

Conversion numérique-analogique et analogique-numérique.

1. Définitions

1.1. Signal analogique.

Un signal analogique est un signal dont la valeur évolue continûment en fonction d'une variable continue.

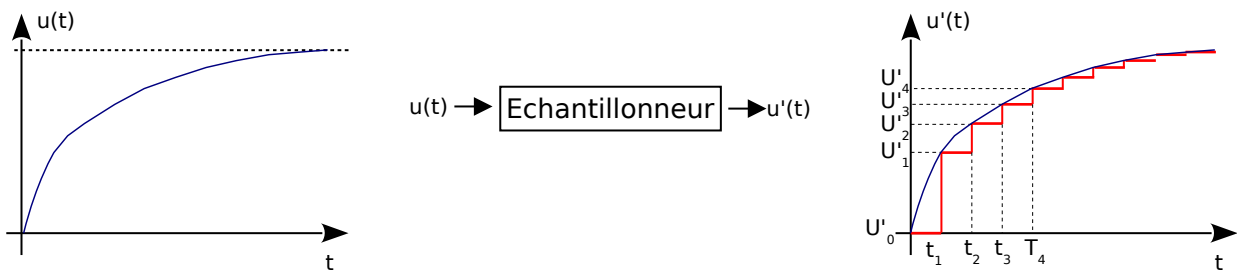
- Ex.:
- La tension aux bornes d'un condensateur en charge.
 - La température est une grandeur qui évolue continûment au cours du temps.
 - Le son musical...

1.2. Signal numérique.

Un signal numérique est un signal discontinu représenté par une suite de nombres (mots binaires).

- Ex.:
- Une tension $u(t)$ variable mesurée à intervalles de temps réguliers fournit une suite de nombres qui constitue un signal numérique.

1.3. Échantillonnage d'un signal analogique.



L'échantillonnage consiste à prélever périodiquement la valeur d'une grandeur analogique :

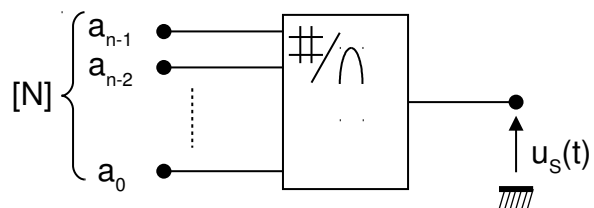
La suite de valeurs : u'_0, u'_1, u'_2, \dots est un signal numérique.

Les signaux numériques peuvent être codés (par exemple en binaire) et ainsi être mémorisés, traités mathématiquement grâce aux ordinateurs.

2. Convertisseur numérique-analogique (CNA ou DAC).

2.1. Présentation :

Symbole d'un CNA :

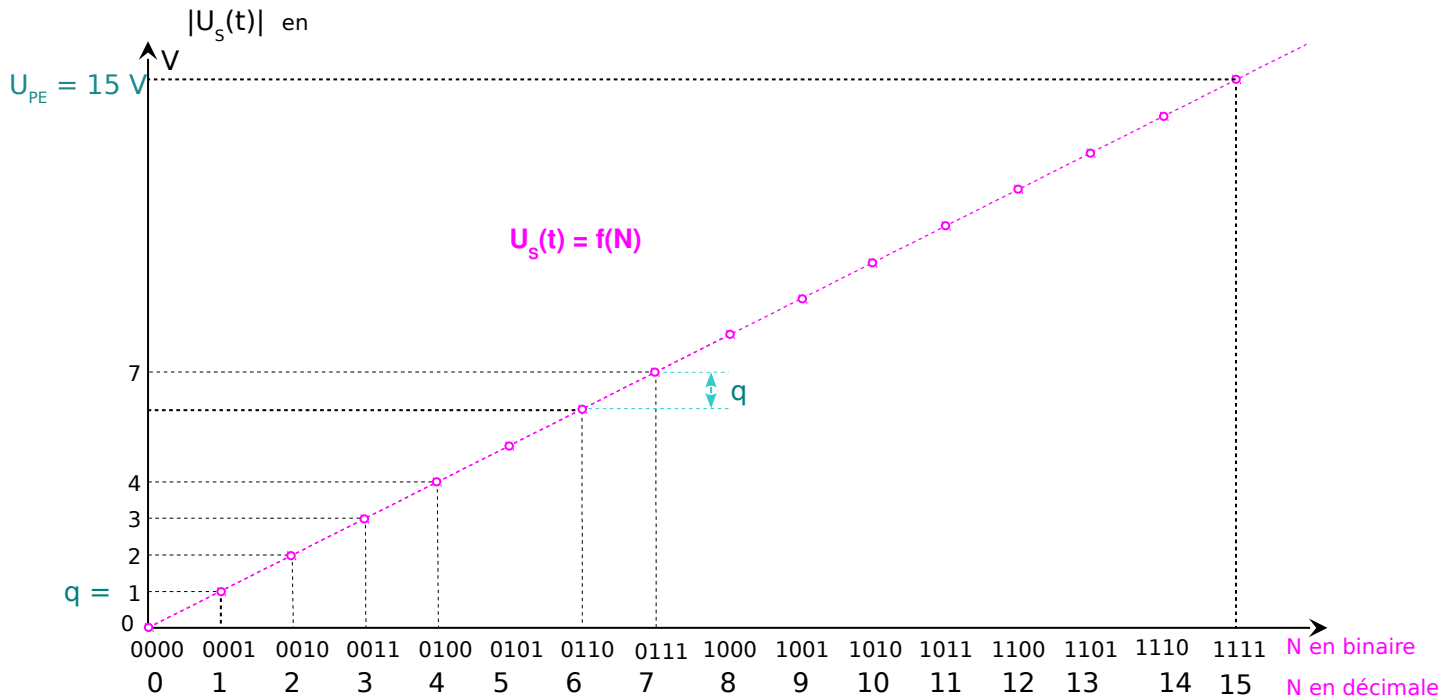


Un CNA est un dispositif qui transforme une information numérique en un signal analogique. L'information analogique peut être un courant ou une tension. L'information numérique se présente sous la forme d'un mot de N bits (8, 10, 12, 14, 16 bits en général).

Une conversion consiste à attribuer au nombre binaire, variant de 0 à 2^{N-1} et dont la variation la plus faible possible est le LSB (Last Significant Bit), une valeur analogique variant, en général de 0 à une valeur maximale appelée valeur pleine échelle (full scale). Bien évidemment, le nombre binaire maximum correspond à la valeur pleine échelle. Le LSB correspond à une valeur analogique appelée le quantum qui définit la plus petite variation analogique possible. De manière générale, la valeur de sortie (par exemple dans le cas d'une tension) est $V_s = n.q$ ou n représente le nombre binaire.

Un CNA est défini par sa résolution N (par exemple 12 bits); connaissant la sortie pleine échelle (10V par exemple) on peut alors calculer le quantum ($q = 10/(2^{N-1})$ dans notre exemple).

2.2. Caractéristique de transfert : $u_s = f(N)$



2.2.1. Exploitation de la courbe

→ Quel est le plus petit écart possible entre deux valeurs de u_s ?

Le plus petit écart possible est de 1 V. Cet écart de tension s'appelle le **quantum "q"** ou **résolution analogique**

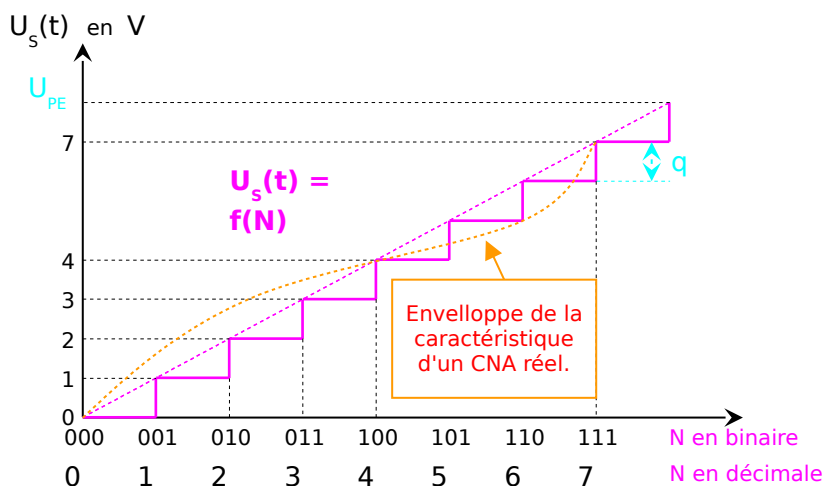
→ Quelle est la valeur maximale que peut prendre la tension u_s ?

La valeur maximale de u_s est 15 V. Cette tension est appelée "**pleine échelle**".

→ Quel est le nombre de combinaisons possibles sur un nombre binaire de quatre bits ?

Il y a : $2^4 = 16$ combinaisons possibles sur un nombre binaire de quatre bits.

L'inverse de ce nombre est appelé **résolution numérique** : dans notre cas $r = 0,0625$.



"q" est appelé quantum ou résolution analogique. "q" s'exprime en Volt et représente u_s pour $N = 1$.

" U_{PE} " est la tension "pleine échelle", c'est la valeur maximale que peut prendre la tension u_s .

On appelle résolution numérique R, l'inverse du nombre de combinaisons possibles sur le nombre binaire d'entrée. Ici, $R = 1 / 2^3 = 1 / 8$.

En réalité les CNA peuvent présenter des défauts. Leurs caractéristiques de transfert s'éloignent parfois de la caractéristique "idéal".

Les erreurs peuvent être de plusieurs types :

- Erreur de quantification
- Erreur d'offset
- Erreur de gain
- Erreur de linéarité (différentielle ou intégrale)

(voir le poly sur les différents type d'erreurs...)

2.3. Caractéristiques d'un C.N.A. idéal :

	DEFINITION	NOTATION	EXEMPLE
ENTREE	Nombre d'éléments binaires	n	$n = 8$
	Nombre de points (pleine échelle)	$N_{PE} = 2^n$	$N_{PE} = 256$
	Nombre maximum à l'entrée du C.N.A.	$N_{max} = N_{PE} - 1$	$N_{max} = 255$
	Résolution numérique	$R = 1 / N_{PE} = 2^{-n}$	$R = 1 / 256$
SORTE	Tension pleine échelle	U_{PE}	$U_{PE} = 10 \text{ V}$
	Résolution ou quantum	$q = U_{PE} / (2^n - 1)$	$q = 39,2 \text{ mV}$
	Tension maximum à la sortie du C.N.A.	$U_{max} = q N_{max}$	$U_{max} = 10 \text{ V}$
	Tension quelconque	$U = q N$	$N = 128 \rightarrow U = 5 \text{ V}$

Rmq : En sortie du C.N.A. on a un signal $u_s(t)$ discontinu. En plaçant un filtre passe-bas en sortie du C.N.A. on obtient un signal analogique lissé.

2.4. Grandeurs caractéristiques d'un CNA réel

Caractéristique idéale : c'est une droite passant par les points (00...0,0) et (11...1, pleine échelle) sur le graphe donnant la valeur analogique de sortie pour une valeur numérique d'entrée. Cette droite est en réalité représentée par des paliers successifs qui représentent les valeurs discrètes possibles pour la grandeur de sortie (car on a un nombre fini de valeurs possibles pour l'entrée).

En fait la caractéristique réelle d'un convertisseur s'éloigne de la caractéristique idéale; ces écarts sont précisés par le constructeur sous la forme d'un certain nombre de caractéristiques et on trouve :

→ Résolution : peut être définie comme la plus petite variation de la grandeur de sortie décelable ou encore comme le nombre de bits du convertisseur.

→ Précision (accuracy) : c'est celle l'écart maximum entre la caractéristique réelle du convertisseur et, celle, idéale, dont les deux points extrêmes sont l'origine (00...0, 0) et la valeur pleine échelle. En effet, si les deux points extrêmes sont confondus, les autres points ne le sont pas obligatoirement. La valeur maximum du décalage est la précision exprimée en pourcentage de la pleine échelle, en tension ou en LSB. La précision se nomme encore non linéarité absolue.

→ Non linéarité différentielle : pour un convertisseur idéal, deux transitions successives produisent une variation de la grandeur de sortie de $V_{ref}/2$ alors qu'en réalité cet écart peut être plus petit ou plus grand. La plus grande différence entre ces deux écarts est la non linéarité différentielle (en LSB en général).

→ Temps d'établissement (settling time) : c'est le temps mis par la grandeur de sortie pour passer de 0 à la valeur pleine échelle quand l'entrée passe de 00...0 à 11...1. C'est le temps de conversion maximum.

2.5. Les différents CNA

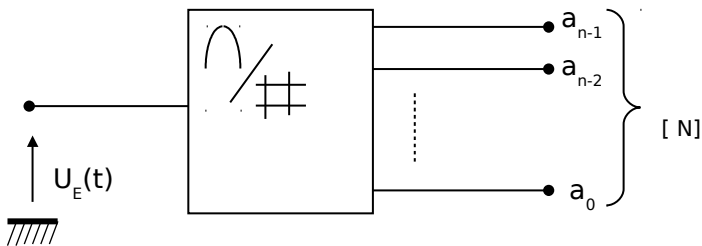
- Convertisseurs à résistances pondérées;
- Convertisseur en échelle : réseau R-2R.

2.6. Étude de documentations constructeurs

3. Convertisseur analogique-numérique

3.1. Généralités.

a- Symbole :



b- Définition :

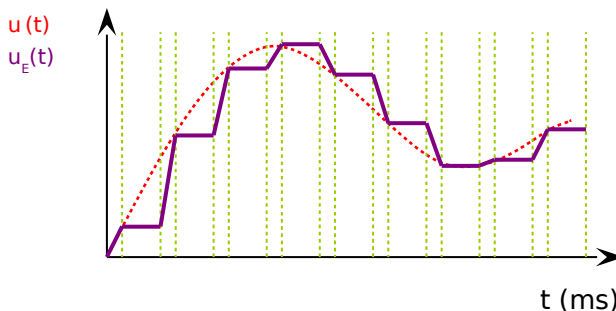
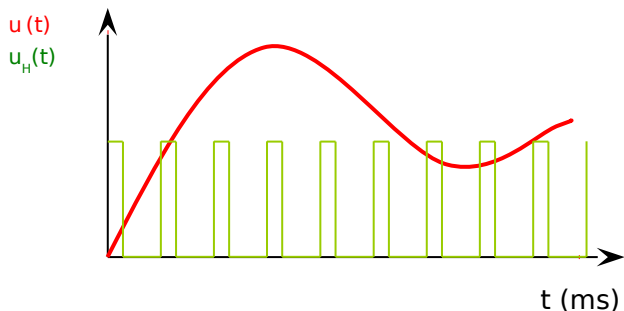
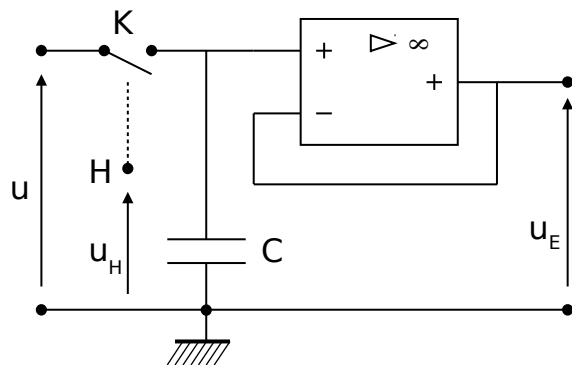
Convertisseur analogique-numérique : **dispositif électronique qui transforme une grandeur analogique d'entrée (u_E) en un nombre binaire N de sortie, proportionnel à u_E .**

3.2. Acquisition d'une grandeur analogique,

La conversion analogique-numérique n'est pas instantanée. Pendant la conversion il faut maintenir constante la tension à convertir. Pour cela on échantillonne et on mémorise celle-ci à intervalles de temps réguliers. On utilise un échantillonneur-bloqueur.

principe de l'échantillonneur-bloqueur :

K est un interrupteur commandé par la tension $u_H(t)$.
 La période du signal $u_H(t)$ est la période d'échantillonnage.
 - u_H est à l'état haut K est fermé et le condensateur se charge jusqu'à la valeur de u .
 - u_H est à l'état bas K est ouvert et le condensateur maintient une tension constante à l'entrée de l'A.O..

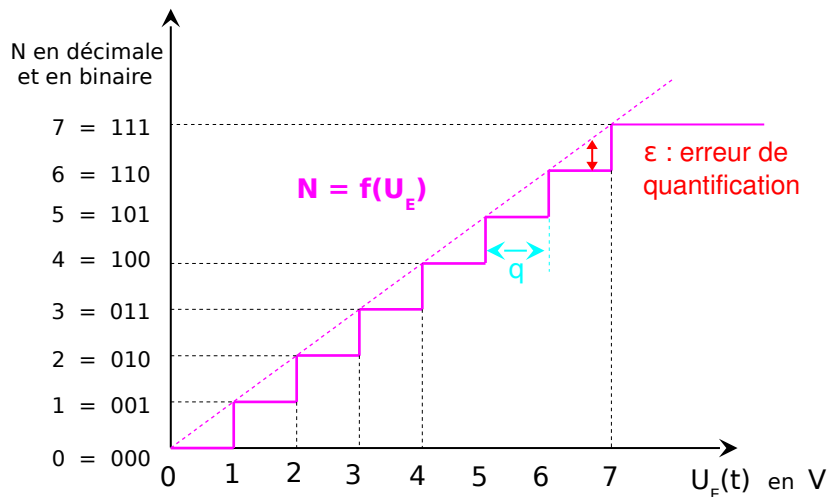


3.3. Caractéristiques des C.A.N.

Les caractéristiques d'un C.A.N. idéal, sont les mêmes que celles d'un C.N.A. (voir tableau, dans lequel il suffit d'inverser entrées et sorties)

3.4. Les différents CAN

- CAN simple (ou double) rampe;
- CAN par approximations successive;
- Convertisseur à rampe numérique;
- Convertisseur flash.



3.5. Étude de documentations constructeurs