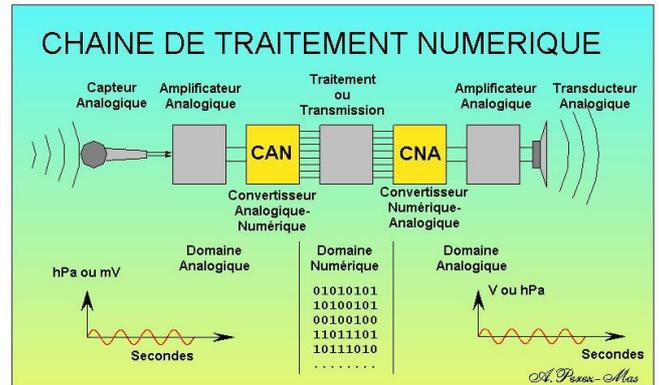
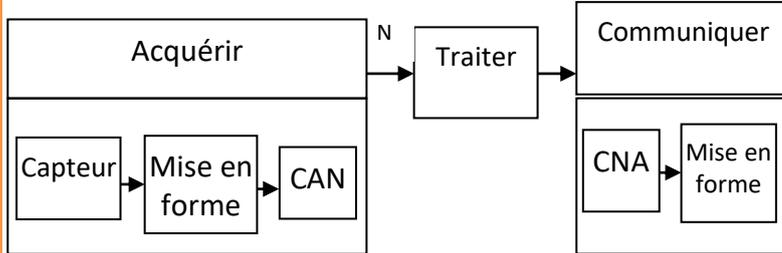


Acquisition et conditionnement de l'information : CNA et CAN

A - Analyser
A2- Analyser le système

I – Chaîne d'information : détails



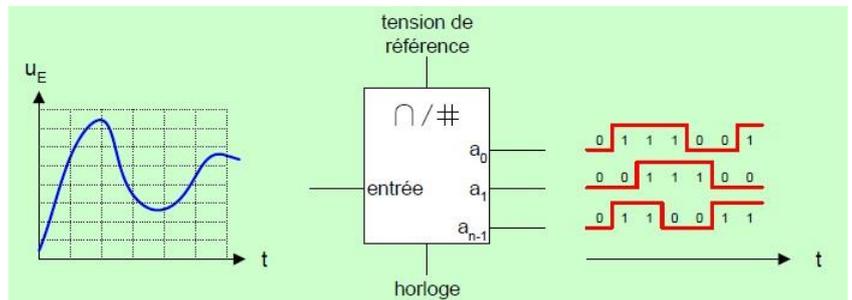
II – Les convertisseurs CAN et CNA

Dans un système, les informations sont soit de type analogique soit de type logique ou numérique. Il existe donc en conséquence, 2 catégories de circuits électroniques :

- ❑ Les circuits
- ❑ Les circuits

Des circuits spécifiques permettent de passer d'une catégorie à une autre : ce sont les convertisseurs.

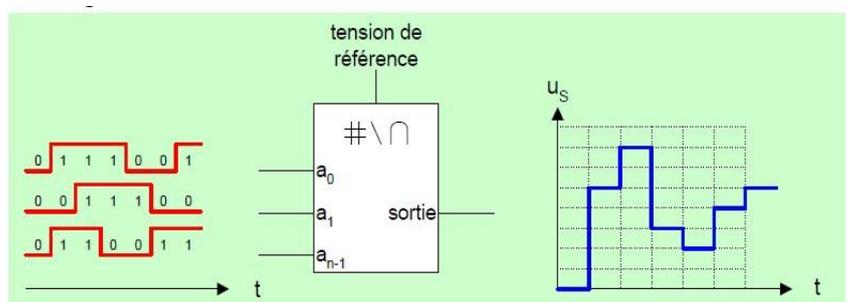
CAN : Le convertisseur analogique/numérique permet de



– Exemples :

- Capteur de son (microphone)
>>>>>>>>> vers Carte-son
- Capteur de température
>>>>>>>>> vers Carte d'acquisition

CNA : Le convertisseur numérique / analogique permet



– Exemples

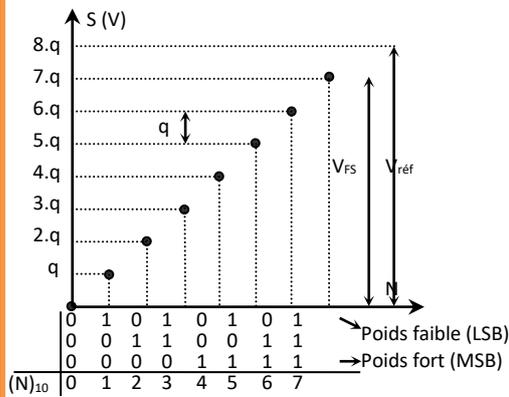
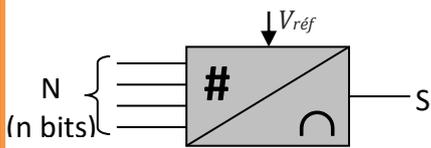
- Carte-son >>>>> vers amplificateur et haut-parleurs
- CD et Lecteur CD >>>>> vers amplificateur et haut-parleurs



III – Termes génériques

Quantum	q	
Résolution	r (ou R)	
Tension Full Scale (pleine échelle)	V_{FS} ou V_{PE}	« V_{ref} » fixe la valeur maximale V_{FS} (Full Scale)
Donnée numérique	N	
Temps de conversion		Durée mise par le convertisseur pour fournir des données stables en sortie à partir du moment où un ordre de conversion est donné

IV – Le CNA ou DAC (Digital to Analog Converter)



- Le nombre de bits n en entrée est la **résolution numérique du CNA**.
- Le mot N ne peut prendre que 2^n valeurs entre 0 et $2^n - 1$. Le signal de sortie ne peut donc prendre lui aussi que 2^n valeurs discrètes entre 0 (pour $N = 000...0$) et une valeur maximale dite « **de pleine échelle (Full scale)** » et notée V_{FS} ou I_{FS} (obtenue pour $N = 111...1$).
- V_{FS} dépend d'une référence extérieure V_{ref} .

On a

V_{FS} signifie tension Full Scale soit tension pleine échelle. Elle apparaît lorsque l'on applique $(N)_2 = 11...1$

- La plus petite différence entre 2 valeurs de la sortie S est appelée quantum (« q ») ou **résolution analogique** ou **incrément**; elle correspond à un changement du bit de poids faible (LSB).

On a : $q =$

- Le code de N peut être **unipolaire** (ex. sur 3 bits : $0 \leq (N)_{10} \leq 7$ et S positif) ou **bipolaire** ($-4 \leq (N)_{10} \leq 3$ et S négatif ou positif).
- Ci-dessus la **caractéristique de transfert unipolaire** d'un CNA 3 bits à sortie en tension. Ici, $V_{FS} = 7/8 \cdot V_{ref}$.

Principe de la conversion

- Les bits b_0, b_1, \dots, b_{n-1} constituant le mot N agissent sur des interrupteurs électroniques, qui fournissent chacun un courant ou une tension directement proportionnelle au rang du bit associé (0 à n-1). La **valeur** de la sortie est la somme (amplifiée) de tous ces courants ou tensions :

$$S = q \cdot (N)_{10} = q \cdot (b_{n-1} \cdot 2^{n-1} + b_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \dots + b_0 \cdot 2^0)$$

Exemples de calculs :

- Soit un CNA de 5 bits. Quand l'entrée vaut 00001, la tension de sortie = 0,2V. La tension de pleine échelle vaut donc $31 \cdot 0,2 = 6,2V$, et $V_{ref} = 32 \cdot 0,2 = 6,4V$.
- Soit un CNA de 5 bits. Quand l'entrée vaut 10100 le courant de sortie vaut 10 mA. Le courant de sortie pour une valeur de 11110 est $30 \cdot q = 30 \cdot 0,5 = 15mA$.



Exemples de CNA

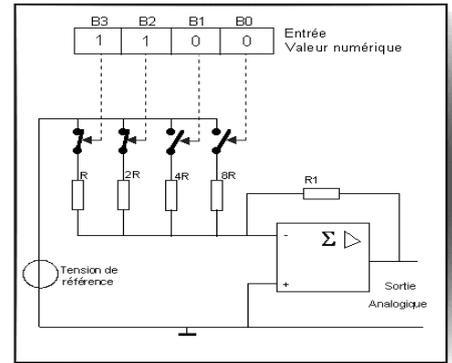
CNA à résistances pondérées :

Les bits b_0, b_1, b_2, b_3 sont les tensions de commande de 4 interrupteurs ; un interrupteur est ouvert si $b = \ll 0 \gg$, fermé si $b = \ll 1 \gg$.

Le montage est un additionneur inverseur ; la tension de sortie S est :

$$S = -V_{réf} \cdot R' / 8 \cdot R \cdot (8 \cdot b_3 + 4 \cdot b_2 + 2 \cdot b_1 + b_0),$$

qui est bien de la forme désirée.



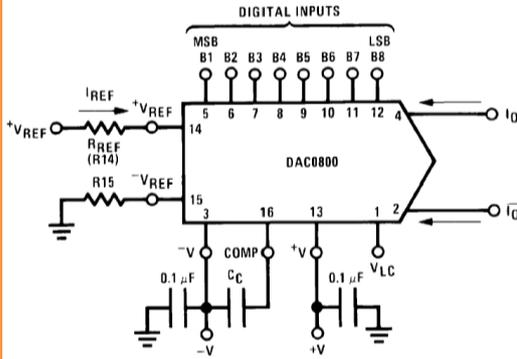
Exemple d'un CNA intégré, celui du robot ERICC qui fait la conversion de la consigne numérique de position : un DAC 0800

— CNA 8 bits à sortie en courant.

$$I_o = I_{réf} / 256 \cdot (b_7 \cdot 2^7 + b_6 \cdot 2^6 + b_5 \cdot 2^5 + \dots + b_0)$$

et $I_{réf} = V_{réf} / R_{réf}$.

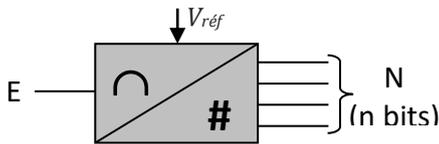
— Le constructeur donne la table suivante, pour $I_{réf} = 2 \text{ mA}$:



	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	$I_o \text{ mA}$
Full Scale	1	1	1	1	1	1	1	1	1.992
Full Scale-LSB	1	1	1	1	1	1	1	0	1.984
Half Scale+LSB	1	0	0	0	0	0	0	1	1.008
Half Scale	1	0	0	0	0	0	0	0	1.000
Half Scale-LSB	0	1	1	1	1	1	1	1	0.992
Zero Scale+LSB	0	0	0	0	0	0	0	1	0.008
Zero Scale	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000

Le quantum vaut donc $2 \text{ mA} / 2^8 = 7,8 \mu\text{A}$ (arrondi à $8 \mu\text{A}$ dans la table).

V – Le CAN ou ADC (Analog To Digital Converter)



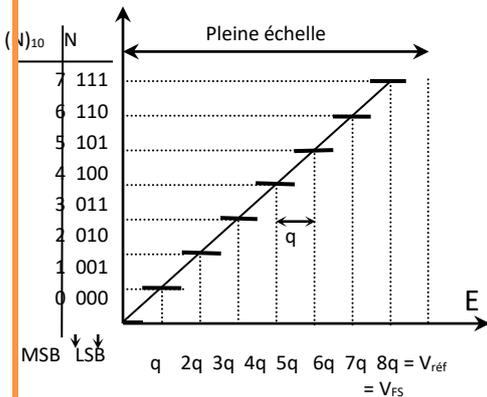
Principe de la conversion

Deux opérations sont nécessaires :

- **Découper** l'intervalle des valeurs possibles de E (entre 0 et $V_{réf}$) en 2^n niveaux, dont les valeurs (analogiques) sont des multiples d'une quantité élémentaire q, le **quantum**. C'est la **quantification**.
- **Coder** en binaire chacun de ces niveaux.

• Le **quantum** est donc le plus petit écart de E qui provoque un changement de N (un changement du LSB). On l'appelle aussi **résolution analogique du CAN** et on a $q = V_{réf} / 2^n$.

• Un CAN **unipolaire** ne peut convertir qu'une tension positive, un CAN **bipolaire** peut convertir une tension positive ou négative. Ci-contre la **caractéristique de transfert** d'un CAN 3 bits unipolaire.



Rq1 : Alors que $V_{réf}$ ne pouvait pas être obtenue en sortie d'un CNA, rien n'empêche ici de convertir $V_{réf}$. On a donc $V_{réf} = V_{fs}$.

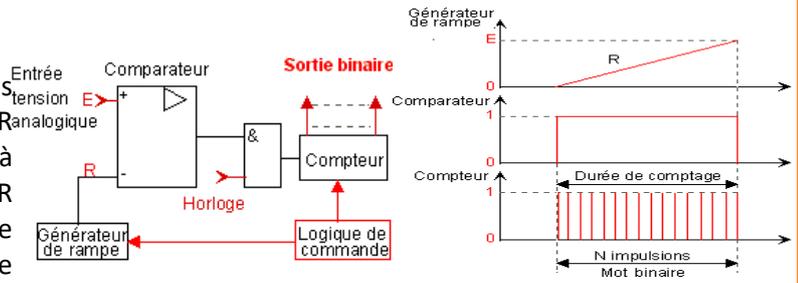
Rq2 : On a choisi de changer la sortie N entre les niveaux de E pour que l'erreur due à la quantification soit $\leq q/2$.



Exemples de CAN

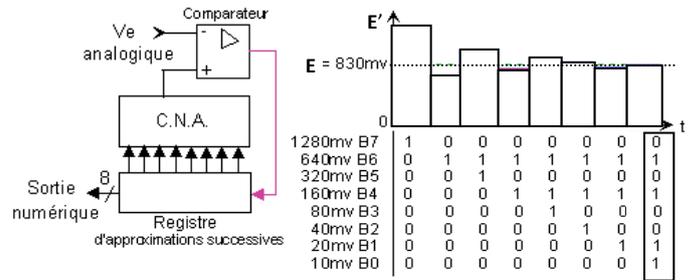
• CAN simple rampe (peu précis et lent) :

On déclenche en même temps le comptage des impulsions d'une horloge et une rampe de tension R qui part de 0. On compare la tension E à numériser à R , qui croît linéairement avec le temps. Lorsque R atteint E , le comparateur envoie un ordre de blocage au compteur. N se trouve sur les sorties de ce compteur.



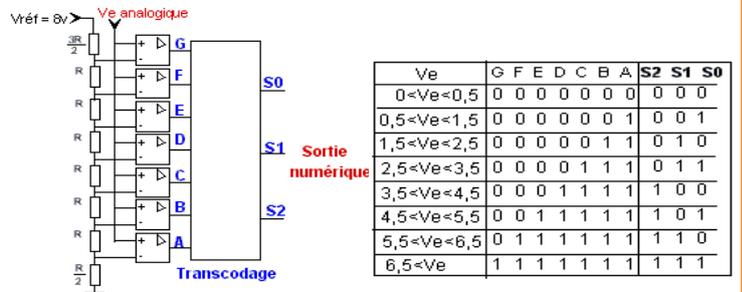
• CAN à approximations successives (précis et rapide) :

Il fonctionne comme une balance de pesée : on met le bit de poids fort (MSB) à 1 et les autres à 0. Un CNA convertit ce nombre en tension E' . Si E' est plus grande que E , le MSB est remis à zéro ; sinon il reste à 1. Le bit suivant est ensuite mis à 1. On obtient une nouvelle valeur de E' ; si E' est plus grande que E , ce bit est remis à 0, sinon il reste à 1. Et ainsi de suite...



• CAN parallèle ou « Flash » (très rapide mais cher) :

On compare simultanément la grandeur d'entrée analogique à des valeurs prédéfinies par des ponts diviseurs. Les sorties des différents comparateurs sont ensuite décodées pour former le mot binaire de sortie. Un convertisseur de n bits est constitué de $2^n - 1$ comparateurs, d'où son prix élevé.



VI – Petits td d'application

TD sur les CNA

TD n°1 : Soit un CNA à 5 bits. La tension de sortie V_s vaut 0.2V lorsque le mot d'entrée est 00001.

- Quelle est la valeur de V_s correspondant à la pleine échelle ?

TD n°2 : Soit un CNA à 5 bits. Lorsque le mot d'entrée est 10100, la tension de sortie V_s vaut 5V.

- Que vaut V_s pour un mot d'entrée de 11101 ?

TD n°3 : Soit un CNA à 8 bits ayant une pleine échelle égale à 10V. Soit l'octet $A=10010110$, appliqué à l'entrée de ce convertisseur.

- Calculer la tension de sortie pour ce mot binaire.

TD n°4 : Soit un CNA à 10 bits. La valeur pleine échelle est de 5V.

- Calculer la tension de sortie V_s pour un mot d'entrée $A=1100101101$

TD sur les CAN

TD n°1 : Le CAN d'entrée d'une carte d'acquisition possède les caractéristiques suivantes :

Gamme 0 à 5,12V et 10 bits.

- Quelle est la valeur numérique maximale N_{max} de sortie de ce CAN ?
- Quelle est sa tension pleine échelle ?
- Quelle est sa résolution ?

TD n°2 : Pour l'équipement des salles de chimie du lycée, on a besoin de cartes d'acquisition pouvant mesurer des tensions allant de 0 à 4,5V à 10mV près. Le modèle le moins cher trouvé dans le commerce contient un CAN 8 bits de calibre 5,0V.

- Déterminer sa résolution.
- Ce modèle correspondait-il aux spécifications ?
- En ayant la même gamme, combien le CAN devrait-il au minimum avoir de digits pour que sa précision soit suffisante ?

