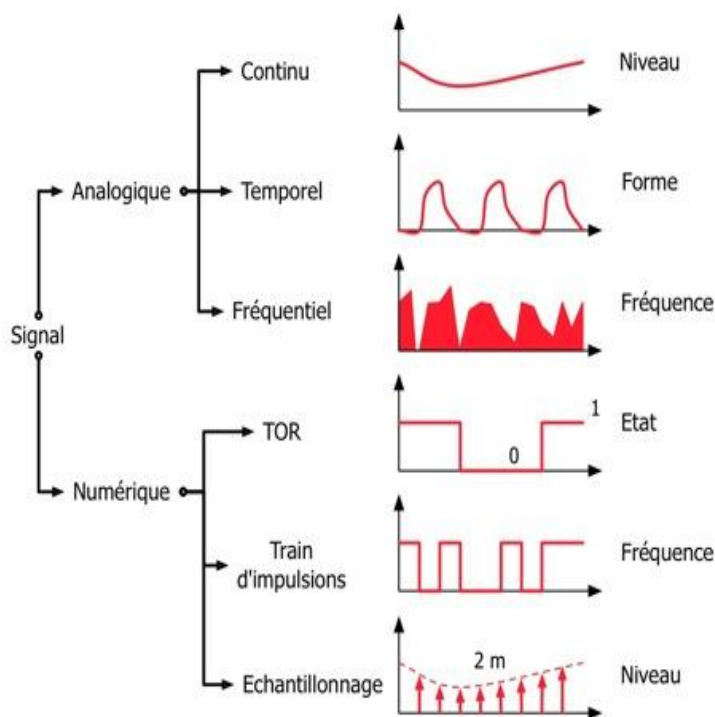


Un signal transmet une information. Une information peut être un son, une image, une vidéo, un texte,....

Un signal est porteur d'une grandeur physique variable contenant l'information à transmettre entre un émetteur et son récepteur

2. Types de signaux

Il existe une multitude de signaux permettant de caractériser des informations de nature différente. Dans ce cours, nous nous limiterons aux signaux électriques.



Continu : signal dont la variation est relativement lente, l'information utile est l'évolution de la grandeur dans le temps : température, débit, niveau...

Temporel : signal caractérisé par sa forme, en général cyclique (périodique) : pression cardiaque, courant alternatif, ...

Fréquentiel : signal dont l'information utile est donnée par le spectre fréquentiel : analyse vocale, sonar, ...

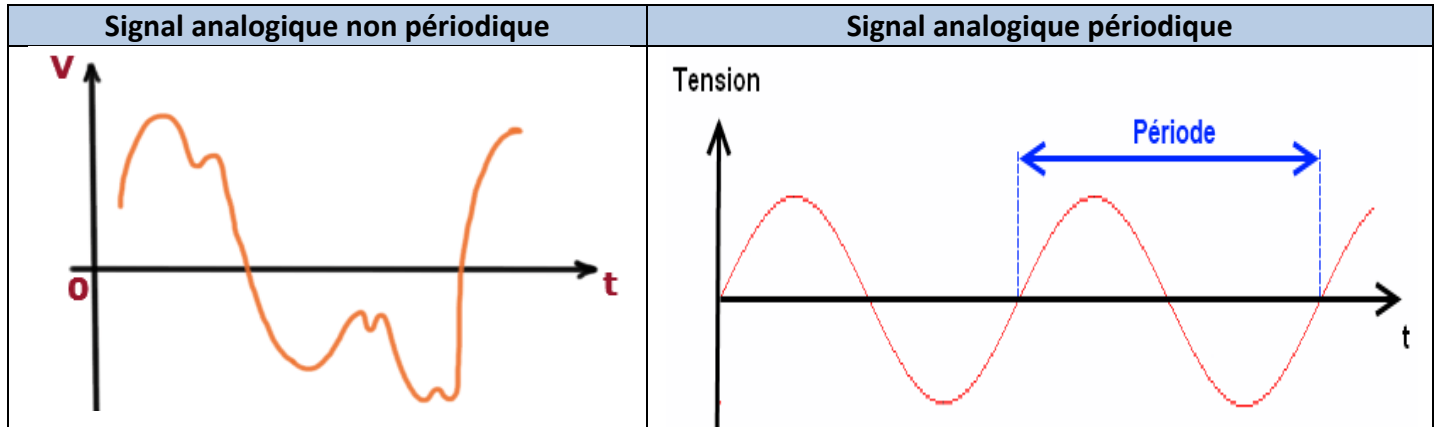
TOR : signal à deux états stables représentant l'état d'un organe : vanne ouverte ou fermée, fin de course activée ou non, ...

Train d'impulsions : Signal ayant deux états stables dont les changements d'états dans le temps constituent l'information utile : codeur incrémental, ...

Echantillonnage : image numérique d'un signal analogique, constitué d'échantillons prélevés à période constante : son ou image numérisés, ...

3. Caractérisation d'un signal analogique

Un signal analogique évolue de façon continue en fonction du temps. Il peut-être périodique ou non périodique:



Caractérisation d'un signal analogique périodique

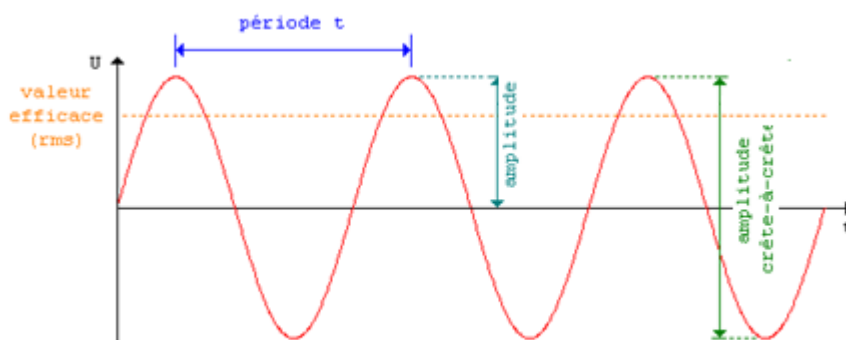
- **La période (t)**

La période représente la durée d'une variation, en secondes (s).

- **La fréquence (f)**

La fréquence correspond au nombre d'oscillations d'un phénomène périodique par unité de temps ($f = 1/t$), en hertz (Hz).

Exemple → Signal sinusoïdal



- L'amplitude est l'écart maximal par rapport à la valeur moyenne du signal
- La valeur efficace (ou rms: root mean square) correspond à la valeur de la tension continue qui produirait le même effet

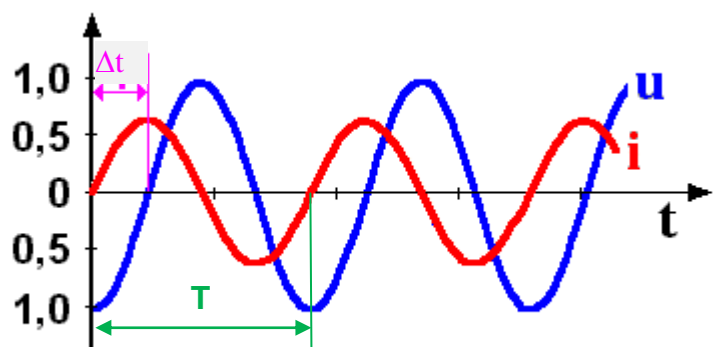
$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$

- **Le déphasage**

Le déphasage φ correspond au décalage temporel entre deux signaux de même période.

Pour faciliter son analyse, on convertit cette durée de décalage en angle en considérant que la période correspond à 1 tour :

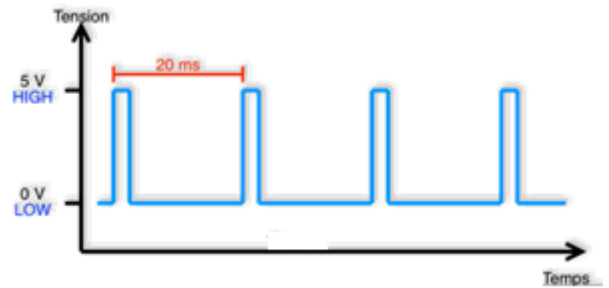
- en radians : $\varphi = \frac{\Delta t \times 2\pi}{T}$;
- en degrés : $\varphi = \frac{\Delta t \times 360}{T}$.



4. Caractérisation d'un signal numérique

On distingue deux niveaux :

- niveau haut : H (*High*), NL1, 1 ;
- niveau bas : L (*Low*), NLO, 0.

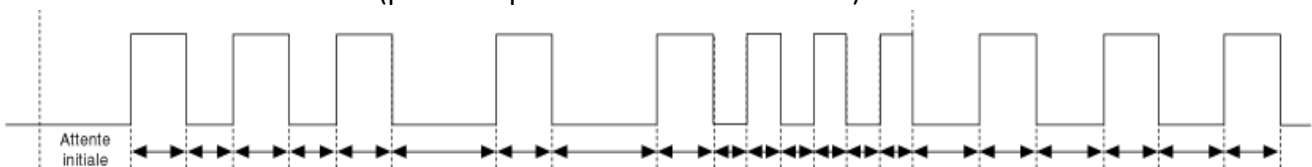


- **Le chronogramme**

Le chronogramme est un diagramme utilisé pour représenter les signaux en fonction du temps.

- **Le train d'impulsions**

Le train d'impulsions est un signal ayant deux états stables dont les changements d'états dans le temps constituent l'information utile (par exemple un codeur incrémental).



- **La modulation par largeur d'impulsion (MLI) ou Pulse Width Modulation (PWM)**

L'information utile est le temps au niveau haut par rapport à la période. L'information est caractérisée par le rapport cyclique.

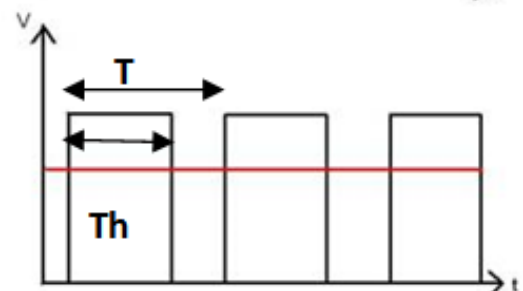
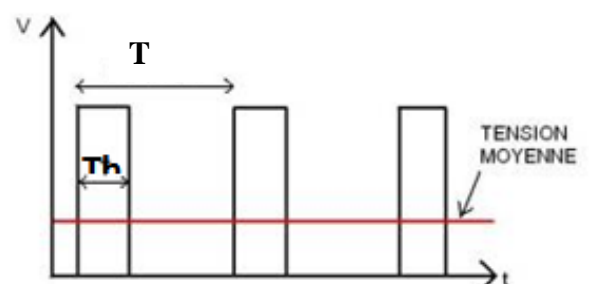
Le rapport cyclique correspond au ratio entre la durée du phénomène sur une période et la durée de cette même période.

$$\alpha = \frac{T_h}{T}$$

Il est compris entre 0 et 1 mais est souvent exprimé en pourcentage (si $\alpha=0.2$ alors $\alpha=20\%$)

Exemples d'utilisation :

Pilotage des servomoteurs analogiques,
Pilotage de la vitesse des moteurs à courant continu pour lesquels, à partir de la tension moyenne souhaitée, on sera amené à calculer le rapport cyclique :



$$U_{\text{moyenne}} = U_{\text{Max}} \times \alpha + U_{\text{min}} \times (1 - \alpha)$$

5. La conversion analogique-numérique

Une information peut être un son, une image, une vidéo, un texte...

L'information que l'on désire transmettre doit être adaptée au mode de fonctionnement des éléments utilisés (ordinateur, carte électronique...). Il faut donc coder les informations sous forme de signaux numériques (suites de « 0 » et de « 1 »).

L'objectif de la numérisation est de transformer un signal analogique en un signal numérique contenant une quantité finie de valeurs.

Le passage de l'analogique au numérique comprend deux étapes :

- l'échantillonnage (le fait de prélever la valeur d'un signal à intervalles de temps réguliers)
- la conversion analogique-numérique (CAN).

Le nombre d'échantillons composant le signal numérique devra être suffisamment grand pour pouvoir représenter le signal analogique de départ, mais pas trop grand non plus pour que le signal numérique ne soit pas trop volumineux.

5.1 Le bit

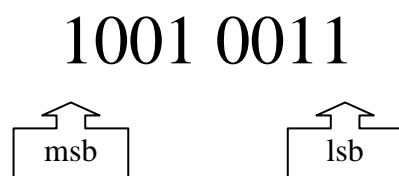
Le terme bit (b avec une minuscule dans les notations) signifie « *binary digit* », c'est-à-dire 0 ou 1 en numérotation binaire. Il s'agit de la plus petite unité d'information manipulable par une machine numérique.

Dans un nombre binaire, la valeur d'un bit, appelée poids, dépend de la position du bit en partant de la droite. À la manière des dizaines, des centaines et des milliers pour un nombre décimal, le poids d'un bit croît d'une puissance de deux en allant de la droite vers la gauche.

Le bit de poids faible (en anglais *least significant bit*, ou **lsb**) est, dans le nombre binaire, le bit le plus à droite. Le bit de poids fort est celui le plus à gauche (en anglais *most significant bit*, ou **msb**).

Exemple:

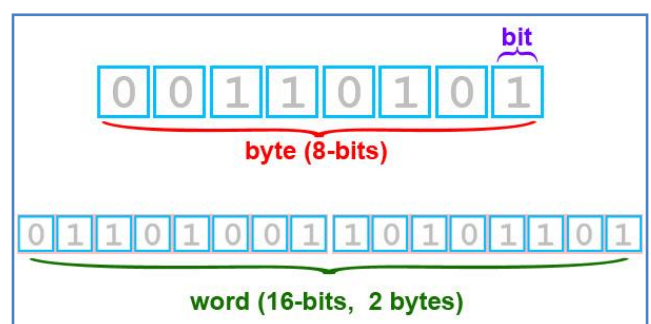
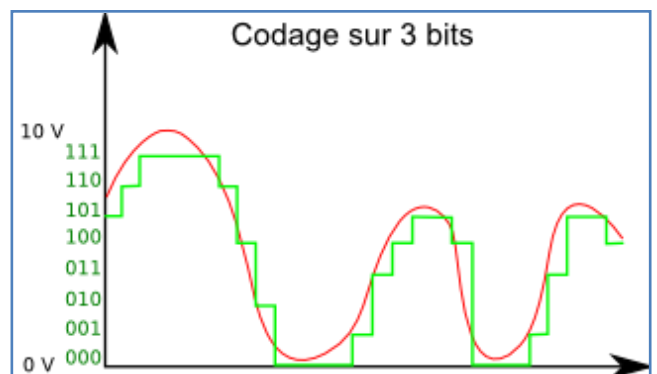
Pour un simple nombre en représentation binaire conventionnelle :



5.2 L'octet

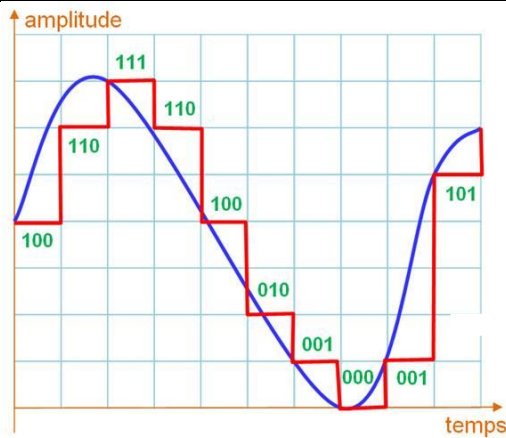
L'octet (en anglais *Byte* ou B avec une majuscule dans les notations) est une unité d'information composée de 8 bits.

Pour un octet, le plus petit nombre est 0 (représenté par huit zéros : 00000000), et le plus grand est 255 (représenté par huit chiffres « un » : 11111111), ce qui représente 256 ($= 2^8$) possibilités de valeurs différentes.



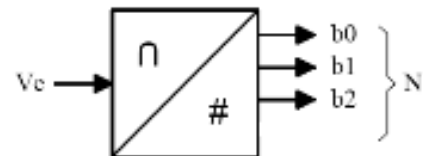
5.3 Le convertisseur analogique-numérique (CAN)

Un convertisseur analogique – numérique (CAN) est un dispositif électronique permettant la conversion d'un signal analogique en un signal numérique.

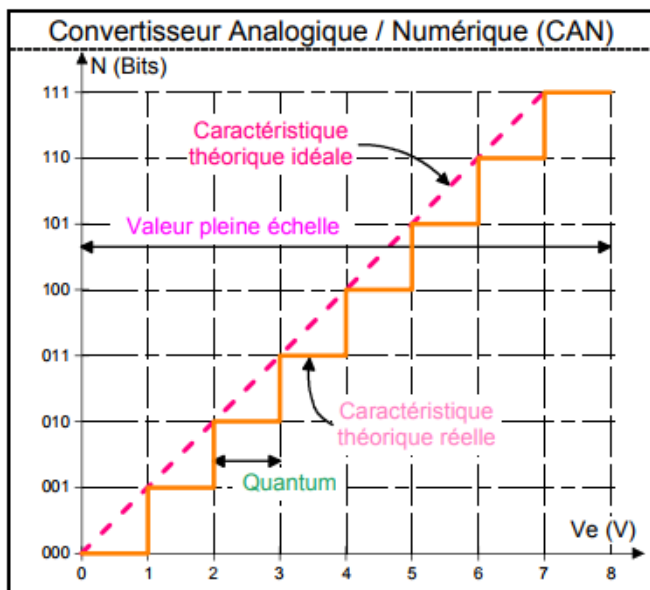


Codage sur 3 bits d'un signal sinusoïdal.

Symbole d'un CAN



Sur la gauche se trouve la tension d'entrée V_e , c'est une grandeur analogique (elle peut varier de façon continue entre une valeur minimale et une valeur maximale). Sur la droite, se trouve le mot numérique codé, dans cet exemple, sur 3 bits.



La **résolution** est la plus petite variation du signal analogique d'entrée qui provoque un changement d'une unité sur le signal numérique de sortie. Elle est liée au quantum. La résolution est définie en % de l'amplitude maximale du signal analogique.

Le **quantum** (q) est la variation minimale de la tension d'entrée qui garantit une variation d'une unité de la donnée numérique de sortie. Le quantum s'exprime dans l'unité de la grandeur analogique d'entrée

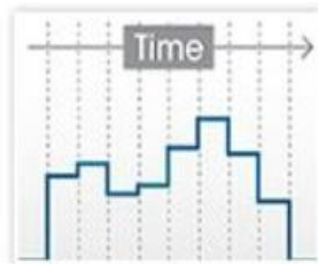
$$q = \frac{V_{\text{Max}} - V_{\text{min}}}{2^n}$$

q le quantum du convertisseur (en V),
 V_{ref} la valeur maximale de la tension d'entrée (en V)
 n le nombre de bits du convertisseur.

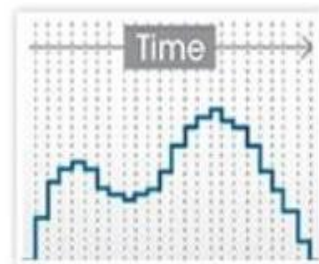
Plus le quantum est petit et plus le signal numérisé est fidèle au signal analogique de départ.



[original]



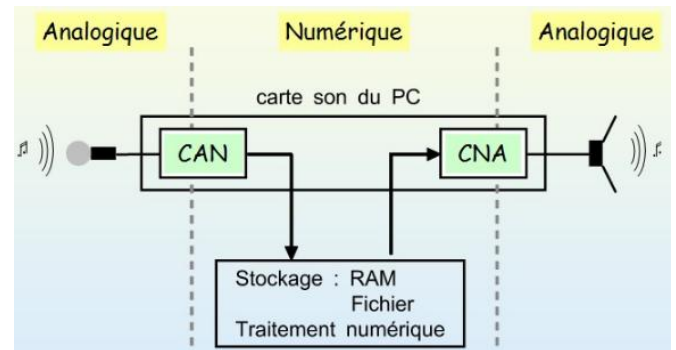
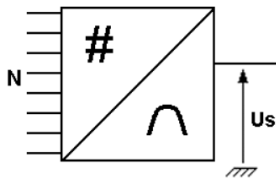
[24bit]



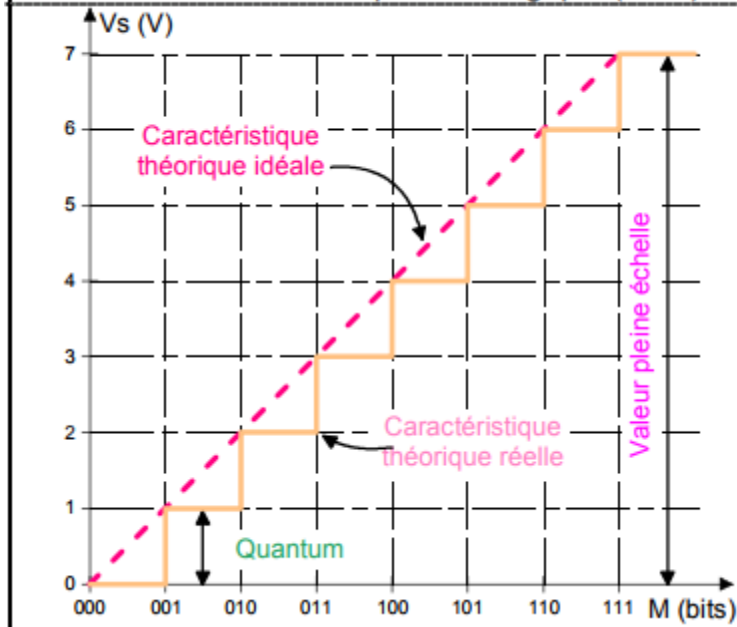
[32bit]

5.4 Le convertisseur numérique-analogique (CNA)

Un convertisseur numérique-analogique est un composant électronique dont la fonction est de transformer une valeur numérique (codée sur plusieurs bits) en une valeur analogique proportionnelle à la valeur numérique codée. Le plus souvent, la valeur codée sera une tension électrique.



Convertisseur Numérique / Analogique (CNA)



La résolution est la plus petite variation qui se répercute sur la sortie analogique à la suite d'un changement d'une unité sur le signal numérique d'entrée. Elle est liée au quantum. Elle s'exprime en pourcentage de la valeur pleine échelle du signal analogique de sortie.

Le quantum d'un CNA est:

$$q = \frac{V_{ref}}{(2^n - 1)}$$

5. Exercices CAN / CNA

Q1: Calculer le quantum pour les convertisseurs suivants:

CAN

$$q = \frac{8}{3} = 1V$$

CNA

$$q = \frac{7}{2^3 - 1} = 1V$$

Q2: Quelle est la valeur du quantum d'un CAN 3 bits, avec une tension pleine échelle de 32V?

Q3: Quelle est la valeur du quantum d'un convertisseur 8 bits avec $U_{ref} = 5V$?