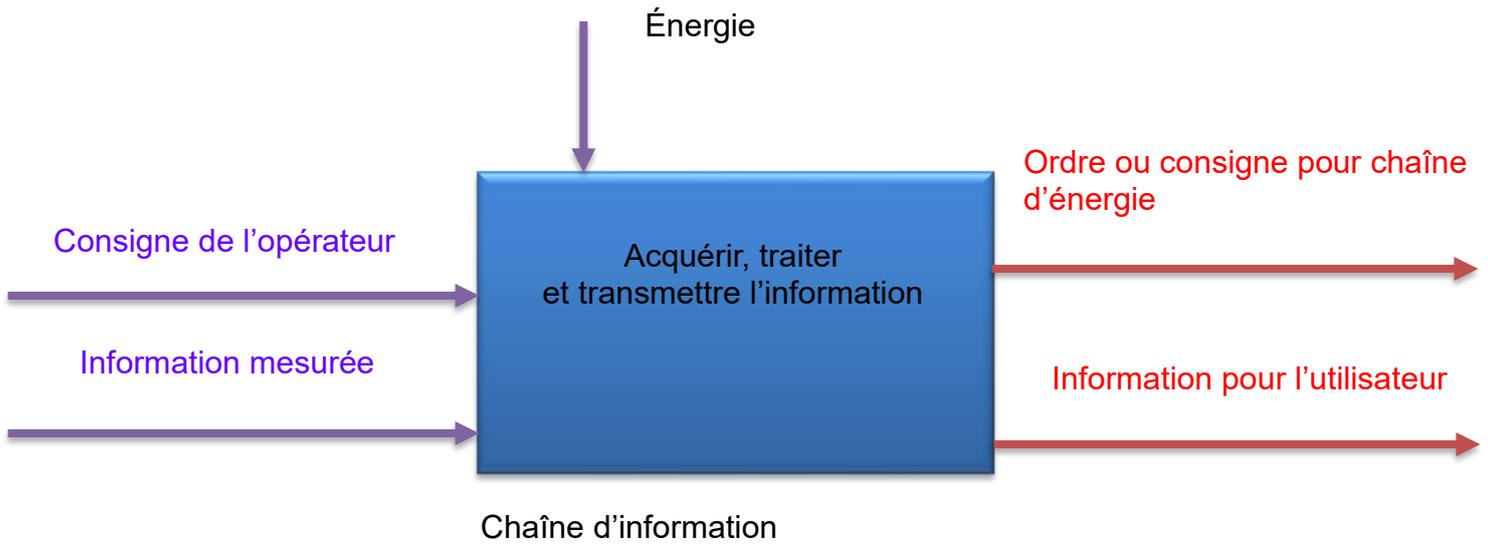


Cours SIN

Les convertisseurs

1. Rappel (structure générale d'une chaîne d'information)

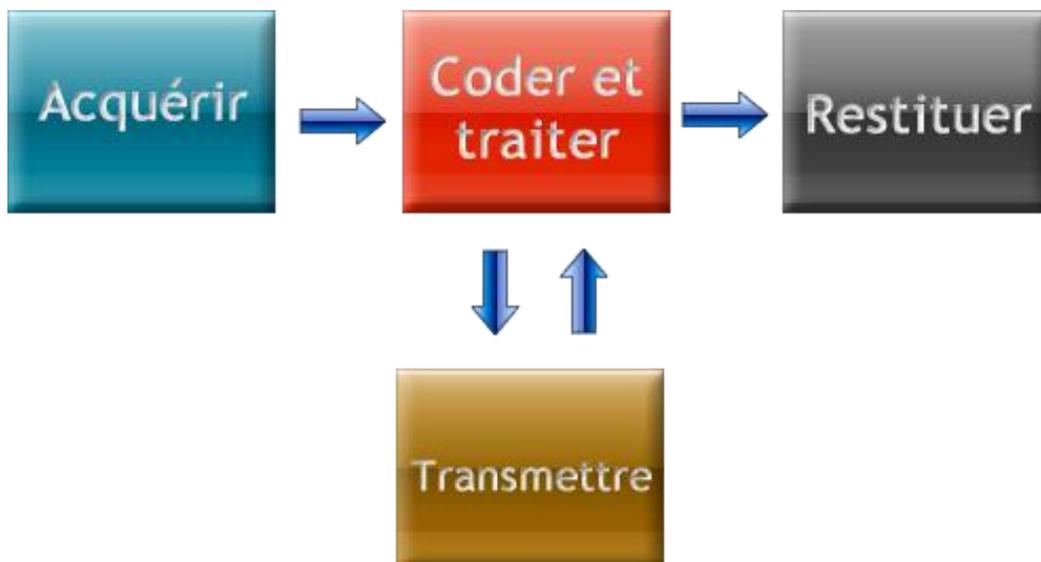
Analyse globale



L'information mesurée est prise sur la partie opérative, la matière d'œuvre.
La consigne provient d'un pupitre (pédale d'accélérateur pour une voiture)
L'information apparaît sur le pupitre (tableau bord pour la voiture)

2. ANALYSE DÉTAILLÉE

On peut découper cette chaîne en plusieurs blocs fonctionnels.



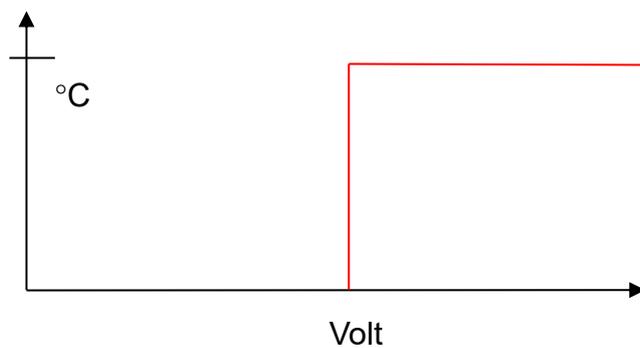
3. Caractéristique d'un signal

Il existe trois familles :

- Logiques ou détecteur,
- Analogique,
- Numérique.

a) Signal logique

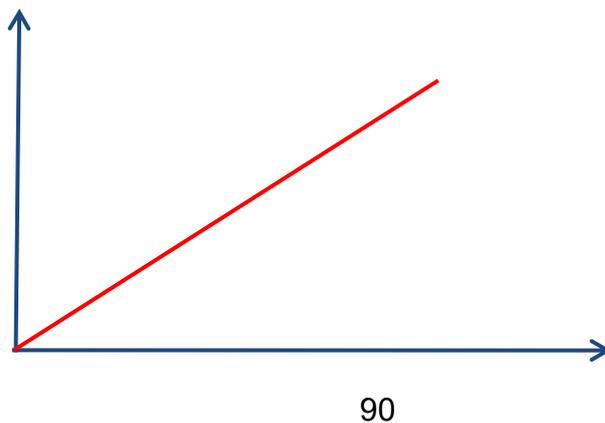
On ne peut qu'avoir que deux états en sortie.



Signal de sortie

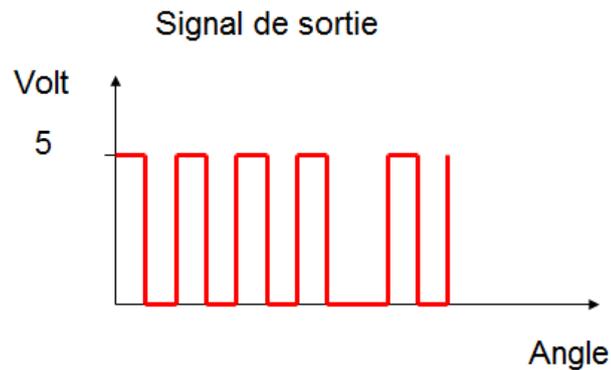
b) Signal analogique

Le signal de sortie évolue proportionnellement à la grandeur d'entrée.



c) Signal numérique

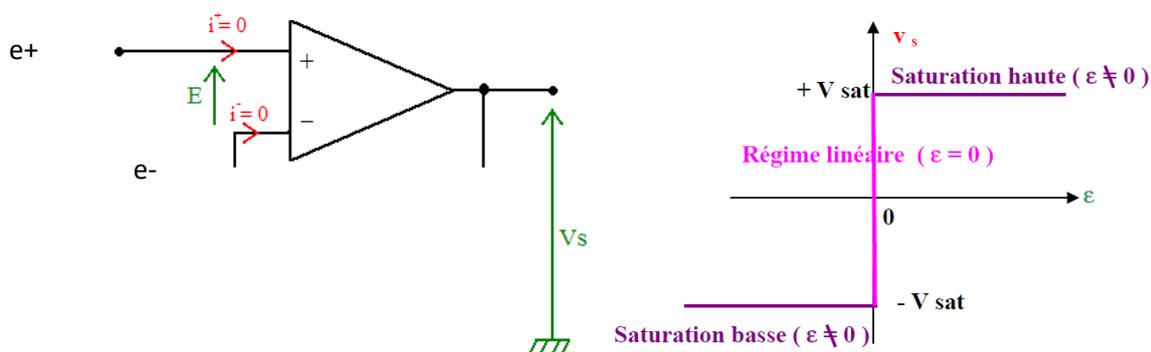
Le signal de sortie est numérique



4. Electronique

a) L' ampli OP

Un amplificateur opérationnel (aussi dénommé ampli-op ou ampli op, AO, AOP, ALI ou ALL) est un amplificateur différentiel : c'est un amplificateur électronique qui amplifie une différence de potentiel électrique présente à ses entrées. Il a été initialement conçu pour effectuer des opérations mathématiques dans les calculateurs analogiques . il permettait de modéliser les opérations mathématiques de base comme l'addition, la soustraction, l'intégration, la dérivation et d'autres. Par la suite, l'amplificateur opérationnel est utilisé dans bien d'autres applications comme la commande de moteurs, la régulation de tension, les sources de courants ou encore les oscillateurs.



Il dispose typiquement de deux entrées, deux broches d'alimentation et une sortie. L'entrée notée e_+ est dite non-inverseuse tandis que l'entrée e_- est dite inverseuse, ceci en raison de leur rôle respectif dans les relations entrée/sortie de l'amplificateur. La différence de potentiel entre ces deux entrées est appelée tension différentielle d'entrée.

5. Présentation

Dans une chaîne d'information, les éléments reliés entre eux, non pas tout le temps les mêmes caractéristiques. On peut avoir un élément qui transmet un signal analogique et l'autre qui ne peut recevoir qu'un signal numérique. Donc pour cela nous avons besoin d'une interface qui convertit ce signal.

On peut trouver deux types de convertisseurs :

- Les convertisseurs analogiques numériques (CAN)
- Les convertisseurs numériques analogiques (CNA)

Un convertisseur est caractérisé par sa résolution. C'est la plus petite tension mesurable par un convertisseur. Elle est définie par le quantum (q)

- Pour un CAN $q = \frac{V_{ref}}{2^n}$ n est le nombre de bits
- Pour un CNA $q = \frac{V_{ref}}{2^{n-1}}$ n est le nombre de bits

Vref est la tension de référence ou la valeur max moins la valeur min

6. Les convertisseurs analogiques numériques (CAN)

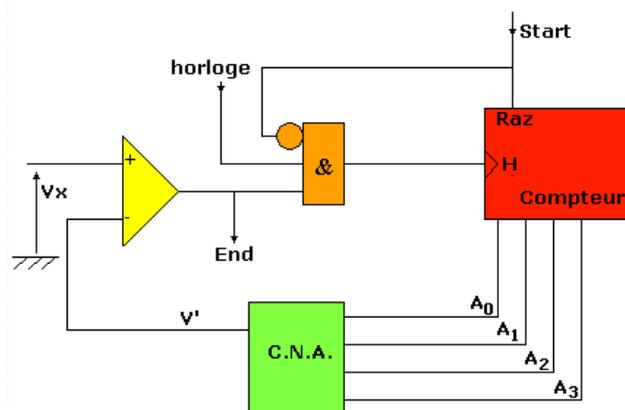
Un convertisseur analogique-numérique, CAN, de A/N pour Analogique vers Numérique, ou en anglais (en)A/D (Analog to Digital), est un montage électronique dont la fonction est de créer à partir d'une valeur analogique, une valeur numérique (codée sur plusieurs bits), proportionnelle à la valeur analogique entrée. Le plus souvent il s'agira de tensions électriques.

Il existe plusieurs solutions pour convertir un signal analogique en signal numérique :

- Simple rampe
- double rampe
- approximations successives
- parallèle

a) Simple rampe

On réalise au moyen d'un compteur et d'un convertisseur numérique-analogique une rampe de tension. On lance un compteur. La valeur en sortie du compteur augmente. Quand la tension créée par le CNA atteint la tension à convertir, le comparateur arrête le compteur. Le compteur indique alors le résultat sur N bits, qui peut être stocké ou traité.

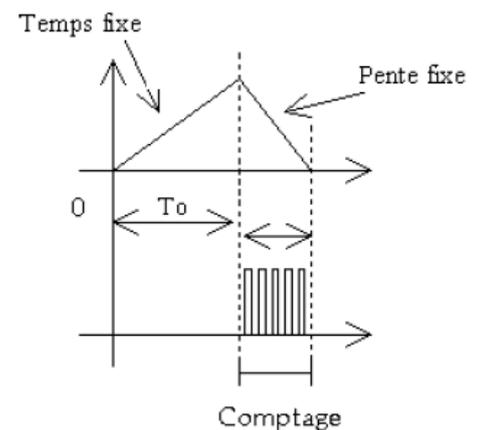


b) Double rampe

Son fonctionnement repose sur une comparaison entre une référence et le signal à convertir.

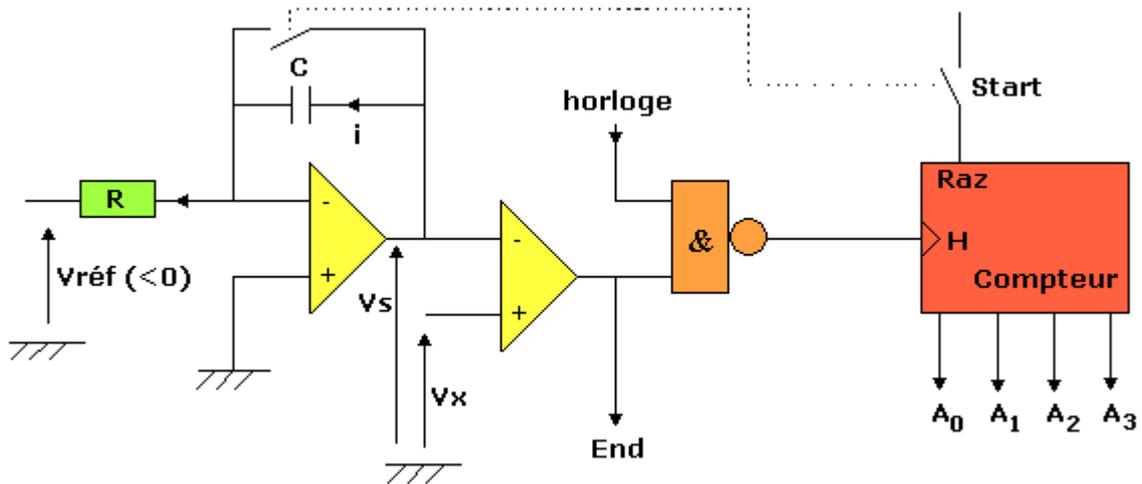
La conversion se déroule en 3 étapes :

- On charge une capacité avec un courant proportionnel au signal à convertir pendant un temps fixe (le temps du comptage complet du Compteur) ;
- On décharge ensuite la capacité, avec un courant constant issu de la tension de référence, jusqu'à annulation de la tension à ses bornes. Lorsque la tension devient nulle, la valeur du compteur est le résultat de la conversion ;
- On annule enfin la tension aux bornes de la capacité par une série convergente de charges et de décharges (l'objectif étant de décharger totalement la capacité pour ne pas fausser la mesure suivante). On parle en



général de phase de relaxation.

Ces convertisseurs sont particulièrement lents (quelques dizaines de millisecondes par cycle, et parfois quelques centaines), mais très précis (plus de 16 bits). Ils dérivent peu (dans le temps, comme en température).



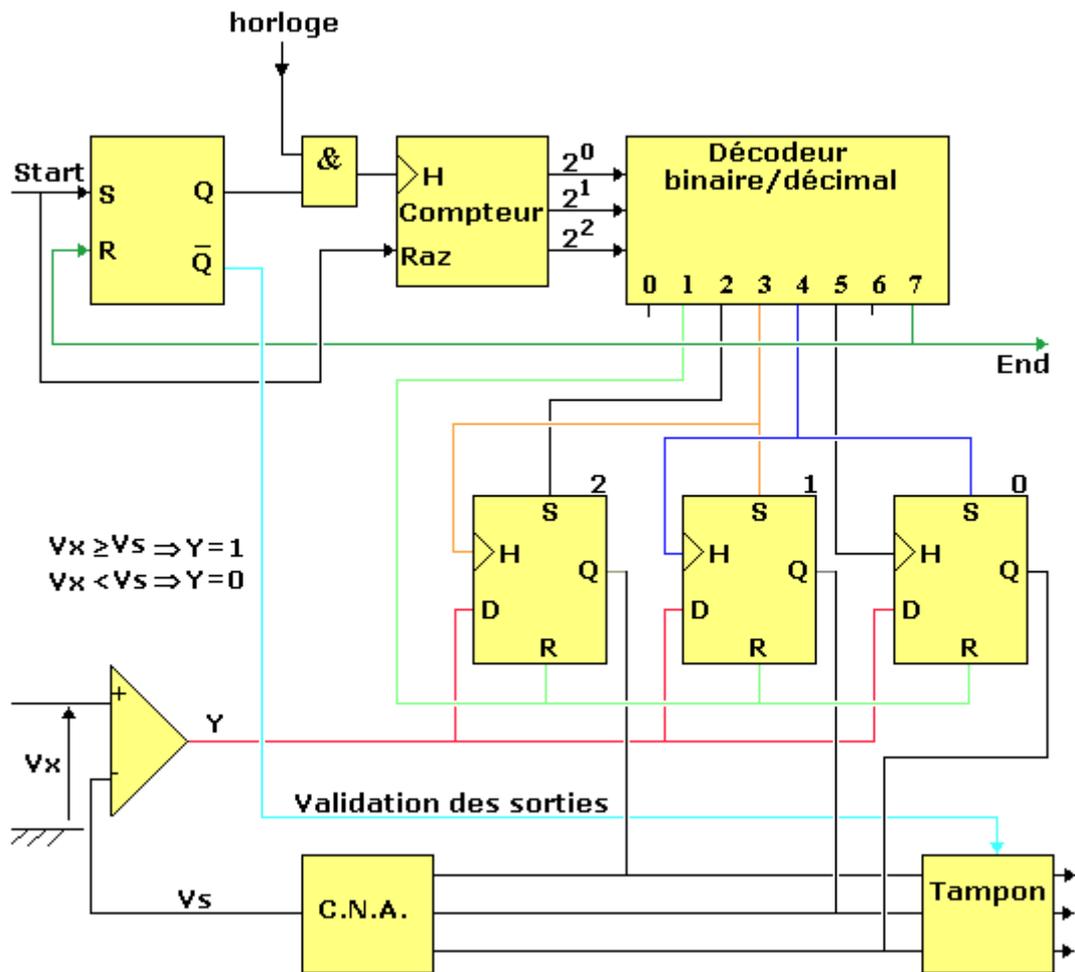
c) Convertisseur par pesées (approximations) successives

Ce type de C.A.N a un temps de conversion beaucoup plus court.

De plus la durée de la conversion est fixe, quelle que soit la valeur de la grandeur analogique d'entrée.

On dispose d'un registre qui à chaque coup d'horloge va décaler le code initial pour arriver au code final :

On effectue une comparaison de la tension à convertir V_s avec la tension issue du CNA connecté au registre. Le premier code issu du registre est 1000 (Cas d'un CAN 4 bits), code correspondant à la tension « moitié » (V_x). Puis on décale ce code vers $*100$ puis $**10$ etc... A la place de «*», on vient placer le résultat de la comparaison. Si la tension d'entrée est supérieure on positionne un «1», si elle est inférieure on positionne un «0».



Dans l'exemple ci-dessous, V_x passe de 2v à 5v
 La première ligne du tableau correspond à la conversion précédente
 On suppose la "pleine échelle" égale à 7v

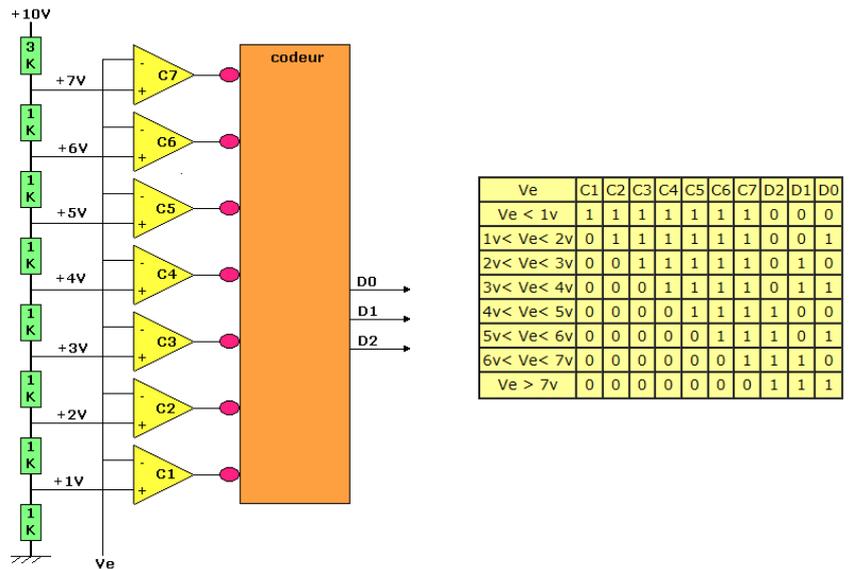
V_x	Start	Horloge	EndValid	Compt2exp0	Compt2exp1	Compt2exp2	Décodeur	CNA2exp0	CNA2exp1	CNA2exp2	V_s	Y	Tampon2exp0	Tampon2exp1	Tampon2exp2
2v	0	inactive	1	1	1	0	6	0	1	0	2v	1	0	1	0
5v	0	inactive	1	1	1	0	6	0	1	0	2v	1	0	1	0
5v	1	inactive	0	0	0	0	0	0	1	0	2v	1	0	1	0
5v	0	1 impul	0	0	0	1	1	0	0	0	0v	1	0	1	0
5v	0	2 impul	0	0	1	0	2	1	0	0	4v	1	0	1	0
5v	0	3 impul	0	0	1	1	3	1	1	0	6v	0	0	1	0
5v	0	4 impul	0	1	0	0	4	1	0	1	5v	1	0	1	0
5v	0	5 impul	0	1	0	1	5	1	0	1	5v	1	0	1	0
5v	0	6 impul	1	1	1	0	6	1	0	1	5v	1	1	0	1
5v	0	inactive	1	1	1	0	6	1	0	1	5v	1	1	0	1

d) Convertisseur flash

Le principe est de produire 2^{N-1} tensions analogiques au moyen d'un diviseur de tension à 2^N résistances. Les 2^{N-1} tensions obtenues aux bornes de chacune des résistances sont ensuite comparées dans 2^{N-1} comparateurs au signal à convertir. Un bloc logique combinatoire relié à ces comparateurs donnera le résultat codé sur N bits en parallèle. Cette technique de conversion est très rapide, mais coûteuse en composants et donc utilisée pour les applications critiques comme la vidéo.

Les convertisseurs Flash ont des temps de conversion inférieurs à la microseconde mais une précision assez faible (de l'ordre de la dizaine de bits). Ce convertisseur est souvent très cher.

Exemple d'un convertisseur 3 bits à 7 comparateurs

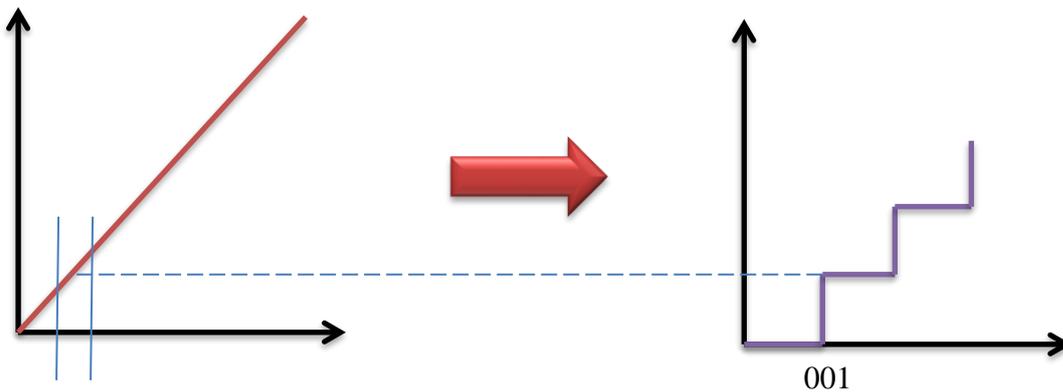


7. Les convertisseurs numériques analogiques (CNA)

Un Convertisseur Numérique-Analogique (CNA, de N/A pour Numérique vers Analogique ou, en anglais, DAC, de D/A pour Digital to Analogic) 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.

a) Principe

On veut à partir d'une information numérique, codée sur n bits, récupérer un signal analogique qui est l'image de la valeur numérique. La solution est donc de créer une valeur analogique en pondérant le poids de chaque bit d'information.



$$V_{out} = k * V_{ref} * \sum_{i=1}^n (2^{n-i} * a_{n-i})$$

V_{ref} = maximum de la conversion

k = rapport de proportionnalité

n = nombre de bits du convertisseur

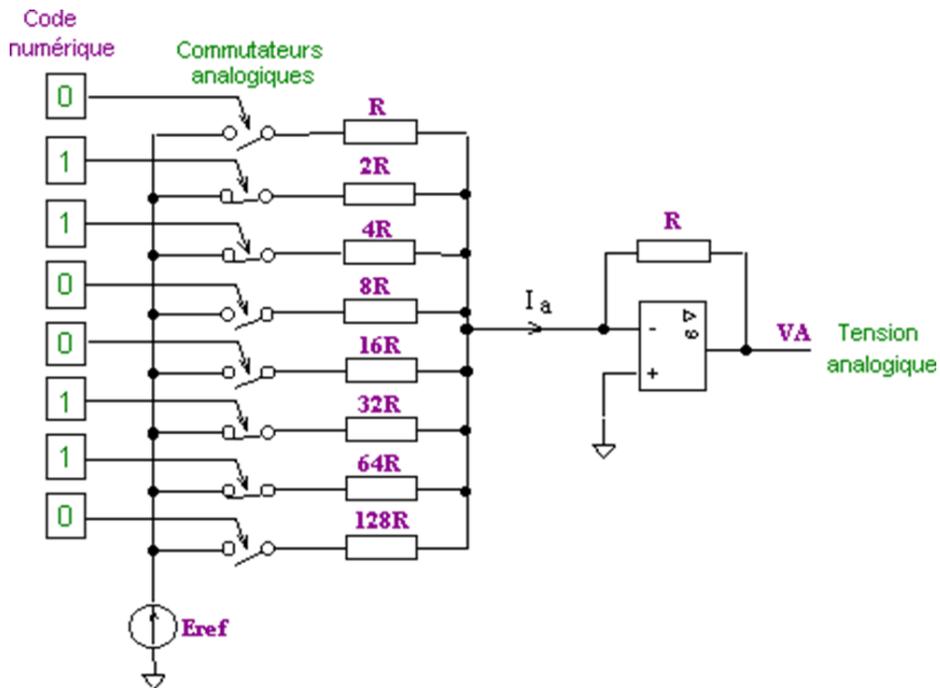
a_n = valeur du bit n (1 ou 0)

Il existe plusieurs solutions pour convertir un signal numérique en un signal analogique :

- A résistances pondérées (parallèles)
- Réseau R-2R : structure en échelle à commutation de courant

b) Convertisseur à résistances pondérées (parallèles)

A un montage de sortie qui fait office de convertisseur courant - tension, on associe un réseau parallèle de n résistances de valeurs multiples de 2 entre elles.



c) Convertisseur réseau R-2R

Par rapport au montage précédent, il ne fait appel qu'à deux valeurs de résistances différentes ($R - 2R$).

