

## Chapitre N° 4 : Les appareils de mesure Numériques

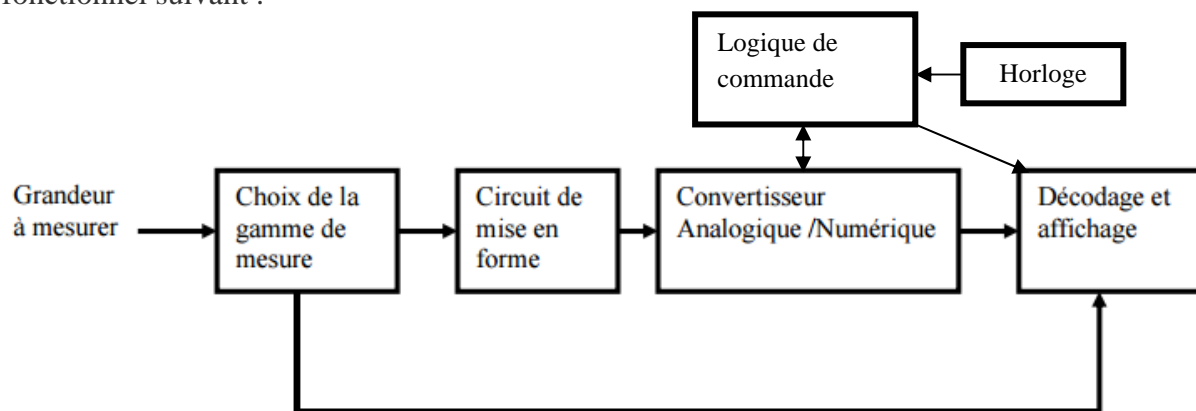
### 1. Introduction

Les appareils de mesure numériques sont basés sur un principe tout à fait différent de celui des appareils analogiques. Les appareils numériques ne contiennent pas de pièces mécaniques en mouvement, mais seulement des composants électroniques. Leur constitution est purement électronique depuis l'amplificateur à haute impédance d'entrée jusqu'à l'affichage de la mesure par les diodes électroluminescentes ou par les cristaux liquides.

Ces appareils sont généralement dotés d'un commutateur qui permet de changer les calibres et de fonctions.

### 2. Constitution

Le schéma synoptique général d'un appareil de mesure numérique est donné par le schéma fonctionnel suivant :



Le circuit d'entrée reçoit le signal et à pour fonction :

- La commutation de fonctions et de gammes, indication de la position du point décimal au circuit d'affichage ;
- Division de tension ou amplification ;
- Conversion des tensions et de courants alternatifs en valeur efficace ;
- Génération de courant ou de tensions permettant la mesure des résistances ;

La protection de l'appareil contre les mauvaises utilisations. Ce circuit transforme le signal reçu en une tension mesurable par le convertisseur analogique/numérique (CAN). Ce dernier compare la tension analogique à une tension de référence et fournit sa valeur numérique sous

forme d'un nombre d'impulsions, à un compteur qui affichera le résultat. Le convertisseur fournit également la polarité du signal mesuré au circuit d'affichage. L'ensemble est piloté par un circuit de commande, une horloge assurant le déroulement successif des opérations de conversion et de comptage. Ainsi à partir de circuit intégré on effectue la conversion de la valeur analogique mesurée en une valeur numérique destinée à être affichée. Un appareil numérique ne peut afficher qu'un nombre limité de valeurs (exemple: 2000 points pour les

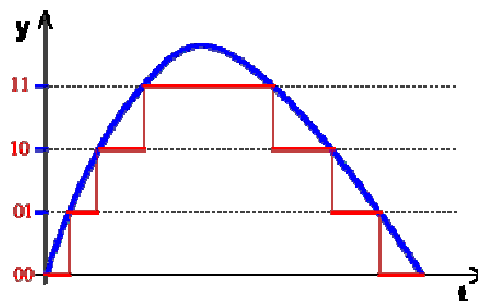
Prenons une grandeur analogique qui peut prendre une infinité de valeurs entre 0 et 20:

La conversion en numérique sur 1 bit donnera la valeur 0 si la grandeur est inférieure à 10 et 1 si elle est supérieure à 10.

Le bit est l'unité d'information: il ne peut prendre que deux valeurs 0 et 1

grandeur analogique	décimal	2ème bit (fort)	1er bit (faible)
de 0 à 5	0	0	0
de 5 à 10	1	0	1
de 10 à 15	2	1	0
de 15 à 20	3	1	1

multimètres ordinaires). Exemple de numérisation sur 2 bits (4 valeurs)



On améliore la résolution de l'appareil en augmentant le nombre de bits servant au codage (échantillonnage)

Nombre de bits	8	10	16	20	24
Nombre de valeurs	256	1024	65536	1048576	16777216

**Exemple:**

Numérisation sur 10 bits d'une tension pouvant varier de 0 à 20 V. La valeur numérique trouvée est 256 (en décimal, soit 0010000000 en binaire).

La valeur correspondant à 1024 est 20 V.

La valeur correspondant à 256 est donc  $(256 \times 20V) / 1024 = 5 V$ . L'appareil affichera 5 V

## 2. Vocabulaire propre aux appareils de mesure numériques :

Les appareils de mesure numériques sont de plus en plus utilisés du fait de leur fiabilité, leur précision, leur robustesse et leur facilité de lecture. Ils sont aussi de moins en moins chers et deviennent même compétitifs avec les appareils analogiques de bas de gamme. Les principales définitions utilisées par les constructeurs des appareils numériques sont :

Information : Ce terme désigne la donnée physique à l'entrée de l'appareil

- **Information** : Ce terme désigne la donnée physique à l'entrée de l'appareil
- **Signal** : C'est la grandeur électrique (courant ou tension) image de l'information.
- **Capteur** : C'est le dispositif qui saisit l'information et la transforme en un signal exploitable par l'appareil de mesure. (exemple : le microphone est un capteur qui transforme le son en un signal électrique)
- **Nombre de points** : (N) Il correspond au nombre de valeurs différentes que peut afficher l'appareil dans une gamme de mesure (exemple : pour un appareil à 4 afficheurs, le nombre de points de mesure est  $N = 10^4$ ).
- Pas de quantification : (q) la plus petite valeur différente de 0 dans la gamme de mesure (exemple : pour un appareil de mesure à 4 afficheurs, utilisé dans la gamme de 10 V, le pas de quantification est
$$q = 10/N = 1 \text{ mV}.$$
- **Digit** : Désigne le dispositif qui affiche tous les chiffres de 0 à 9 de même poids dans un nombre.
- **Résolution** : C'est la valeur du pas de quantification dans la gamme. Elle correspond à la plus petite variation de la valeur de la grandeur que l'appareil peut détecter dans une gamme. Résolution = gamme de mesure / nombre de points N. (Exemple : la résolution d'un appareil de 100000 points dans la gamme de 1 V est égale à  $10\mu V$ ).
- **Précision** : La précision d'un appareil dépend de la résolution de l'appareil, de la qualité des composants, la précision des références de tension et de temps etc... La précision d'un appareil numérique est généralement donnée en pourcentage de la

lecture pour chaque gamme. Cette précision peut être très grande pour certains appareils. Les appareils portatifs courants ont des précisions variant de 0.1% à 1% de la lecture suivant la gamme et la grandeur mesurée, et dans la plus part des cas à une ou deux unités (ou digits) près. (Exemple : gamme 2 V ; Résolution 1 mV ; précision  $\pm 0.1\% + 2 \text{ dgt}$  ; lecture 1V. La précision de cette mesure sera  $0.1\% * 1V + 2 * 1\text{mV} = 3 \text{ mV}$ ).

### 3. Exemples d'appareils de mesure numériques : Le multimètre numérique

#### 3.1 Présentation

Le multimètre numérique est construit autour d'un voltmètre numérique et comporte à minima un convertisseur courant-tension permettant de le faire fonctionner en ampèremètre et un générateur de courant constant pour fonctionner en ohmmètre.

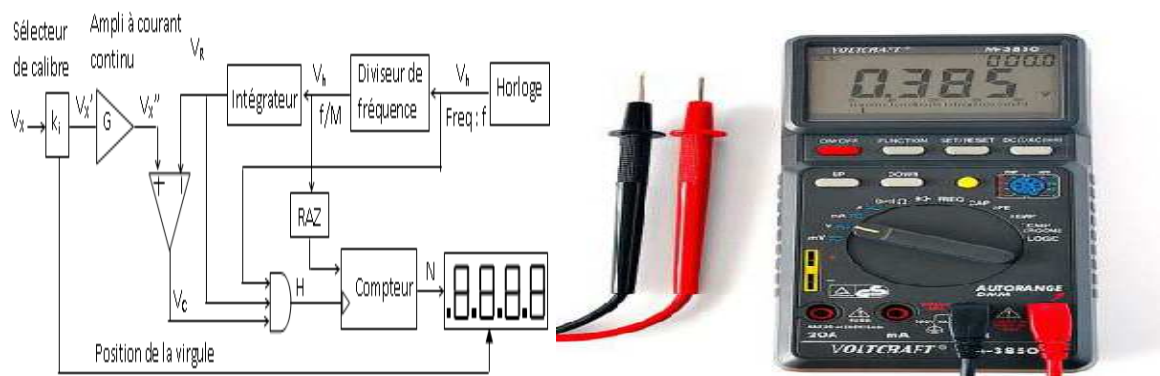


Figure 5: multimètre numérique

Le choix du type de mesure (de l'instrument), du calibre ou échelle de mesure se fait généralement à l'aide d'un commutateur rotatif, des boutons poussoirs peuvent commander des fonctions supplémentaires. Les multimètres les plus récents, souvent les plus simples d'emploi, choisissent automatiquement le bon mode et le bon calibre. D'autres fonctions de mesure peuvent être disponibles selon le degré de sophistication du multimètre :

- test de continuité avec ou sans biper ;
- amplification pour mesurer les très basses tensions et les résistances élevées ;
- mesure de la capacité d'un condensateur ou d'un circuit capacitif ;
- mesure de l'inductance d'une bobine ou d'un circuit inductif (self) ;
- mesure de température, avec l'aide d'une sonde extérieure ;
- tests de semi-conducteur discret : diodes, gain des transistors
- mesure de fréquence de signaux électriques ;
- mesure des pics (haut et bas) de tension (peak hold).

#### 3.2 Caractéristiques :

Les multimètres sont caractérisés par :

- **Nombre de points** : C'est la première caractéristique d'un multimètre ; Exemple : Affichage de 0000 à 9999 : 10000 valeurs possibles donc 10000 points de mesure.

- **Résolution** : C'est la valeur du pas de quantification dans la gamme. Elle correspond à la petite variation de la valeur de la grandeur que l'appareil peut détecter dans une gamme.

Exemple : Appareil à 100000 points de mesure, dans la gamme 1V, la résolution est égale à  $10\mu\text{V}$ .

- **Fidélité** : Elle est liée à la stabilité des caractéristiques des composants électroniques utilisés et la stabilité des références de tension et de temps. Exemple : Oscillateur ou horloge à quartz à 5MHz. à Stabilité :  $5.10^{-7}$  par mois. La variation de fréquence en un mois :  $5.10^6 \times 5.10^{-7} = 2.5\text{Hz}$ .

#### 4. Symboles des instruments numériques

Les principaux symboles des instruments numériques sont identiques à ceux des instruments analogiques. Ils possèdent généralement une sélection automatique de la gamme de mesure, avec parfois la possibilité de passer en manuel pour des mesures particulières.

Contrairement aux instruments analogiques, la classe de précision ainsi que les symboles ne figurent pas sur l'instrument. Le triangle avec le point d'exclamation indique que les caractéristiques se trouvent dans la documentation jointe avec l'instrument.



Symboles					
	Important, sécurité. Le manuel contient des explications.		ca ou cc		"Bip" de continuité
	Tension dangereuse possible		Masse		Diode
	ca Courant alternatif		Fusible		Condensateur
	cc Courant continu		Isolant double (Protection classe II)		Gamme manuelle
			Pile		Touch Hold automatique

#### 5. Avantages et inconvénients des appareils numériques

Le principal avantage des instruments de mesure numériques est d'éliminer les erreurs de lecture dues à l'imprécision de la lecture.

##### 5.1 Avantages

Les principaux avantages des appareils à affichage numérique sont:

- ✓ La facilité d'utilisation
- ✓ La grande précision

- ✓ La résistance d'entrée supérieure à  $1M/v$
- ✓ Leur facilité de lecture

## 5.2 Inconvénients

**Les inconvénients sont:**

- ✓ Le prix qui reste assez élevé
- ✓ Leur fragilité (n'accepte pas les chocs électriques et mécaniques)
- ✓ Les difficultés à repérer le maximum ou le minimum d'un signal.