

CHAPITRE UN

INTRODUCTION A L'INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

1. 'Informatique' : Définitions

Def. 1 :

L'**informatique** (**information automatique**) désigne l'automatisation du traitement de l'information par un système, concret (machine) ou abstrait (on peut parler d'automate).

Def. 2 :

Dans son acception courante, l'informatique désigne l'ensemble des sciences et techniques en rapport avec le traitement de l'information.

Def. 3 :

Dans le parler populaire, l'informatique peut aussi désigner à tort ce qui se rapporte au matériel informatique (l'électronique), et la bureautique.

2. Informatique appliquée

L'**informatique appliquée** désigne l'utilisation de l'informatique en tant qu'outil pour la réalisation d'une activité dans un domaine donné.

À l'origine, les trois principales branches de l'informatique appliquée étaient :

- l'informatique scientifique, pour la conception, qui emploie des moyens de calcul numérique,
- l'informatique industrielle, pour la production et l'exploitation en environnement industriel, qui emploie des techniques temps réel, (l'informatique embarquée étant un cas particulier d'utilisation des techniques temps réel pour les systèmes d'arme et les systèmes de transport) ;
- l'informatique de gestion, pour les tâches administratives et financières.

Lorsque l'*activité* est une *tâche* humaine facilitée par l'informatique, elle est dite *assistée par ordinateur*. D'où les appellations comme le DAO pour le *Dessin Assisté par Ordinateur*, la PAO pour la *Publication Assistée par Ordinateur*, etc.

3. Informatique industrielle

L'**Informatique industrielle** est une branche technologique de l'informatique appliquée qui couvre l'ensemble des techniques de conception, d'analyse et de programmation de systèmes à base d'interfaçage de l'informatique avec de l'électronique, électrotechnique, mécanique, robotique etc ..., à vocation industrielle (qui ne sont pas uniquement à base d'ordinateurs) :

Une autre définition courante est que l'informatique industrielle regroupe les programmes de supervision dont les variables représentent des mesures de grandeurs physiques comme la température d'une cuve, l'état d'un capteur ou la position d'un bras robotique...

Les appareils concernés contiennent en général au moins un microprocesseur ou microcontrôleur, ainsi que des coupleurs d'interfaçages entre des machines ou appareillages industriels et de l'informatique, (tampons d'entrée-sortie)...

4. Domaines d'applications

L'application de l'informatique à un domaine peut également mener à une branche spécifique dans ce domaine et parfois aussi de l'informatique, comme l'infographie, l'informatique musicale ou encore la bio-informatique...

- Informatique, micro-informatique, supervision, réseau informatique, bus informatique;
- Système temps réel, contrôle de processus (ou process control), cybernétique;
- Instrument intelligent, capteur, détecteur, régulation;
- Programmation de commande numérique, logique combinatoire, logique séquentielle
- Automate, automate programmable industriel, automatique;
- Electronique, électronique numérique, électrotechnique, mécanique, pneumatique;
- Outil, robotique, robot, machine électrique, machine numérique;
- Conception assistée par ordinateur, fabrication assistée par ordinateur,

CHAPITRE DEUX

LES SYSTEMES D'INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

1. Définitions

Sous la forme la plus simple : un système d'informatique industrielle est un système de commande conçu autour du logiciel (software) et du matériel (hardware) pour que le système évolue en conformité avec les critères et les consignes fournis par l'exploitant.

Les systèmes d'informatique industrielle sont destinés :

- à la commande ;
- et au réglage.

et d'une manière générale, à la conduite et à l'automatisation d'un procédé industriel.

Les systèmes d'informatique industrielle vont de la commande des machines simples à la coordination complète de toutes les opérations effectuées en milieu industriel.

2. Principes

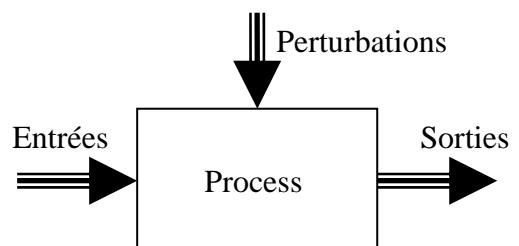
Les systèmes d'informatique industrielle ont les même principes que ceux de l'informatique classique.

D'une manière générale, ces systèmes fonctionnent en ligne (on-line) avec le système de commande associé et plusieurs tâches peuvent être traitées simultanément ce qui implique la contrainte de temps réel.

3. Processus industriel

Un Processus :

Séquences d'opérations ou d'actions engendrées par des excitations (entrées) menant à un résultat (les réponses ou sorties) sous l'effet d'entrées incontrôlables (Perturbations).

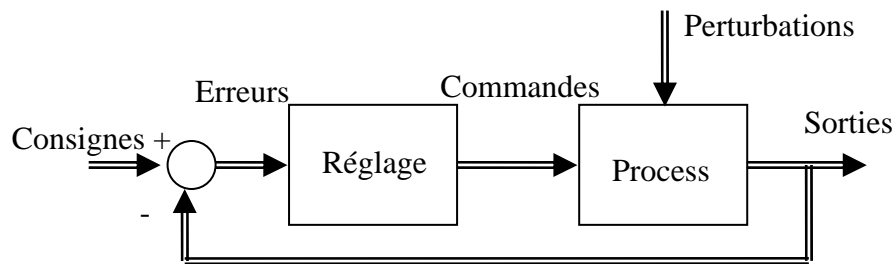


Exemple : Régulation de température d'un four.

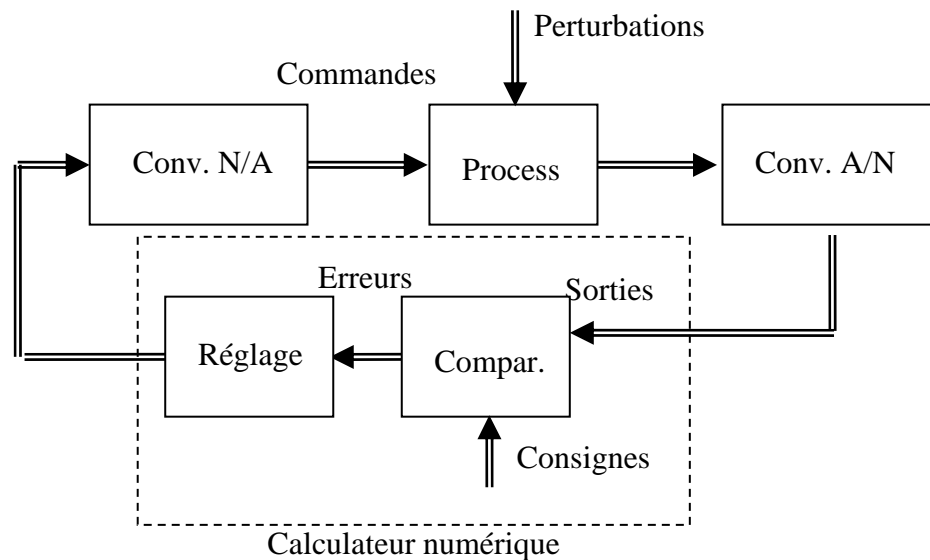
4. Interaction avec les Processus

L'interaction avec les processus se fait via :

- la mesure : acquisition des signaux issus de capteurs ;
- la commande : signaux d'entrées ;
- et le réglage : précision et rejet de perturbations (boucle fermée).



5. Commande et réglage numérique



6. Systèmes Temps Réel

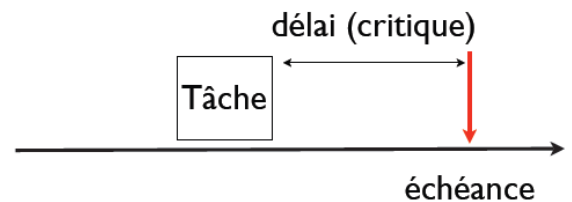
En informatique industrielle, on parle d'un **système temps réel** lorsque ce système informatique contrôle (ou pilote) un procédé physique à une vitesse adaptée à l'évolution du procédé contrôlé.

Les systèmes informatiques temps réel se différencient des autres systèmes informatiques par la prise en compte de contraintes temporelles

dont le respect est aussi important que l'exactitude du résultat, autrement dit le système ne doit pas simplement délivrer des résultats exacts, il doit les délivrer dans des délais imposés.

Les systèmes informatiques temps réel sont aujourd'hui présents dans de nombreux secteurs d'activités :

dans l'industrie de production par exemple, au travers des systèmes de contrôle de procédé (usines, centrales nucléaires), dans les salles de marché au travers du traitement des données boursières en «temps réel», dans l'aéronautique au travers des systèmes de pilotage embarqués (avions, satellites), ou encore dans le secteur de la nouvelle économie au travers du besoin, toujours croissant, du traitement et de l'acheminement de l'information (vidéo, données, pilotage à distance, réalité virtuelle, etc.).



A retenir (Définitions) :

A/ Temps réel

1. Le temps nécessaire pour résoudre un problème.
2. La résolution d'un problème pendant le temps où un processus physique est actif de manière à utiliser les résultats pour guider le processus physique.

B/ Systèmes Temps Réel

Système dont le résultat dépend de l'exactitude des calculs mais surtout du temps où sont produits les résultats.

CHAPITRE TROIS

Système à microprocesseur et son branchement au matériel

1 -Définition d'un microprocesseur :

C'est un circuit intégré complexe résultat de l'intégration sur une puce de fonctions logiques combinatoires (logiques et/ou arithmétique) et séquentielles (registres, compteur, etc...). Il est capable d'interpréter et d'exécuter les instructions d'un programme.

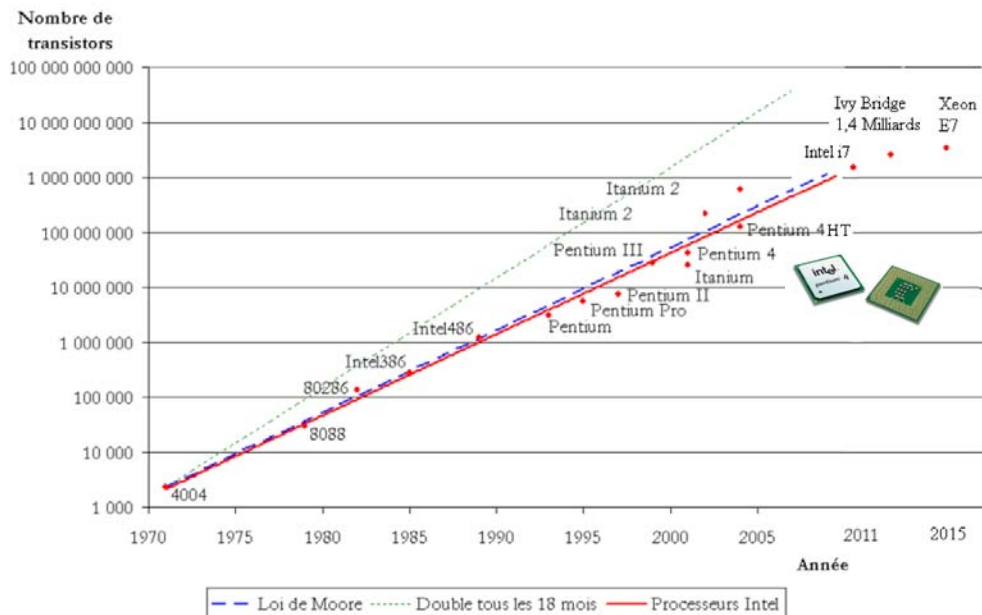
2-Historique :

Le premier microprocesseur fut conçu et fabriqué par la Société Intel (Société, créée en 1968, spécialisée initialement dans la conception et la fabrication de mémoires en puce). C'est 1971, que ce microprocesseur (baptisé le 4004) voyait le jour ; c'est un 4 bits, de fréquence 108 kHz, avec environ 2300 transistors intégrés sur la puce

A titre d'information :

- 1947 : l'année d'apparition du 1^{er} transistor ;
- 1958 : apparition du 1^{er} circuit intégré (par Texas Instrument).

Depuis 1971, l'évolution des microprocesseurs a connu un essor considérable, montré par le graphe suivant. **Gordon Earle Moore (1929-)**, co-fondateur (avec Robert Noyce et Andrew Grove) de la société **Intel**, avait affirmé dès 1965 que le nombre de transistors par circuit de même taille allait doubler, à prix constants, tous les ans. Il rectifia par la suite en portant à dix-huit mois le rythme de doublement. Il en déduisit que la puissance des ordinateurs allait croître de manière exponentielle, et ce pour des années. Il avait raison. Sa loi, fondée sur un constat empirique, a été vérifiée jusqu'à aujourd'hui. *Il a cependant déclaré en 1997 que cette croissance des performances des puces se heurterait aux environs de 2017 à une limite physique : celle de la taille des atomes.*



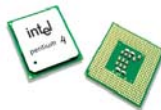
Intel 8086 (1978)

39 000 transistors, gravés en $3\mu\text{m}$
 architecture interne 16 bits
 bus 16 bits
 fréquence d'horloge 4,77/10 Mhz
 0,33/0,75 MIPS



Intel Pentium 4 Northwood C (2002)

42 millions de transistors, gravés en $0,13\mu\text{m}$
 architecture interne 32 bits
 fréquence d'horloge 2,4/3,4
 Fréquence de bus: 0,2 GHz
 450 MIPS



Intel Core i7 Ivy bridge (sept. 2013)

1,4 Milliards de transistors, gravés en 22nm
 architecture interne 64 bits
 4/12 coeurs
 fréquence d'horloge 4,0 Ghz
 Fréquence de bus: 0,2 GHz
 6000 MIPS



3- Utilité du microprocesseur et ses domaines d'application :

Un microprocesseur est dédié au traitement de l'information. Il exécute des instructions et manipule des données qui sont codées en binaire (l'électronique s'adapte bien à ce type de codage : deux niveaux de tensions). Une donnée regroupant 8 bits s'appelle octet, et le kilo vaut $2^{10} = 1024$ qui quantifie l'information en octets (Octet, k octets, M octets, G octets).

Les systèmes à microprocesseur sont omniprésents, on les retrouve un peu partout, du fait de la numérisation grandissante dans tous les domaines :

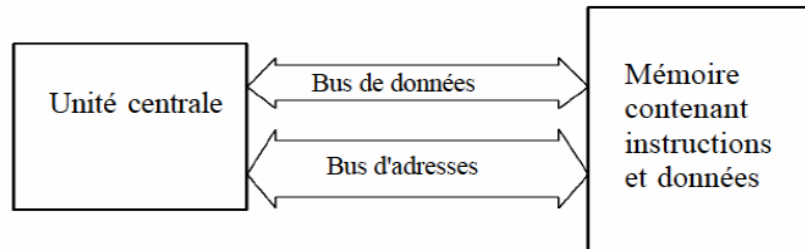
Ordinateur, Micro-ordinateur, Calculatrice, Téléphonie fixe et mobile, Médias, Distributeurs automatiques de tout type (argent, boissons, ...), Automobile, Systèmes embarqués, Supervision et contrôle des processus, etc...

Cette liste n'est pas exhaustive, à l'ère du numérique, il suffit d'imaginer le domaine et d'en trouver l'application.

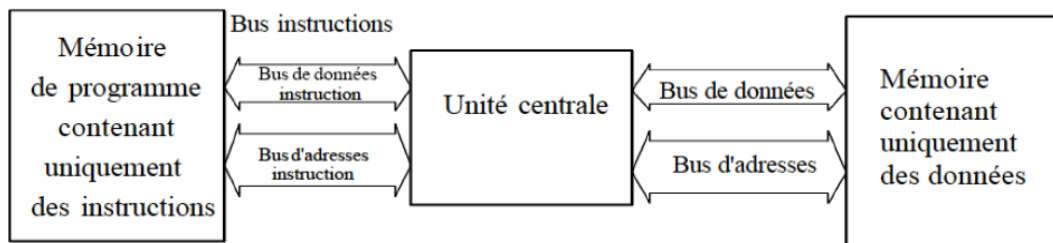
4. Architecture de systèmes à microprocesseur

Un système à microprocesseur peut être conçu selon l'une des deux d'architectures suivantes :

a- Architecture de Von Neumann



b- Architecture de Harvard



Il est bien évident que la différence entre ces deux architectures réside dans le bloc mémoire qui est soit unique contenant ainsi et les instructions et les données (Von Neumann) ou séparé, mémoire pour les instructions et mémoire pour les données (Harvard), conséquence les bus d'adresses et données doublent. Cependant, l'avantage pour cette dernière architecture est le transfert simultané de l'instruction et de la donnée ce qui augmente les performances.

L'architecture Harvard est utilisée beaucoup plus dans les microcontrôleurs (Système à microprocesseur en une puce)

5- Branchement du matériel à un microprocesseur

Un microprocesseur communique avec l'extérieur via des circuits spécialisés dénommés d'entrées/sorties (E/S). Généralement, ces circuits d'E/S Communiquent en parallèle à travers des ports configurables (programmables). Certains microprocesseurs possèdent une broche (patte) pour la transmission série, sinon une conversion parallèle-série ou inverse est nécessaire pour la communication série.

a- Le Bus I2C :

Le bus I2C (IIC : Inter-Integrated-Circuit) permet la connexion de circuit intégrés à proximité (1m). Les caractéristiques électriques et le protocole de communication ont

été déposés par *Philips Semi-conductors*. L'I2C est devenu un standard industriel utilisé par de très nombreux constructeurs. C'est un bus de communication *séries synchrones*, bidirectionnel avec un protocole de reconnaissance. La fréquence de transfert est comprise entre 100KHz et 400KHz. Le bus est piloté par un maître (MASTER) qui génère l'horloge de communication. Tous les autres circuits sont esclaves (SALVES), ils reçoivent tous la même horloge issue du maître.

Le bus est constitué de trois fils :

SDA : Serial Data ;

SCL : Serial Clock qui est l'horloge de cadencement des communications (unidirectionnel) ;

Une référence de tension : masse :

Sa vitesse est de 400kbps (en fast mode) ou 3.2 Mbps (en high speed mode).

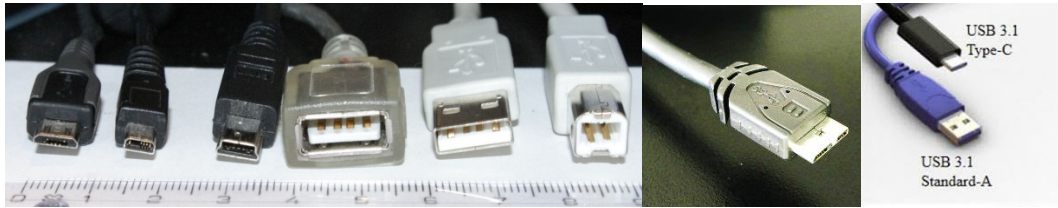
b- Le Bus USB :

Le bus USB (Universal Serial Bus) a été conçu au milieu des années 1990 afin de remplacer les nombreux ports externes d'ordinateurs, lents, encombrants (port parallèle, port série, port SCSI, ...), spécialisés (ports clavier PC DIN, puis PS/2 mini-DIN, port souris) et incompatibles les uns avec les autres.

Le bus USB est une interface entrée-sortie série beaucoup plus rapide que les ports série standards. En comparaison avec interface parallèle, une L'architecture série permet d'utiliser une cadence d'horloge beaucoup plus élevée, en plus les câbles série coûtent beaucoup moins cher que les câbles parallèles. Des protocoles sont utilisés pour la communication sur le bus USB.

Le tableau qui suit résume les différentes versions USB avec leurs débits :

Version	USB 1.0	USB 1.1	USB 2.0	Wireless USB	USB 3.0	USB 3.1
Année	1996	1998	2000	2005	2008	2013
Débit	1,5 Mbit/s	12 Mbit/s	480 Mbit/s	480 Mbit/s	5 Gbit/s	10 Gbit/s
	0,19 Mo/s	1,5 Mo/s	60 Mo/s	60 Mo/s	600 Mo/s	1,2 Go/s



Différents connecteurs de type USB 1 et 2, de gauche à droite :

Micro-B mâle ; UC-E6 propriétaire (non USB) ; mini-B mâle ; A femelle ; A mâle ; B mâle ;
USB 3 ; USB 3.1 A, Type C

6- Les convertisseurs CNA/CAN

La communication avec un environnement analogique (grandeurs continues dans le temps avec une infinité de niveaux) nécessite un autre type de conversion : Conversion Numérique/Analogique (CNA) ou Analogique/Numérique (CAN). Pour ce type de conversion, un nombre binaire de n bits est converti en un niveau de tension dans un rang donné ou inversement.

CHAPITRE QUATRE

TRAITEMENT NUMERIQUE

Conversions Numérique/Analogique & Analogique/Numérique

1- Introduction

De nombreux systèmes électroniques utilisent la technique numérique, à base de microprocesseurs ou micro-contrôleurs, du fait des avantages que présente cette dernière par rapport à la technique analogique : facilité de conception des fonctions complexes, mémorisation possible des informations, faible sensibilité au bruit ... Lorsque les informations issues des capteurs sont des grandeurs analogiques ou que les actionneurs doivent être commandés par des signaux analogiques, il est nécessaire de procéder à des conversions de données :

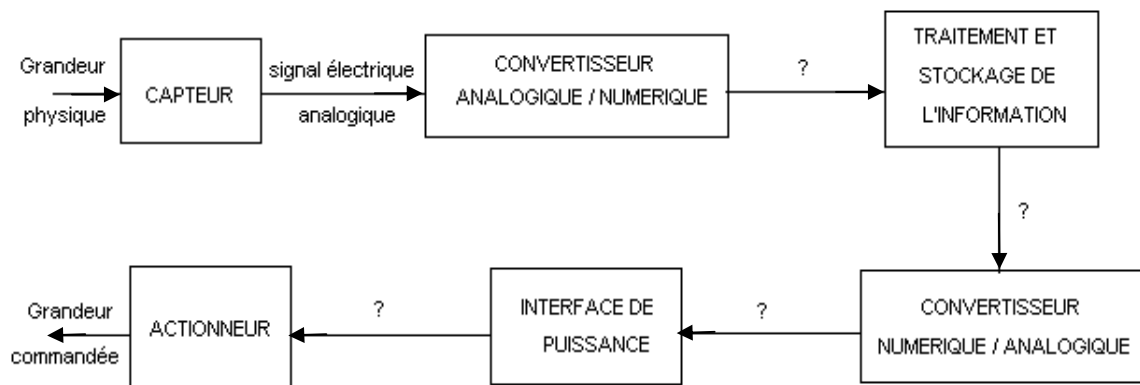


Fig.1. Chaîne pour le traitement numérique des données (Signaux)

La grandeur physique à convertir peut-être de nature quelconque : vitesse, température, force. Le capteur permet de convertir cette grandeur en un signal analogique (par exemple : dynamo tachymétrique pour le captage de la vitesse ou jauge d'extensiométrie pour le captage d'une force). Le convertisseur analogique numérique (CAN) va convertir le signal analogique en une suite de mots numériques qui pourront être compris et traités par le calculateur (micro processeur).

De même, le calculateur pourra générer en entrée du CNA des mots numériques qui seront convertis en un signal analogique par le CNA (convertisseur Numérique Analogique).

a- Exemple de chaîne de traitement numérique :

L'enregistrement audio numérique

Vibration sonore → micro → CAN → compression → enregistrement sur disque dur →
filtrage numérique → CNA → ampli → baffles (HP).

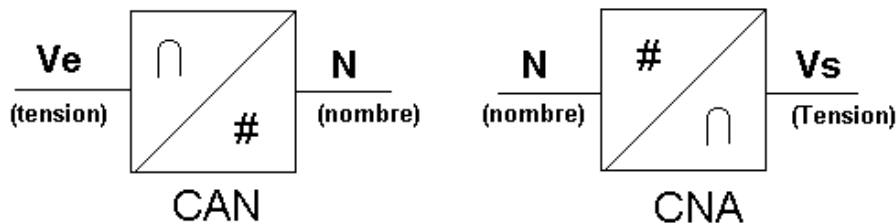
b- Symbolisation et exemples de convertisseurs

Fig. 2. Symboles des CAN et CNA

2- Conversion numérique analogique ou CNA :

Soit un convertisseur numérique - analogique 8 bits.

Si la donnée numérique est de 8 bits, on a $2^8 = 256$ nombres binaires distincts. Pour chacun de ces nombres, la tension de sortie V_s est différente. En général,

$$\text{sortie analogique} = q \cdot \text{entrée}$$

numérique.

où, q est dit *quantum*.

$$V_s = q \cdot N \quad (q \text{ en volt})$$

Si le rang du convertisseur est de $\pm 10V$, $q \approx 0.080 V$

et donc : $V_s = (0.080 V) \cdot N$

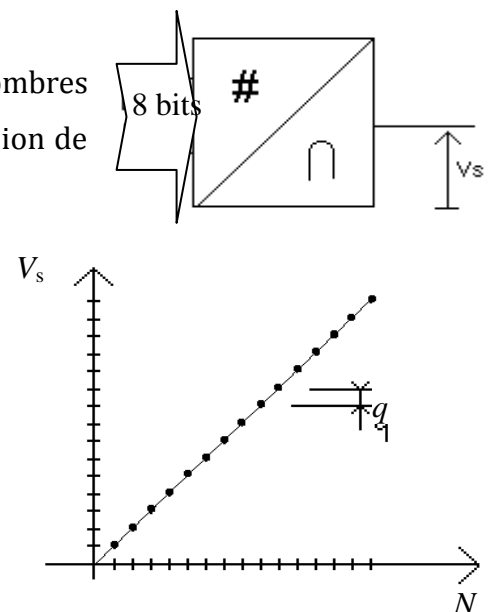


Fig. 3. Caractéristique de transfert

Un CNA se caractérise par :

a- Resolution : Elle est donnée par la valeur du *quantum* « q ». La valeur de V_s va augmenter de q lorsque N augmente de 1. La résolution est la plus petite variation en sortie et correspond au *LSB*.

$$q = \Delta V_{\max} / (2^n - 1) \approx \Delta V_{\max} / 2^n \text{ si } n \text{ est grand}$$

avec,

n : nombre de bits du convertisseur;

ΔV_{\max} est la plage de tension maximale du convertisseur.

Soit un CNA 6 bits dont V_s est égal à 0. 2V quand l'entrée numérique est 00001.

Trouver la valeur de V_s si l'entrée est 11111 et donner la valeur de la résolution.

b- Temps de conversion : Temps nécessaire pour que la sortie prenne la valeur indiquée par le code d'entrée et qu'elle soit stable.

c- Precision = Ecart maximal entre la valeur théorique attendue en sortie et la valeur réelle. En général, la précision vaut $\pm \frac{1}{2} q$

d- Tension de décalage : C'est la tension ou courant qui existe en sortie, lorsqu'on applique 0 en entrée. Idéalement, le CNA doit afficher 0V mais en réalité on mesure une petite tension qui est due à l'erreur de décalage de l'ampli Op. en sortie.

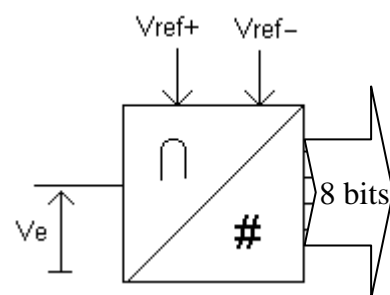
e- Type de conversion

Deux types de conversion : unipolaire ou bipolaire.

- Unipolaire : la grandeur en sortie (tension ou courant) est toujours du même signe.
- Bipolaire : la grandeur en sortie est positive ou négative

3- Conversion analogique - numérique CAN

Un convertisseur analogique/numérique (CAN) est un circuit hybride qui transforme une grandeur analogique d'entrée E (souvent une tension) en une valeur numérique N exprimée sur n bits.



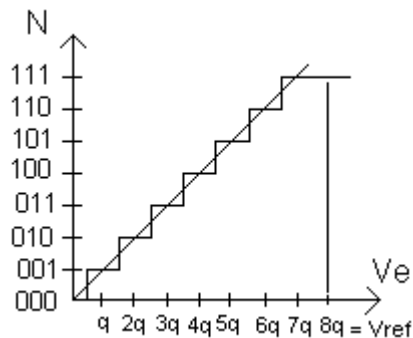
V_{ref+} et V_{ref-} représentent les tensions de références du convertisseur. Elles permettent de fixer les amplitudes maximales et minimales de la grandeur d'entrée à convertir.

L'opération de conversion se déroule en 2 étapes :

- ECHANTILLONNAGE et QUANTIFICATION
- CODAGE

1. La première étape consiste à prélever à divers instants $t_1, t_2, t_3 \dots$, la valeur de la tension V_e que l'on réduit en un nombre fini de valeurs.

2. Le **codage** consiste à faire correspondre à ces échantillons (les diverses valeurs de V_e prélevées aux temps $t_1, t_2, t_3 \dots$) un mot binaire.



La courbe est constituée d'une série de paliers horizontaux (signal V_e discrétisé). La ligne diagonale représente la grandeur d'entrée réelle. Ici, $V_{ref-} = 0$. et $V_{ref+} = 2^3 \cdot q$

Fig. 4. Caractéristique de transfert (convertisseur 3 bits, unipolaire)

$$N = \text{int} \left(\frac{V_e}{q} \right) \quad \text{avec } N \text{ entier (int = partie entière)}$$

où,

N est un nombre (sans dimension);

V_e : tension à convertir (en volt)

q : quantum (en volt).

a- Types de conversion : unipolaire ou bipolaire :

Unipolaire : la grandeur en entrée (généralement une tension) est toujours du même signe;

Bipolaire : la grandeur en entrée est positive ou négative.

4- Exemples de convertisseurs A/N et N/A

Exemples de convertisseurs CAN :

CAN à simple rampe

CAN à double rampe

CAN à approximations successives

CAN flash

Exemples de convertisseurs CNA :

CNA à réseau de résistances pondérées

CNA à échelle de résistances R-2R

Exemples de circuits :

Convertisseur A/N 8 bits : ADC 0800

Convertisseur N/A 8 bits : DAC 0808