

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION A LA METROLOGIE

1.1 NOTIONS DE BASE

1.1.1 Quelques définitions

La métrologie : C'est la science de la mesure.

Le mesurage : C'est l'ensemble des opérations expérimentales dont le but est de déterminer la valeur numérique d'une grandeur.

Le mesurande : C'est la grandeur physique particulière qui fait l'objet du mesurage.

L'incertitude : Le résultat de la mesure x d'une grandeur X ne peut pas être entièrement défini par un seul nombre. Il faut le caractériser par un couple (x, dx) où dx représente l'incertitude sur x due aux différentes erreurs liées au mesurage:
 $x - dx < X < x + dx$.

L'erreur absolue : C'est la différence entre la vraie valeur du mesurande et sa valeur mesurée. *Elle s'exprime en unité de la mesure.*

L'erreur relative : C'est le rapport de l'erreur absolue au résultat du mesurage. *Elle s'exprime en pourcentage de la grandeur mesurée.*

1.1.2 Le système d'unités internationales (SI) et ses symboles

Le système d'unités internationales comporte 7 unités de base indépendantes du point de vue dimensionnel, des unités dérivées et des unités complémentaires. Les grandeurs les plus fréquemment utilisées, ainsi que leurs unités sont présentées dans le tableau suivant :

Unités de base		
Grandeur	Unité (SI)	Symbole
Longueur (notée l)	mètre	m
Masse (notée m)	Kilogramme	kg
Temps (noté t)	seconde	s
Courant électrique (noté i)	Ampère (André Marie Ampère, 1775-1836)	A
Température (notée T)	Kelvin (Lord Kelvin, Angleterre, 1824-1907)	K
Quantité de matière	mole	mol
Intensité lumineuse (notée I)	la candela	cd

Unités dérivées		
Grandeur	Unité (SI)	Symbole
Aire (notée A ou S)	mètre carré	m ²
Volume (noté V)	mètre cube	m ³
Fréquence (notée f)	Hertz (Heinrich Hertz, Allemagne, 1857-1894)	Hz
Unités complémentaires		
Grandeur	Unité (SI)	Symbole
Angle plan	radian	rad
Angle solide	stéradian	Sr

1.1.3 Les multiples et les sous-multiples des unités

Multiples		
Multiple	Préfixe	Symbole
10 ¹²	téra	T
10 ⁹	giga	G
10 ⁶	méga	M
10 ³	kilo	k
10 ²	hecto	h
10	déca	da
Sous-multiples		
Multiple	Préfixe	Symbole
10 ⁻¹	déci	d
10 ⁻²	centi	c
10 ⁻³	milli	m
10 ⁻⁶	micro	μ
10 ⁻⁹	nano	n
10 ⁻¹²	pico	p

1.1.4 Liens entre les unités SI et les unités anglo-saxonnes

Distance :

- pouce (inch) : 1 in = 2.54 cm

- pied (foot) : 1 ft = 12 in = 30.48 cm
- mile (miles) : 1 mile = 5280 ft = 1.609 km

Volume :

- pinte (pint) : 1 pint = 0.94 l
- gallon (US gallon) : 1 US gal = 4 pintes = 3.786 l
- baril (US barrel) : 1 bbl = 42 USgal = 159 l

Masse :

- once (ounce) : 1 oz = 28.35 g
- livre (pound) : 1 lb = 0.454 kg

Puissance :

- cheval vapeur (horsepower) : 1 hp = 0.736 kW

1.2. CLASSIFICATION DES CAPTEURS

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.

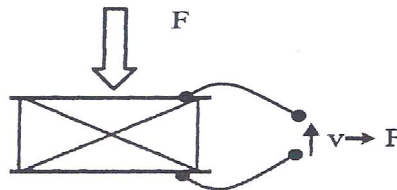
1.2.1 Les capteurs actifs

Ils se comportent comme des générateurs. Ils sont basés sur un effet physique qui permet de transformer l'énergie du mesurande (énergie mécanique, thermique ou de rayonnement), en énergie électrique. La réponse en sortie d'un capteur actif peut être un courant, une tension ou une charge. Parmi ces effets, les plus importants sont :

- **L'effet piezo-électrique :**

L'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézo-électriques (le quartz par exemple) entraîne une déformation qui provoque l'apparition de charges électriques égales et de signes contraires sur les faces opposées du matériau.

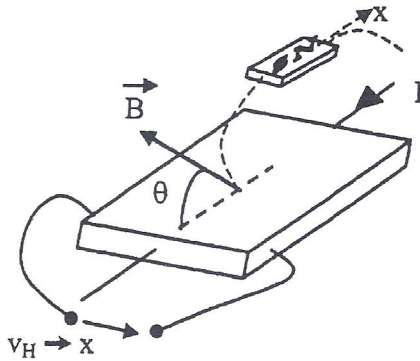
Exemple d'application : la mesure de force, de pression ou d'accélération à partir de la tension que provoquent aux bornes d'un condensateur associé à l'élément piézo-électrique les variations de sa charge.



- **L'effet Hall :**

Lorsqu'un matériau est parcouru par un courant I et soumis à un champ B formant un angle θ avec le courant, il apparaît une tension de Hall V_H dans une direction qui leur est perpendiculaire ($V_H = K_H \cdot I \cdot B \cdot \sin \theta$, où K_H est une constante qui dépend du matériau considéré).

Exemple d'application : la mesure de la tension V_H permet de déterminer la position d'un objet qui est lié à un aimant.



▪ **L'effet photovoltaïque :**

Un rayonnement lumineux sur l'assemblage de semi-conducteurs de types opposés P et N provoque la libération d'électrons (charges négatives) et de trous (charges positives) au voisinage de la jonction illuminée. Leur déplacement dans le champ électrique de la jonction modifie la tension à ses bornes.

Exemple d'application : la mesure de la tension de sortie permet de déterminer le flux par rayonnement.

1.2.2 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.
- Soit les propriétés électriques des matériaux (résistivité ρ , perméabilité magnétique μ , constante diélectrique ϵ), qui peuvent être sensibles à différentes grandeurs physiques (température, humidité, éclairage ...).

1.2.3 Les grandeurs d'influence

En raison des conditions d'utilisation, le capteur peut se trouver soumis non seulement à l'influence du mesurande, mais également à d'autres grandeurs physiques qui peuvent entraîner une variation de la grandeur électrique de sortie qu'il n'est pas possible de distinguer de l'action du mesurande. Ces grandeurs physiques « parasites » auxquelles la réponse du capteur peut être sensible représentent les grandeurs d'influence, dont les plus importantes sont : la température, la pression, l'humidité, les champs magnétiques, la lumière ambiante, les vibrations...

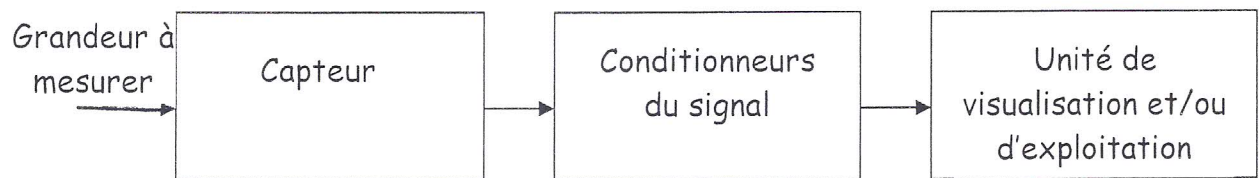
Afin de pouvoir déduire de la valeur mesurée, les valeurs correspondant à ces grandeurs parasites, il faut :

- Réduire l'importance des grandeurs d'influence au niveau du capteur en le protégeant par un isolement adéquat.
- Stabiliser les grandeurs d'influence à des valeurs parfaitement connues et étalonner le capteur dans ces conditions de fonctionnement.
- Utiliser éventuellement des montages électriques permettant de compenser l'influence de ces grandeurs, comme par exemple un pont de Wheatstone avec un capteur identique placé dans une branche adjacente au capteur.

1.3. LA CHAÎNE DE MESURE

La chaîne de mesure est constituée d'un ensemble de dispositifs (y compris le capteur), permettant de déterminer, de la manière la plus précise que possible, la valeur du mesurande considéré.

Dans sa structure de base, une chaîne de mesure doit pouvoir assurer, au moyen de dispositifs appropriés, les fonctions suivantes :



- L'extraction de l'information et la traduction de la grandeur physique à mesurer en signal électrique par le capteur.
- Le conditionnement du signal afin d'éviter sa dégradation par le bruit ou par des signaux parasites : amplification, filtrage.
- La visualisation et/ou l'utilisation des informations recueillies afin de lire la valeur de la grandeur mesurée et/ou de l'exploiter dans le cas d'un asservissement : microprocesseur, microcontrôleur.