

Chapitre 1. Notions fondamentales de la mesure

Introduction :

Dans l'instrumentation moderne, on constate pratiquement que chaque équipement ou appareil de mesure comprend un ou plusieurs microprocesseurs. Il convient donc, à l'intérieur du système de mesure de convertir le signal analogique représentant la grandeur que l'on veut mesurer en une valeur numérique que l'on pourra traiter. L'information concernant la grandeur à mesurer va ainsi traverser une série d'éléments et d'appareils avant d'obtenir le résultat. Cette succession d'appareils ou éléments est appelée une chaîne de mesure

1- Définitions

- **Grandeur (mesurable)** : attribut d'un phénomène, d'un corps ou d'une substance susceptible d'être distinguée qualitativement et déterminée quantitativement
- **Unité de mesure** : c'est une grandeur particulière, définie par convention, à laquelle on compare les autres grandeurs de même nature pour les exprimer quantitativement.
- **Mesurage** : ensemble des opérations ayant pour but de déterminer une valeur d'une grandeur.
- **Mesurande** : grandeur particulière soumise à mesurage.
- **Incertitude de mesure** : paramètre, associé au résultat d'un mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient être attribuées au mesurande.
- **Etalon de mesure** : dispositif auquel on doit se fier pour contrôler l'exactitude des résultats fournis par un appareil de mesure.

2- Synoptique d'une chaîne de régulation industrielle

Le contrôle de procédé met en œuvre une chaîne d'outils à plusieurs niveaux. Schématiquement, le lien entre le capteur et l'actionneur peut se représenter comme suit :

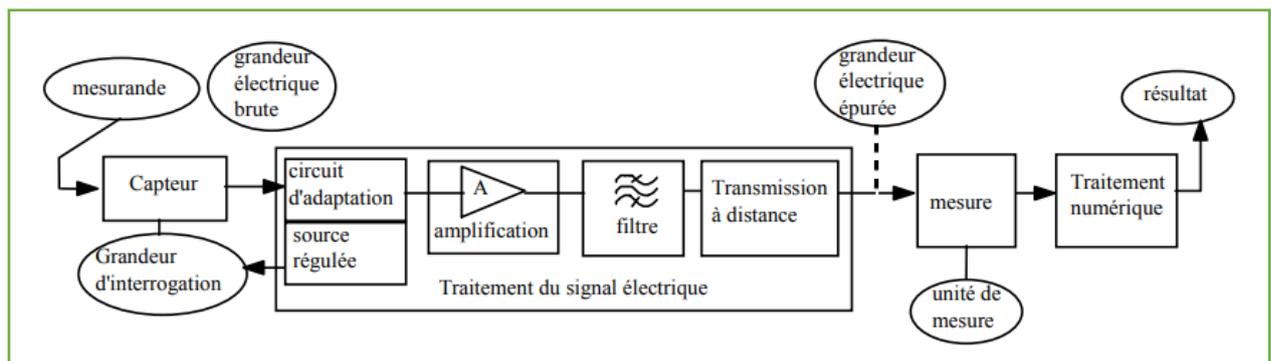


Fig. Schéma de principe d'une chaîne de traitement de l'information

3- Classification des Capteurs

3-1 Définition :

Un capteur est un dispositif qui produit, à partir d'une grandeur physique, une grandeur électrique utilisable à des fins de mesure ou de commande. Cette grandeur électrique (tension ou courant) doit être une représentation aussi exacte que possible du mesurande considéré. On distingue les capteurs actifs et les capteurs passifs.

3-2 Les capteurs actifs : Ils sont basés sur un effet physique qui permet de transformer l'énergie du mesurande (énergie mécanique, thermique ou de rayonnement), en énergie électrique.

Les principes physiques de base et les modes d'application de ces effets sont regroupés dans le tableau suivant :

Grandeur physique à mesurer	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermo-électrique	Tension
Flux par rayonnement	Photo-électrique	Tension
	Photovoltaïque	Tension
	Pyro-électrique	Charge
Force	Piézo-électrique	Charge
Pression	Piézo-électrique	Charge
Accélération	Piézo-électrique	Charge
Vitesse	Induction électromagnétique	Tension
Position	Hall	Tension

Tab 1 : Les Grandeurs physiques

3-3 Les capteurs passifs

Les capteurs passifs sont des impédances intégrées dans un circuit électrique (Conditionneur), dont l'un des paramètres déterminants est sensible au mesurande.

La variation d'impédance résulte de l'effet de la grandeur à mesurer sur :

- Soit les caractéristiques géométriques ou dimensionnelles qui peuvent varier si le capteur comporte un élément mobile ou déformable.

NB : 1- Dans ce cas, à chaque position de l'élément mobile correspond une valeur de l'impédance dont la mesure permet de connaître la position (exp : le potentiomètre)

2- Dans le cas de déformation appliquée au capteur entraîne une modification de l'impédance (principe des capteurs de déformation tels que les jauges de contraintes).

- Soit les propriétés électriques des matériaux (résistivité ρ , perméabilité magnétique μ , constante diélectrique ϵ), qui peuvent être sensibles à différentes grandeurs physiques.

Si on fait varier une de ces grandeurs en maintenant les autres constantes, il s'établit une relation entre la valeur de cette grandeur et celle de l'impédance du capteur.

Un aperçu des principaux mesurandes permettant de modifier les propriétés électriques des matériaux utilisés pour la fabrication des capteurs passifs :

Mesurande	Type de matériaux utilisés	Caractéristique électrique sensible
Température	Métaux, Semi-conducteurs	Résistivité
Flux par rayonnement	Semi-conducteurs	Résistivité
Déformation	Alliages de nickel	Résistivité
	Alliages ferromagnétiques	Perméabilité magnétique
Position	Matériaux magnéto-résistants	Résistivité
Humidité	Chlorure de Lithium	Résistivité
	Polymères	Constante diélectrique
Niveau	Liquides isolants	Constante diélectrique

Tab 2 : Principaux mesurandes

Annexe A :

Les grandeurs électriques et leurs unités de base dans le système international (SI) sont données par le tableau suivant :

Grandeur	Symbole	Unité	Symbole	Appareil de mesure
Tension (d.d.p)	U	Volt	V	Voltmètre
f.é.m. ou f.c.m.	E	Volt	V	Voltmètre
Courant	I	Ampère	A	Ampèremètre
Puissance active	P	Watt	W	Wattmètre
Puissance réactive	Q	Volt ampère réactive	VAR	Var mètre
Puissance apparente	S	Volt ampère	VA	
Énergie ou travail	E ou W	kilo Watt heure ou Joule	KWh ou J	Compteur d'énergie
Résistivité	ρ	Ohm-mètre	Ωm	
Résistance	R	Ohm	Ω	Ohmmètre
Réactance	X	Ohm	Ω	Pont d'impédances
Impédance	Z	Ohm	Ω	Pont d'impédances
Capacité	C	Farad	F	Capacimètre
Inductance	L	Henry	H	Henry mètre
Période	T	Seconde	S	Période mètre
Fréquence	F	Hertz	Hz	Fréquencemètre
Température	T	Degrés Celsius	$^{\circ}C$	Thermomètre
Pression	P	Pascal	Pa (ou bar)	Baromètre
Chaleur	Q	Calorie	Cal	Calorimètre
Éclairement	E	Luxe	Lux	Luxmètre
Intensité lumineuse	I	Candela	Cd	Candela mètre
Vitesse de rotation	Ω ou N	Tour par minute	tr/mn	Tachymètre
Induction magnétique	B	Tesla	T	Tesla mètre
Flux d'induction	Φ	Weber	Wb	Flux mètre
Pulsation	ω	Rad par seconde	Rad/s	

Remarque : Quelques unités d'origine anglo-saxonne sont également très utilisées :

Le pouce (inch): $1 \text{ in} = 2,54\text{cm} = 25.4\text{mm}$;

Le pied (foot) : $1\text{ft} = 12\text{pouce} = 30,5\text{cm} = 0.305\text{m}$;

La livre (pound) : $1\text{lb} = 453.6\text{g}$;

Le mile : $1\text{mi} = 5280\text{ft} = 1609\text{m} = 1,609\text{km}$;

Le mil : $1\text{mil} = 10^{-3} \text{ in} = 25.4\mu\text{m}$; **Icheval :** $1\text{CV} = 735,499\text{W}$.

Equivalences des unités traditionnelles et les unités légales :

Grandeurs	Unités traditionnelles	Unités légales
Force	1 Kgf	9,8 N
	0.102 Kgf	1 N
Pression	1 Kgf/m ²	9.8 Pa
	0.102 Kgf/m ²	1 Pa=10 ⁻² bar
Energie	1 cal	4.1855 J
	0.2389 cal	1 J
	1 Kcal	1.163 Wh
	0.860 Kcal	1 Wh= 3600J
Puissance	1 Kcal/h	1.163 W
	0.860 Kcal/h	1 w

Multiples et sous multiples des unités

Multiples des unités

Préfixe du nom de l'unité	Symbole à placer devant celui de l'unité	Multiplicateur de l'unité
Yotta	Y	10 ²⁴
Zetta	Z	10 ²¹
Exa	E	10 ¹⁸
Péta	P	10 ¹⁵
Téra	T	10 ¹²
Giga	G	10 ⁹
Méga	M	10 ⁶
Kilo	K	10 ³
Hecto	h	10 ²
déca	da	10 ¹

Tableau 1 : Multiples des unités

Sous multiples des unités

Préfixe du nom de l'unité	Symbole à placer devant celui de l'unité	Multiplicateur de l'unité
déci	d	10 ⁻¹
centi	c	10 ⁻²
milli	m	10 ⁻³
micro	μ	10 ⁻⁶
nano	n	10 ⁻⁹
pico	p	10 ⁻¹²
femto	f	10 ⁻¹⁵
atto	a	10 ⁻¹⁸
zepto	z	10 ⁻²¹
yocto	y	10 ⁻²⁴