

capteurs et chaîne de mesure

Table des matières

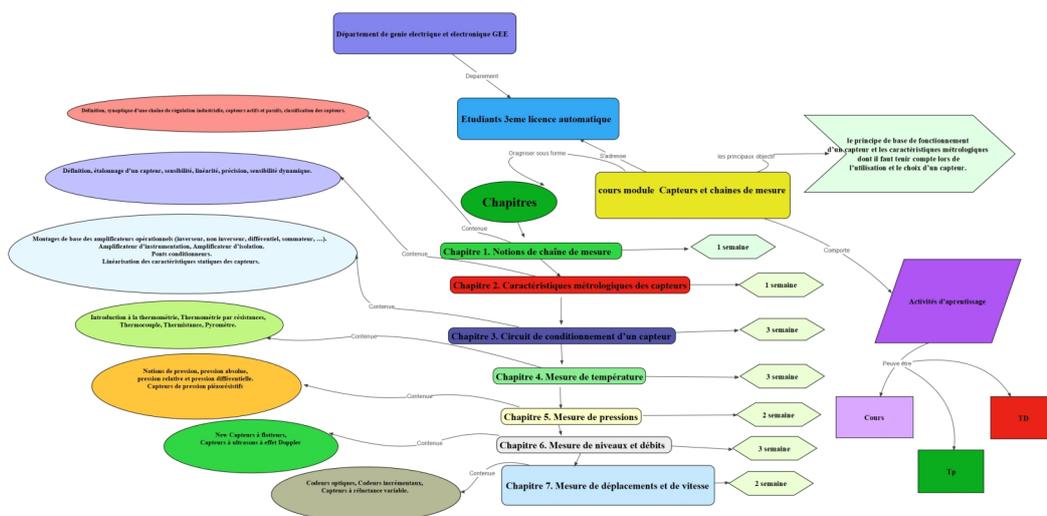


I - Carte Mentale & Pré-requises	3
1. Carte Mentale	3
2. Pré-Requises	3
II - Chapitre I. Notions de chaîne de mesure	4
1. 1.– Introduction	4
2. 2 - Rôle du capteur	5
2.1. 2.1.2- Capteurs passifs :	7
3. 3 Conditionneurs des capteurs passifs	8
3.1. Les types de conditionneurs les plus généralement utilisés sont :	8
3.2. 3.1. Caractéristiques générales des conditionneurs de capteurs passifs	9
4. Exercice : Exercice d'Application	12
III - Chapitre II : Caractéristiques métrologiques des capteurs	13
1. Caractéristiques déterminantes dans le choix d'un capteur	13
1.1. Principales caractéristiques d'un capteur	13
2. Exercice : Exercice d'Application	22



Carte Mentale & Pré-requises

1. Carte Mentale



2. Pré-Requises

- la définition d'un grandeur physique
- la définition d'un grandeur électrique
 - la définition d'un capteur
 - les différents types de capteur
 - les caractéristiques de capteur

Chapitre I. Notions de chaîne de mesure



1. 1.– 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 dans le processeur. Les signaux de sortie d'un capteur sont généralement petits, il est donc nécessaire de les amplifier.

Un capteur sensible aux variations d'une grandeur physique et qui, à partir de ces variations, délivre un signal électrique.

Un conditionneur de signal dont le rôle principal est l'amplification du signal

délivré par le capteur pour lui donner un niveau compatible avec l'unité de numérisation; cet étage peut parfois intégrer un filtre qui réduit les perturbations présentes sur le signal.

Une unité de numérisation qui va échantillonner le signal à

intervalles réguliers et affecter un nombre (image de la tension) à chaque point d'échantillonnage.

L'unité de traitement informatique peut exploiter les mesures qui sont maintenant une suite de nombres (enregistrement, affichage de courbes, traitements Mathé-

matiques, transmissions des données ...).

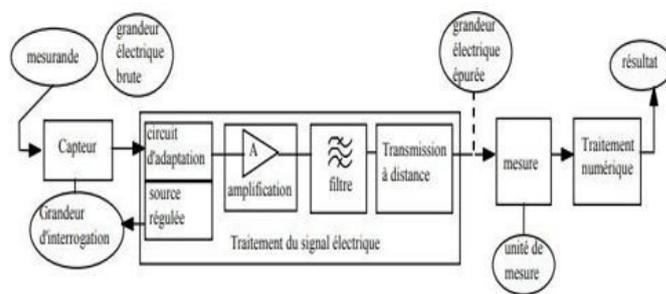
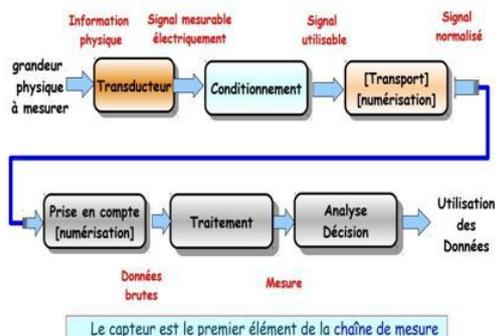
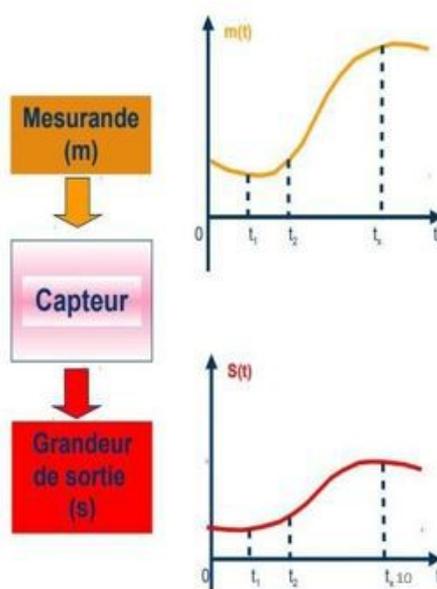


Figure 1.1 - Éléments d'une chaîne de mesure



2. 2 - Rôle du capteur

- Le capteur réagit aux variations de la grandeur physique que l'on veut étudier (*mesurande*), en général en délivrant un signal électrique donnant une *image du mesurande*
- Le transducteur est l'élément fondamental qui permet de passer du domaine physique du mesurande au domaine électrique [optique, pneumatique...]



2.1- 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.

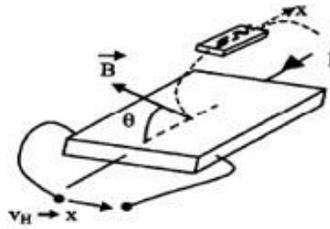
2.1.1- Les capteurs actifs :

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 thermoélectrique

Un circuit formé de deux conducteurs de nature chimique différente, dont les jonctions sont à des températures T_1 et T_2 , est le siège d'une force électromotrice $e = f(T_1, T_2)$.

Exemple d'application : la mesure de e permet de déterminer une température inconnue T_1 , lorsque la température T_2 est connue (principe du thermocouple).



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.

Grandeur physique mesurée	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
Flux de rayonnement optique	Photo-émission	Courant
	Effet photovoltaïque	Tension
	Effet photo-électrique	Tension
Force	Piézo-électricité	Charge électrique
Pression		
Accélération	Induction électromagnétique	Tension
Vitesse		
Position (Aimant)	Effet Hall	Tension
Courant		

2.1. 2.1.2- Capteurs passifs :

Il s'agit généralement d'impédance dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée. La variation d'impédance résulte :

Soit d'une variation de dimension du capteur, c'est le principe de fonctionnement d'un grand nombre de capteur de position, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile.

Soit d'une déformation résultant de force ou de grandeur s'y ramenant, pression accélération (armature de condensateur soumise à une différence de pression, jauge d'extensomètre liée à une structure déformable).

Grandeur mesurée	Caractéristique électrique sensible	Type de matériau utilisé
Température	Résistivité	Métaux : platine, nickel, cuivre ...
Très basse température	Constante diélectrique	Verre
Flux de rayonnement optique	Résistivité	Semi-conducteur
Déformation	Résistivité	Alliage de Nickel, silicium dopé
	Perméabilité magnétique	Alliage ferromagnétique
Position (aimant)	Résistivité	Matériaux magnéto résistants : bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

capteur composite



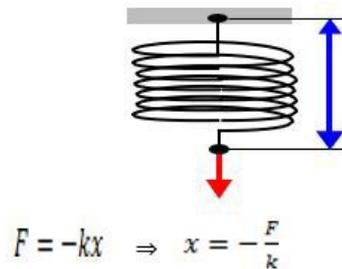
- Le **corps d'épreuve** a pour fonction de transformer la grandeur à mesurer (**mesurande**) en une grandeur physique secondaire (**mesurande secondaire**) plus facile à mesurer.
- Pour de nombreux capteurs, il peut y avoir plusieurs corps d'épreuve avant la mesure électrique

Corps composite

Exemple simple : Mesure d'une force mécanique

On utilise comme corps d'épreuve un élément élastique, respectant la loi linéaire (raideur constante) .

- Le mesurande force est transformé en mesurande déplacement
- Le capteur de force utilise ainsi les technologies du capteur de déplacement



3. 3 Conditionneurs des capteurs passifs

Le choix d'un conditionneur est une étape importante dans la réalisation d'un ensemble de mesure. C'est, en effet, l'association capteur + conditionneur qui détermine le signal électrique. De la constitution du conditionneur dépend un certain nombre de performances de l'ensemble de mesure : sa sensibilité, sa linéarité, son insensibilité à certaines grandeurs d'influence...

3.1. Les types de conditionneurs les plus généralement utilisés sont :

- Le montage potentiométrique qui est l'association en série d'une source, du capteur et d'une impédance qui peut être ou non du même type. C'est un montage simple, dont l'inconvénient majeur est sa sensibilité aux parasites.

- Le pont d'impédances dont l'équilibre permet la détermination de l'impédance du capteur et/ou dont le déséquilibre est une mesure de la variation de cette impédance. C'est donc un double potentiomètre. Le caractère différentiel de la mesure permet de réduire de façon importante l'influence des parasites.
 - Le circuit oscillant où est inclus l'impédance du capteur qui en fixe la fréquence.
 - L'amplificateur opérationnel dont le gain sera déterminé par l'impédance du capteur.

3.2. 3.1. Caractéristiques générales des conditionneurs de capteurs passifs

3.1.1. Principaux types de conditionneurs

- Les variations, de l'impédance Z_c d'un capteur passif, liées aux évolutions du mesurande ne peuvent être traduites sous la forme d'un signal électrique qu'en associant au capteur une source de tension e_s ou de courant i_s et généralement d'autres impédances Z_k constituant alors le conditionnement du capteur.
 - On peut distinguer deux groupes principaux de conditionneurs selon qu'ils transfèrent l'information liée aux variations d'impédance du capteur :
 - soit sur l'amplitude du signal de mesure $V_m = e_s \cdot F(Z_k, Z_c)$ ou $i_m = i_s \cdot F(Z_k, Z_c)$, c'est le cas des montages potentiométriques et des ponts.
 - soit sur la fréquence du signal de mesure $f_m = G(Z_k, Z_c)$, il s'agit alors d'oscillateurs.

Lorsque avec ces conditionneurs, on utilise une source de tension e_s sinusoïdale, le signal de mesure résulte d'une modulation d'amplitude de la source e_s par les variations de Z_c . Pour retrouver l'information, il faut alors démoduler puis filtrer le signal de mesure. Pour que cela soit réalisable, il faut que la fréquence de la source soit supérieure à cinq fois la fréquence maximale des variations du mesurande.

Les oscillateurs utilisés en conditionneur peuvent être de type sinusoïdal ou de relaxation. Ils délivrent un signal dont la fréquence est modulée par l'information ce qui leur assure une bonne protection contre les parasites, en particulier dans le cas de télémessures. En outre, la conversion de l'information sous forme numérique est facilitée puisqu'il suffit de faire un comptage de période.

3.2.1. 3.2-Montage potentiométrique :

Le capteur de résistance R_c en série avec une résistance R_1 est alimenté par une source de tension de résistance R_s . La tension v_m est mesurée aux bornes du capteur par un appareil de résistance d'entrée R_d . La tension v_m s'écrit

$$V_m = e_s \cdot \frac{R_c R_d}{R_c (R_s + R_1) + R_d (R_s + R_1 + R_c)}$$

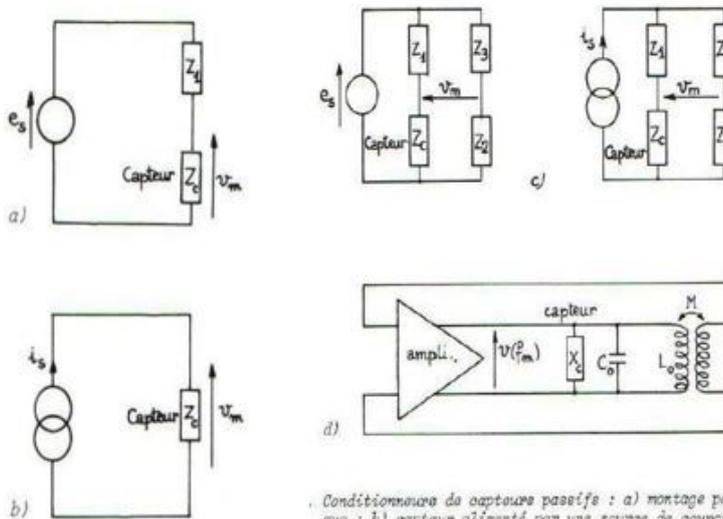
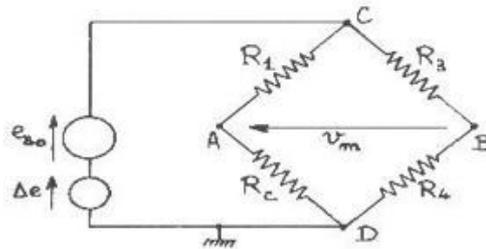
La tension aux bornes du capteur est indépendante de l'appareil de mesure à condition que sa résistance d'entrée R_d soit grande devant celle du capteur R_c , dans ce cas

$$v_m = e_s \cdot \frac{R_c}{R_3 + R_1 + R_c} \quad \text{si } R_d \gg R_c$$

a) 3.3-Les ponts :

Le montage en pont peut être décrit comme un double montage potentiométrique. C'est pourquoi on retrouve dans l'étude des ponts des méthodes de linéarisation et de compensation de grandeurs d'influence

semblables à celles utilisées dans les montages potentiométriques. L'intérêt des ponts résulte de la nature différentielle de la mesure qui la rend moins sensible aux bruits et aux dérives de la source. Cette propriété générale est mise en évidence ci-dessous dans l'exemple particulier d'un pont résistif .



Conditionnement de capteurs passifs : a) montage potentiométrique ; b) capteur alimenté par une source de courant ; c) montage en pont ; d) oscillateur sinusoïdal.

Capteur de position

Faible distance



Capteur de proximité

Forte distance



Règle de mesure

Capteur de vitesse

Sans contact



Tachymétrie optique ou magnétique

Avec entrainement



Dynamo Tachymétrique

Capteur de pression



Affichage mécanique



Capteurs électroniques



Capteurs industriels

Capteur de force /couple

pesage en extension



Balance

pesage en compression



Couple



Capteur de débit

Gaz



Portable



capteur industrielle



Laboratoire



Liquide

4. Exercice : Exercice d'Application

Dans une conduite dans laquelle s'écoule un fluide on mesure le débit Q à l'aide d'un débitmètre ultrasonore. En effectuant 2 séries de 12 mesures à 1h d'intervalle on obtient les valeurs suivantes (en m^3/s) :

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
Q1	0.009 9	0.010 4	0.009 7	0.009 9	0.010 8	0.01 01	0.010 5	0.0100	0.010 0	0.00 96	0.010 1
Q2	0.010 1	0.010 7	0.009 5	0.009 3	0.009 7	0.01 02	0.009 3	0.0091	0.009 7	0.00 98	0.010 1

- 1) Y-a-t-il des valeurs qu'on peut les rejeter de ces résultats ?
- 2) Calculer les valeurs moyennes de Q1 et Q2.
- 3) Calculer les écarts-type sur les mesures.
- 4) Déduire l'intervalle de confiance à 90%

Chapitre II : Caractéristiques métrologiques des capteurs

III

1. Caractéristiques déterminantes dans le choix d'un capteur

Pour une application donnée, il est fréquent que plusieurs technologies de capteur puissent convenir. Leur choix dépendra des performances visées en termes de caractéristiques de mesure, dont les principales sont définies ci-après.

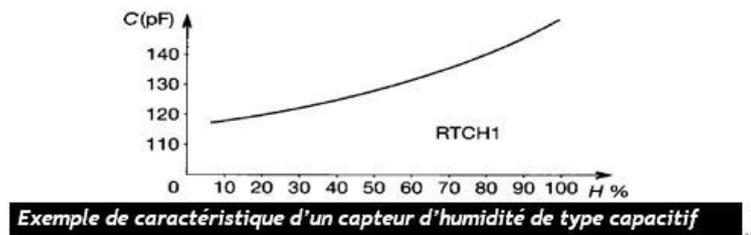
1.1. Principales caractéristiques d'un capteur

Capteurs : Caractéristiques

Différentes caractéristiques méritent d'être considérées afin de pouvoir comparer des capteurs et faire des choix en fonction des applications visées.

Relation d'évolution de la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée.

Elle est donnée classiquement par une courbe en régime permanent. Elle ne fournit pas d'informations sur les caractéristiques transitoires du capteur.



le fonctionnement du capteur et dans son expression numérique de sa construction (géométrie, dimensions), des matériaux qui le constituent et éventuellement de son environnement et de son mode d'emploi (température, alimentation). Pour tout capteur la relation $s = F(m)$ sous

sa forme numériquement exploitable est explicitée par étalonnage : pour un ensemble de valeurs de m connues avec précision, on mesure les valeurs correspondantes de s ce qui permet de tracer la courbe d'étalonnage (figure a) ; cette dernière, à toute valeur mesurée de s , permet d'associer la valeur de m qui la détermine (figure b).

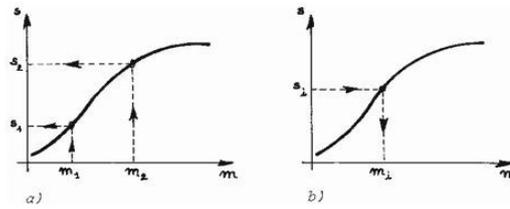


Figure Courbe d'étalonnage d'un capteur : a) son établissement, à partir de valeurs connues du mesurande m ; b) son exploitation, à partir des valeurs mesurées de la réponse s du capteur.

Pour des raisons de facilité d'exploitation on s'efforce de réaliser le capteur, ou du moins de l'utiliser, en sorte qu'il établisse une relation linéaire entre les variations Δs de la grandeur de sortie et celles Δm de la grandeur d'entrée :

$$\Delta s = S \cdot \Delta m$$

S est la **sensibilité du capteur**

Un des problèmes importants dans la conception et l'utilisation d'un capteur est la constance de sa sensibilité S qui doit dépendre aussi peu que possible :

- de la valeur de m (**linéarité**) et de sa fréquence de variation (**bande passante**);
- du temps (**vieillessement**);
- de l'action d'autres grandeurs physiques de son environnement qui ne sont pas l'objet de la mesure et que l'on désigne comme **grandeurs d'influence**.

En tant qu'élément de circuit électrique, le capteur se présente, vu de sa sortie :

- soit comme un générateur, s étant une charge, une tension ou un courant et il s'agit alors **d'un capteur actif** ;
- soit comme une impédance, s étant alors une résistance, une inductance ou une capacité : le **capteur est alors dit passif**.

Cette distinction entre capteurs actifs et passifs basée sur leur schéma électrique équivalent traduit en réalité une différence fondamentale dans la nature même des phénomènes physiques mis en jeu. Le signal électrique est la partie variable du courant ou de la tension qui porte l'information liée au mesurande : amplitude et fréquence du signal doivent être liées.

sans ambiguïté à l'amplitude et à la fréquence du mesurande. Un capteur actif qui est une source, délivre immédiatement un signal électrique ; il n'en est pas de même d'un capteur passif dont les variations d'impédance ne sont mesurables que par les modifications du courant ou de la tension qu'elles entraînent dans un circuit par ailleurs alimenté par une source extérieure. Le circuit électrique nécessairement associé à un capteur passif constitue son conditionneur et c'est l'ensemble du capteur et du **conditionneur** qui est la source du signal électrique.

1.1.1. Sensibilité

Représente l'évolution de la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée en un point donné de la caractéristique entrée-sortie du capteur. C'est donc la pente de la tangente à cette courbe. Dans le cas d'un capteur linéaire, la sensibilité du capteur est constante. Elle ne fournit pas d'informations sur les caractéristiques transitoires du capteur.

$$\text{Sensibilité} = \frac{d(\text{Grandeur de sortie})}{d(\text{mesurande})} \Big|_{\text{Ptd'étude}}$$

Sensibilité : Facteur de proportionnalité entre le signal de sortie du capteur s et la grandeur mesurée. Pour une valeur donnée m du mesurande, la sensibilité $S(m)$ du capteur est égale au rapport entre la variation de la sortie électrique et la variation du mesurande :

_ Sensibilité : elle traduit la capacité du capteur à détecter la plus petite variation possible du mesurande, et est la pente de la caractéristique entrée/sortie du capteur. Plus un capteur est sensible plus la mesure pourra être précise. C'est une caractéristique importante pour l'exploitation et l'interprétation des mesures.

a) Sensibilité

Si $s(m)$ est, dans l'étendue de mesure, une fonction linéaire du mesurande m , le capteur est dit linéaire. Sa sensibilité $S(m)$ est alors constante sur l'étendue de mesure (figure).

$$S(m) = \left(\frac{\Delta s}{\Delta m} \right)_m$$

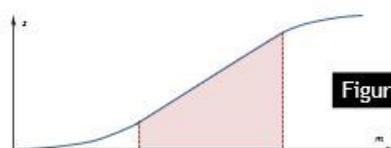


Figure : Domaine de linéarité d'un capteur

cette caractéristique traduit le rapport entre la variation du signal de sortie et la variation du signal d'entrée pour une plage d'utilisation donnée. Dans le cas d'un capteur linéaire, la sensibilité du capteur est constante :

i Sensibilité : Exemples pratiques

Dans certains capteurs, la sensibilité est définie comme le changement de paramètre d'entrée requis pour produire un changement de sortie normalisé. Dans d'autres, il est défini comme un changement de tension de sortie pour un changement donné de paramètre d'entrée. Par exemple, un transducteur de pression artérielle typique peut avoir une sensibilité de $10 \text{ mV} / \text{V} / \text{mm Hg}$; c'est-à-dire qu'il y aura une tension de sortie de 10 mV pour chaque volt de potentiel d'excitation et chaque mm Hg de pression appliquée.

Erreur de sensibilité

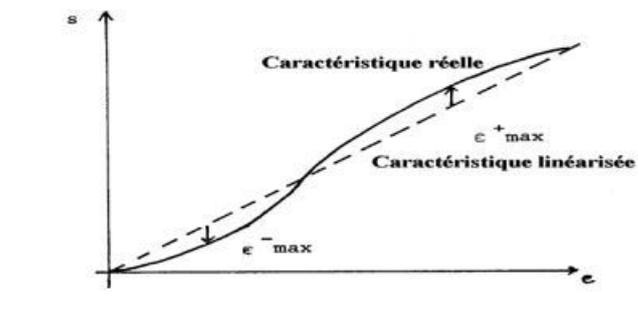
le transducteur de pression discuté ci-dessus peut avoir une sensibilité réelle de $7,8 \text{ mV} / \text{V} / \text{mm Hg}$ au lieu de $10 \text{ mV} / \text{V} / \text{mm Hg}$

i Linéarité

Représente la zone dans laquelle la sensibilité du capteur est indépendante de la valeur du mesurande.

Celle-ci peut être définie à partir de la droite approchant au mieux la caractéristique réelle du capteur au regard d'un certain critère, par exemple des moindres carrés.

On définit à partir de cette droite l'écart de linéarité, exprimé en %, comme l'écart maximal entre la courbe réelle et la droite approchée.



Intervalle

La plage du capteur correspond aux valeurs maximales et minimales du

paramètre appliqué qui peuvent être mesurées. Par exemple, un capteur de pression donné peut avoir une plage de -400 à $+400 \text{ mm Hg}$. Alternativement, les plages positives et négatives sont souvent inégales. Par exemple, un certain transducteur de pression artérielle médicale est spécifié pour avoir une limite minimale (vide) de -50 mm Hg et une limite maximale (pression) de $+450 \text{ mm Hg}$.

Etendue de mesure et courbe d'étalonnage

L'étendue de mesure (EM) est la différence algébrique entre les valeurs limites réglées par l'instrumentiste du mesurande qui peuvent être appliquées à l'instrument, et pour laquelle les caractéristiques métrologiques sont garanties.

Débitmètre réglé de $1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ à $5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. $EM = 4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Sonde de température réglée de $-50 \text{ }^\circ\text{C}$ à $0 \text{ }^\circ\text{C}$. $EM = 50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Transmetteur de pression différentielle réglé de -20 hPa à 20 hPa . $EM = 40 \text{ hPa}$

Exemple : pour le capteur de force à sortie fréquentielle dont les caractéristiques sont données ici, la portée minimum est 0 N, la portée maximum est 30 N, soit une étendue de mesure de 30N

étendue de mesure	0 - 30 N
sensibilité	10,5 Hz . N-1
linéarité	3,6 % de l'étendue de mesure
répétabilité	2 %
hystérésis	1,8 %
dérive temporelle	- 0,6 Hz . h-1
dérive thermique	0,5 Hz . °C-1
facteur de qualité	180

Tableau des caractéristiques techniques du capteur



Luminancemètre

Caractéristiques techniques

Plages de mesures	de 0,01 cd/m ² à 19990 cd/m ² , en 4 plages de mesures
Résolution	PM I 0,01 cd/m ² PM II 0,1 cd/m ² PM III 1 cd/m ² PM IV 10 cd/m ²
Fréquence de mesure	env. 2.5 mesures/seconde
Affichage	numérique, LCD à 3 1/2 chiffres
Erreurs admissibles	Pour lumière incandescente (éclairage normalisé type A) ±2,5% de la valeur mesurée plus 4 chiffres. Écarts supplémentaires pour les autres types de lumière (selon CIE TC-2.2) max. ±3,3% de la valeur mesurée.

CARACTERISTIQUES				
	Unités	Gamme de mesure	Précision	Résolution
Vitesse Air	m/s, km/h, mph, noeuds, ft-min	de 1.4 à 108.0 km/h (0.4 à 30 m/s)	≤ 20 m/s: ±5% lecture > 20 m/s: ±3% lecture	0.1 (sauf Ft-min : 1)
Eclairement lumineux	Lux, Ft-Cd	0 - 20000 lux	±5% lecture ±8	1
Température	°C, °F	-100 à 1300°C	±(1% lecture + 1°C)	0.1
Humidité relative	%HR	10 - 95% HR	< 70% HR : ±4%, pour ≥ 70% HR : ±4% lecture + 1.2% HR)	0.1



Appareil 4 en 1 d'entrée de gamme

Étendue d'échelle

L'échelle de mesure est donnée par la limite inférieure de mesure et la limite supérieure de mesure de l'instrument.

L'étendue d'échelle (EE) est la différence algébrique entre les valeurs extrêmes du mesurande qui peuvent être appliquées à l'instrument, et pour laquelle les caractéristiques métrologiques sont garanties.

Exemple d'étendue d'échelle

Débitmètre : échelle de 1 m³·h⁻¹ à 10 m³·h⁻¹. EE = 9 m³·h⁻¹.

Sonde de température : échelle de - 100 °C à 300 °C. EE = 400 °C. Transmetteur de pression différentielle : échelle de - 20 hPa à 40 hPa. EE = 60 hPa

Précision

La précision du capteur est la différence maximale qui existera entre la valeur réelle (qui doit être mesurée par un étalon primaire ou secondaire) et la valeur indiquée à la sortie du capteur. Encore une fois, la précision peut être exprimée en pourcentage de la pleine échelle ou en termes absolus.

Précision : L'incertitude sur chaque résultat de mesure M doit être quantifiée par une estimation de l'erreur possible exprimée par $\pm dM$. On sait alors que $m = M \pm dM$. L'erreur de précision est une erreur relative ϵ_p ramenée à l'étendue de mesure:

$$\epsilon_p = \frac{\delta M}{E.M.}$$

Résolution

Cette spécification est le plus petit changement incrémentiel détectable

du paramètre d'entrée qui peut être détecté dans le signal de sortie. La résolution peut être exprimée soit en proportion de la lecture (ou de la lecture à pleine échelle), soit en termes absolus.

Résolution

La résolution est la plus petite variation du mesurande que le capteur est capable de détecter. Soit d_{min} la variation minimale du mesurande donnant une variation mesurable dM_{min} de la valeur M mesurée, la résolution est

définie par :

$$\text{Résolution} = EM d_{\text{min}}$$

Si on désire mesurer une température de l'ordre de 1 °C, on ne prend pas un capteur avec une résolution de 0,5° par contre si on mesure une température d'une dizaine de °C, alors ce capteur sera assez bon

La résolution:

Elle correspond à la plus petite variation du mesurande que le capteur est susceptible de déceler avec précision.



FONCTIONS

Température de -20°C à 60°C (résolution : 0.1°C).

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Sélecteur °C/°F.
 Ecran LCD 1 ligne (affichage de la température ambiante).
 Affiche la mesure sur son écran LCD et la transmet à l'unité mère sur 433 Mhz.
 Boîtier résistant et étanche.
 Transmission sur 433 Mhz à 30 m maxi.
 Cycle de transmission vers l'unité mère : 30 secondes.
 LED rouge témoin de communication.
 Se fixe à une paroi ou se pose.
 Alimentation : 2 piles LR03 'AAA' (fournies).
 Dimensions : 91x59x20 mm. Poids : 78 g.
 Notice en français. Garantie d'un an.



CARACTERISTIQUES				
	Unités	Gamme de mesure	Précision	Résolution
Vitesse Air	m/s,	de 1.4 à 108.0 km/h (0.4 à 30 m/s)	≤ 20 m/s: ±3% lecture	0.1 (sauf Ft- min : 1)
	km/h, mph, noeuds, ft-min		> 20 m/s: ±4% lecture	
Eclairement lumineux	Lux, Ft-Cd	0 - 20000 lux	±5% lecture ±8	1
Température	°C,	-100 à 1300°C	±(1% lecture + 1°C)	0.1
	°F			
Humidité relative	%HR	10 - 95% HR	< 70% HR : ±4%, pou ≥ 70% HR : ±(4% lecture + 1.2% HR)	0.1

Décalage

L'erreur de décalage d'un transducteur est définie comme la sortie qui existera alors qu'elle devrait être nulle ou, en variante, la différence entre la valeur de sortie réelle et la valeur de sortie spécifiée dans un ensemble particulier de conditions. Un exemple de la première situation en termes de figure existerait si la courbe caractéristique avait la même pente de sensibilité que l'idéal mais traversait l'axe Y (sortie) en b au lieu de zéro. Un exemple de l'autre forme de décalage est vu dans la courbe caractéristique d'une électrode de pH illustrée à la figure. La courbe idéale n'existera qu'à une température (généralement 25 ° C), tandis que la courbe réelle sera entre la température minimale et limites de température maximales en fonction de la température de l'échantillon et de l'électrode.

Hystérésis

Un transducteur doit être capable de suivre les changements du paramètre d'entrée quelle que soit la direction dans laquelle le changement est effectué; l'hystérésis est la mesure de cette propriété. La figure montre une courbe d'hystérésis typique. Notez qu'il importe dans quelle direction le changement est effectué. L'approche d'une valeur d'entrée fixe (point B sur la figure) à partir d'une valeur plus élevée (point P) entraînera une indication différente que l'approche de la même valeur à partir d'une valeur inférieure (point Q ou zéro). Notez que la valeur d'entrée B peut être représentée par F (X) 1 , F (X) 2 ou F (X) 3 en fonction de la valeur précédente immédiate clairement une erreur due à l'hystérésis.

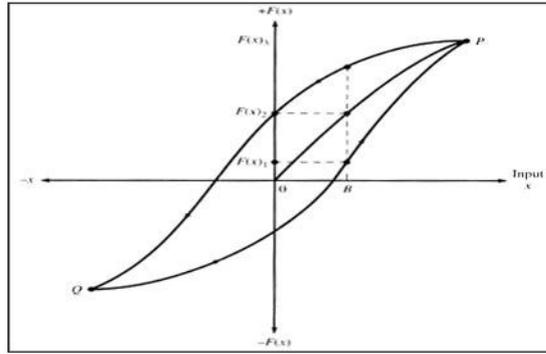


Figure . Courbe d'hystérésis. Source: JJ Carr, *Sensors and Circuits* Prentice Hall.

La finesse

C'est la qualité d'un capteur à ne pas venir modifier par sa présence la grandeur à mesurer. Cela permet d'évaluer l'influence du capteur sur la mesure. On la définit non seulement vis à vis du capteur mais aussi vis à vis de l'environnement d'utilisation du capteur.

Exemple : Pour un capteur d'induction B, un capteur à forte perméabilité sera très sensible, par contre sa présence aura tendance à perturber les lignes de champ et la mesure de l'induction ne sera pas celle sans capteur

Temps de réponse

Les capteurs ne changent pas l'état de sortie immédiatement lorsqu'un changement de paramètre d'entrée se produit. Au contraire, il passera au nouvel état sur une période de temps, appelée temps de réponse (T_r sur la figure). Le temps de réponse peut être défini comme le temps nécessaire à une sortie de capteur pour passer de son état précédent à une valeur réglée finale dans une bande de tolérance de la nouvelle valeur correcte. Ce concept est quelque peu différent de la notion de constante de temps (T) du système. Ce terme peut être défini d'une manière similaire à celle d'un condensateur se chargeant à travers une résistance et est généralement inférieur au temps de réponse.

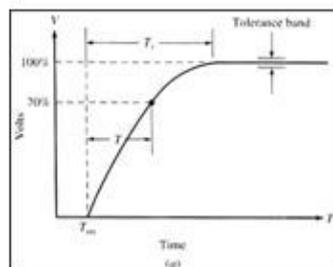


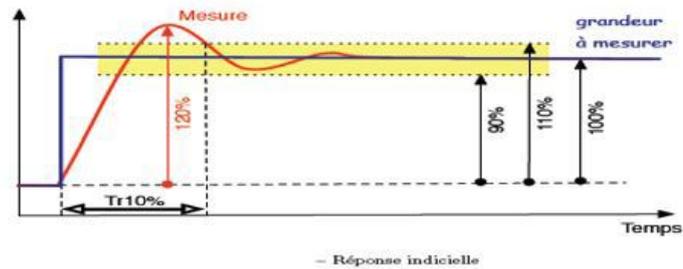
Figure. Définition du temps de montée

Bande passante : Gamme de fréquence pour laquelle le capteur fonctionne. Elle est caractéristique de la rapidité du capteur. La rapidité est la capacité de réponses aux variations du mesurande dans le temps.

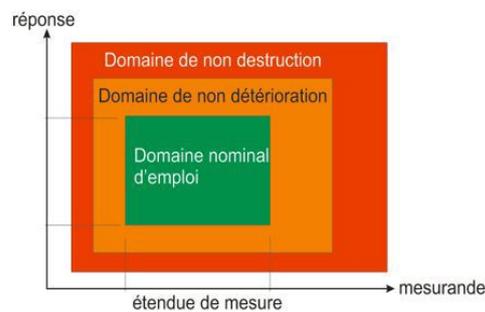
Temps de réponse

Rapidité, temps de réponse:

C'est l'aptitude d'un instrument à suivre les variations de la grandeur à mesurer. Il représente le temps qu'il faut au capteur pour que sa sortie soit à moins d'un certain écart en pourcentage de la valeur finale, lorsque le mesurande (l'entrée) est soumis à une variation brusque de type échelon.



Domaines d'utilisation



Domaines d'utilisation

Limites d'utilisation des capteurs :

Les capteurs doivent être utilisés correctement en respectant les consignes du constructeur. On définit ainsi quatre domaines d'utilisation :

Le domaine nominal ou domaine normal des valeurs du mesurande. Le domaine de non détérioration dans lequel se produit une altération réversible des propriétés du capteur. La courbe d'étalonnage est toujours valable si on revient au domaine nominal. Le domaine de détérioration ou de non destruction dans lequel se produit une altération irréversible et permanente du capteur. Le domaine de destruction où le capteur est hors d'usage.

Dérives et paramètres d'influence :

Diverses grandeurs physiques (g_i) autres que le mesurande m , sont susceptibles d'influencer la mesure M faite par le capteur :

$M = f(m, g_1, g_2, \dots)$. Il peut s'agir par exemple de la température ambiante, de vibrations, d'humidité mais aussi de perturbations électromagnétiques

... Il est possible d'en tenir compte dans le mesurage en réalisant en parallèle une mesure de certaines grandeurs d'influence, ou de s'en protéger (suspension antivibratoire, blindage électromagnétique ...) ou encore de les compenser par la chaîne d'acquisition avec une électronique adaptée. D'autres caractéristiques sont importantes dans le choix d'un capteur, citons le coût, l'encombrement, sa facilité de mise en œuvre.

2. Exercice : Exercice d'Application

Exercice d'Application

Exercice 1

Soit un semiconducteur parcouru par un courant I et soumis à une induction B faisant un angle avec le courant I . Une tension V_H perpendiculaire au courant I et à l'induction B apparaîtra. Cette dernière est exprimée par la relation suivante :

$$V_H = K_H \cdot B \cdot I \cdot \sin \theta$$

K_H est une constante

Pour des valeurs de θ proches de 0 $\tan \theta \approx \theta$ les erreurs effectuées sont de 2% sur I , 1% sur B et 3% sur θ

1. Calculer l'erreur possible sur V_H

Exercice 2

Une résistance $R = 5.1 \Omega$ est traversée pendant 60.0s par un courant continu d'intensité 2.2 A.

1. Quelle est l'énergie thermique dépensée dans cette résistance ?
2. Donner son incertitude absolue. (Donner le résultat en deux chiffres significatifs)