

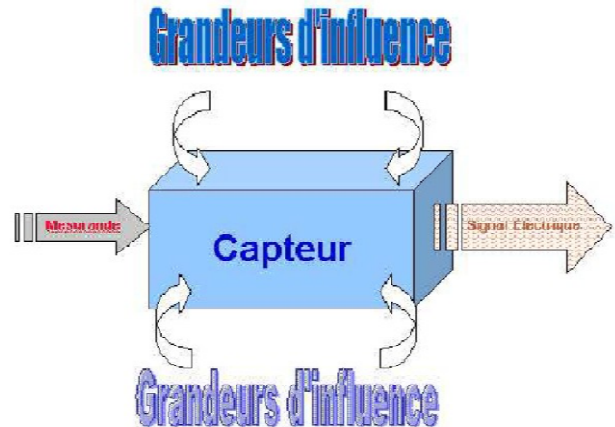
Caractéristiques des capteurs utilisés en statique

Capteur utilisé en statique : la valeur d'un mesurande est supposé ne pas changer au cours du temps à l'échelle de la mesure.

2.1- Les grandeurs d'influence

Des grandeurs appelées **grandeurs d'influence** perturbent le mesure.

Grandeurs d'influence : [*influence quantity*] grandeur qui, lors d'un mesurage direct, n'a pas d'effet sur la grandeur effectivement mesurée, mais a un effet sur la relation entre l'indication et le résultat de mesure.



Q1 : Citez les grandeurs d'influences qui vous viennent à l'esprit, leur action.

R1 :

Température : agit sur l'agitation des électrons, des ions, des atomes donc sur les grandeurs électriques et sur les propriétés mécaniques du corps d'épreuve.

Tension d'alimentation : pour certains capteurs la tension de sortie dépend de la tension d'alimentation (amplitude ou fréquence)

Perturbations électromagnétiques : elles induisent des fem d'induction ou des modifications de la résistivité des matériaux

Ondes de déplacement ou de pression : elles modifient les dimensions et les propriétés mécaniques via les contraintes

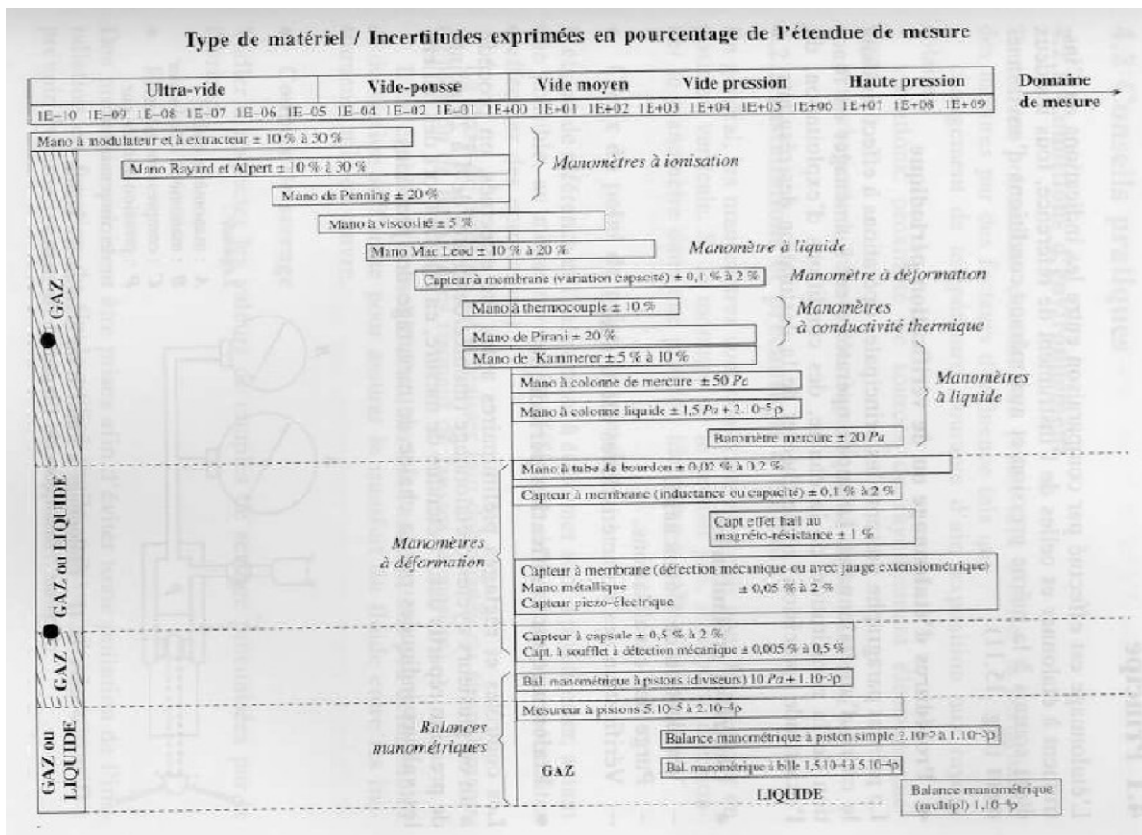
Rayonnement nucléaire : il induit des défauts dans les matériaux (lacunes, dislocations) qui modifient les propriétés mécaniques du corps d'épreuve ou s'ajoute au mesurande (mesure de niveau par rayonnement Gamma)

Humidité : l'humidité peut agir sur les propriétés mécaniques des matériaux (polymères, matériaux composites) et sur leurs propriétés électriques (constante diélectrique, résistivité)

2.2- Etendue de mesure et notions associées

| | |
|---|--|
| Intervalle nominal des indications [<i>nominal indication interval</i>] | (intervalle nominal ou calibre) Ensemble des valeurs comprises entre deux indications extrêmes arrondies ou approximatives, que l'on obtient pour une position particulière des commandes d'un instrument de mesure ou d'un système de mesure et qui sert à désigner cette position Un intervalle nominal des indications est généralement exprimé en donnant la plus petite et la plus grande valeur, par exemple «100 V à 200 V» |
| Etendue de mesure [<i>range of a nominal indication interval</i>] | (étendue nominale) Valeur absolue de la différence entre les valeurs extrêmes d'un intervalle nominal des indications. EXEMPLE : Pour un intervalle nominal des indications de -10 V à +10 V, l'étendue de mesure est 20 V. |
| Portées minimale et maximale | Valeurs limites inférieure et supérieure de de l'intervalle nominal des indications. |
| Valeur « pleine échelle » [<i>full scale</i>]. | Valeur maximale de l'intervalle nominal des indications |
| Dynamique de mesure [<i>dynamic range</i>]. | Rapport entre la plus grande et la plus petite valeur, généralement exprimé en dB. |
| Rangeabilité | Rapport entre la largeur de l'étendue de mesure et la pleine échelle. |
| Erreur de mesure [<i>Error of measurement</i>] | Différence entre la valeur mesurée d'une grandeur et une valeur de référence (étalon ou pseudo-étalon). |

Exemple 1 : Observez l'intervalle nominal des indications des différents capteurs de pression



Exemple 2 : Le mercure se solidifie à -40 °C et s'évapore à 357 °C . L'intervalle nominal des indications d'un thermomètre au mercure optimal est $[-35\text{ °C} ; +350\text{ °C}]$.

Q2 : Déterminez ces caractéristiques pour le capteur présenté ci-dessous

Capteur de température Bosch NTC M12-L :



Thermistance ayant un coefficient de température négatif (la résistance électrique du composant sensible décroît lorsque la température augmente)

| Application | |
|---------------------------|--------------------------------------|
| Application | -30 ... 60 °C |
| Storage Temperature Range | -30 ... 60 °C |
| Max. Vibration | 300 m/s ² , 50 ... 250 Hz |
| Electrical Data | |
| Characteristic | NTC |
| Nominal Resistance ±5 % | 2,5 kΩ @ 20 °C |

| Mechanical Data | |
|---------------------|---------|
| Male Thread | M12x1,5 |
| Wrench Size | 19 mm |
| Installation Torque | 15 Nm |
| Weight w/o Cable | 24,6 g |

| Characteristic | |
|--|---------|
| Accuracy @ 25 °C | ±1,4 °C |
| Accuracy @ 100 °C | ±3,4 °C |
| Response Time τ_{63} in still water | < 10 s |

R2 : Capteur de température

Intervalle nominal des indications : de -30°C à 60°C

Etendue de mesure : 90°C

Portée minimale : -30°C

Portée maximale : 60°C

Valeur pleine échelle : 60°C

Dynamique de mesure : $10 \log_{10}((273+60)/(273-30)) = 1,4 \text{ dB}$

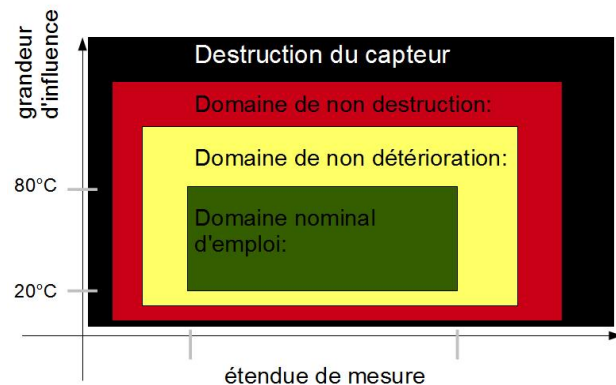
Rangeabilité : $90/(273+60)=27\%$

Erreur maximale à 25°C : 1,4°C

Erreur maximale à 100°C : 3,4°C

2.3- Domaine d'emploi, de non-détérioration et de non-destruction

Les différents domaines sont définis par les valeurs du mesurande et des grandeurs d'influence.



Domaine nominal d'emploi : Domaine normal d'emploi du capteur. **Les caractéristiques métrologiques du capteur sont garanties.**

Domaine de non-détérioration : le constructeur ne garantit pas les performances du capteur mais ces caractéristiques ne seront pas altérées après retour dans le domaine nominal d'emploi.

Domaine de non-destruction : une détérioration permanente des caractéristiques métrologiques du capteur sera observée mais sans destruction du capteur. Un nouvel étalonnage complet du capteur est alors nécessaire.

Domaine de destruction : Le capteur est détruit

2.4- Résolution, mobilité

Résolution
[resolution]

Plus petite variation de la grandeur mesurée qui produit une variation perceptible de l'indication correspondante.

2.5- Linéarité, sensibilité

La **linéarité d'un capteur** caractérise son aptitude à délivrer une **grandeur de sortie dont la valeur est proportionnelle à celle du mesurande**.

Elle s'apprécie par le degré de concordance entre le diagramme d'étalonnage statique et une droite choisie comme référence (la droite des moindres carrés ou sinon la droite joignant les points extrêmes de l'étendue de mesure).

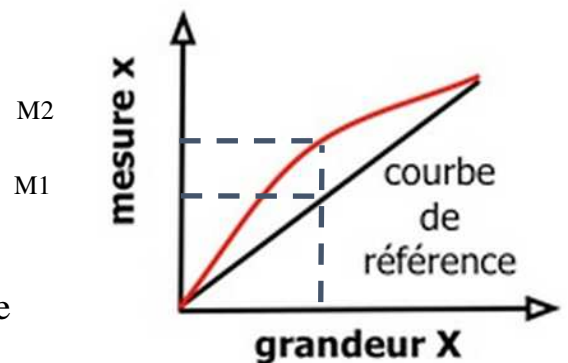
L'écart de linéarité correspond alors à l'écart maximum entre la caractéristique réelle et la droite de référence $E_L = M_2 - M_1$

Sensibilité [sensitivity] :

la sensibilité **S** de la mesure **M** vis-à-vis du mesurande **X** est sa dérivée.

$$M = f(X) \text{ et } S = df / dX$$

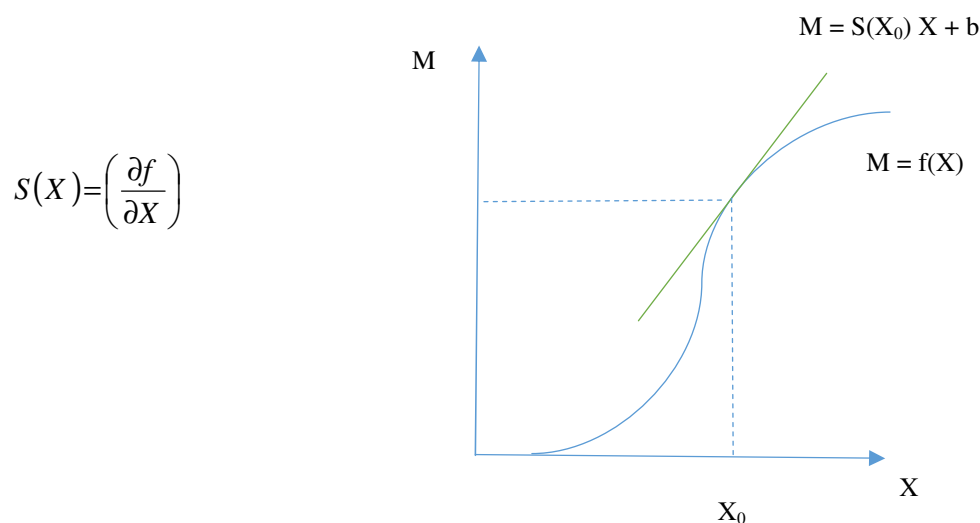
calcul analytique si on connaît la formule modèle



Tracer la tangente $M = S X + b$ graphiquement pour des données expérimentales
 Evaluer $S \approx \Delta M / \Delta X$ par calcul numérique approché, faute de mieux...

Un capteur est linéaire si sa sensibilité est constante sur tout l'intervalle nominal des indications.

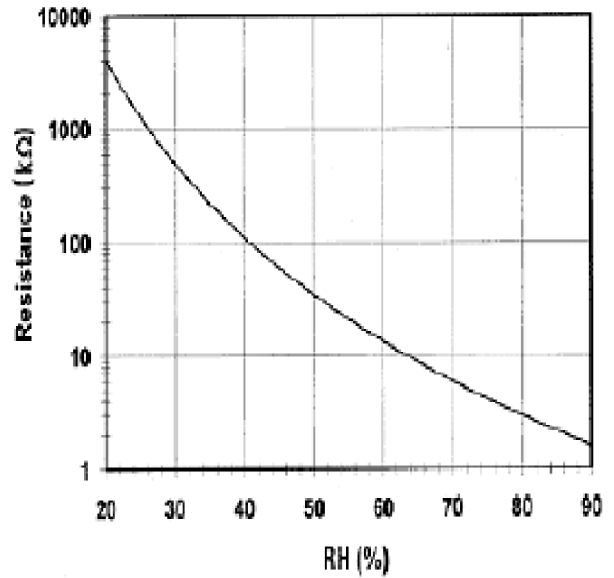
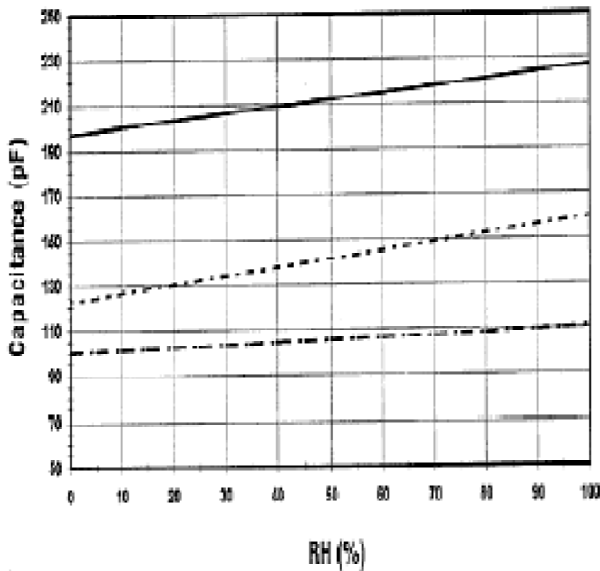
Dans le cas d'un capteur non linéaire la sensibilité n'est pas constante sur l'étendue de mesure et sera calculée pour chaque valeur x du mesurande.



$$s(X) = \left(\frac{\partial f}{\partial X} \right)$$

Au niveau des unités la sensibilité a les dimensions de $M * X^{-1}$.

Q3 : comparez la forme des courbes d'étalonnage des capteurs d'humidité présentés ci-dessous et évaluez la sensibilité des capteurs d'humidité correspondant au diagramme de gauche.



R3 : Les capteurs capacitifs sont nettement plus linéaires que le capteur résistif

$$S = \frac{228 - 198}{100 - 0} = 0,30 \text{ pF}/(\% \text{ d'humidité relative})$$

$$S = \frac{160 - 124}{100 - 0} = 0,36 \text{ pF}/(\% \text{ d'humidité relative})$$

$$S = \frac{112 - 102}{100 - 0} = 0,10 \text{ pF}/(\% \text{ d'humidité relative})$$