

Caractéristiques Métrologiques des Capteurs et Instruments de Mesure

Chaque capteur est caractérisé par des paramètres qui définissent ses limites d'utilisation et sa précision. Ces limites dépendent du mesurande et des grandeurs d'influence qui viennent perturber l'élément de mesure.

- 1) **Etendu de mesure** : Ce sont les valeurs minimales et maximales du mesurande entre lesquelles le capteur peut fonctionner normalement.

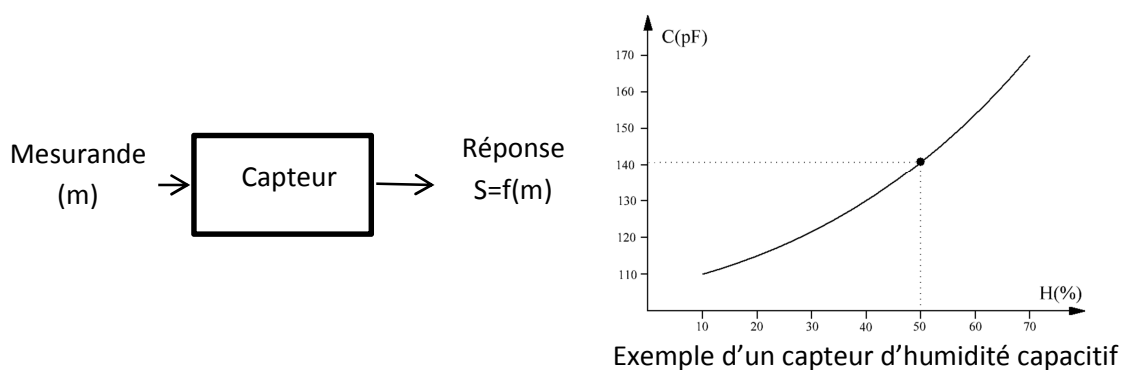
Exemple : Pour la mesure de température, une thermistance (capteur de température) peut mesurer des températures comprises entre -200°C et 800°C .

On définit l'étendu d'échelle qui représente l'écart entre la valeur minimale et maximale. Dans le cas de la thermistance il vaut $800 - (-200) = 1000^{\circ}\text{C}$

- 2) **Domaine de fonctionnement** : Trois domaines d'utilisation

- **Domaine Nominal**
- **Domaine de non détérioration** : Reste opérationnel
- **Domaine de non destruction** : Nécessite un réétalonnage

- 3) **Courbe d'étalonnage** : C'est la caractéristique de transfert du capteur. Elle donne la relation d'évolution de la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée.



- 4) **La sensibilité** : Représente le rapport de la variation du signal de sortie à la variation du signal d'entrée, c'est la pente de la caractéristique de transfert : $\sigma = \frac{dS}{dm}$

Certains capteurs ont une sortie dont l'amplitude dépend non seulement du mesurande mais aussi de l'alimentation, on parle de sensibilité réduite.

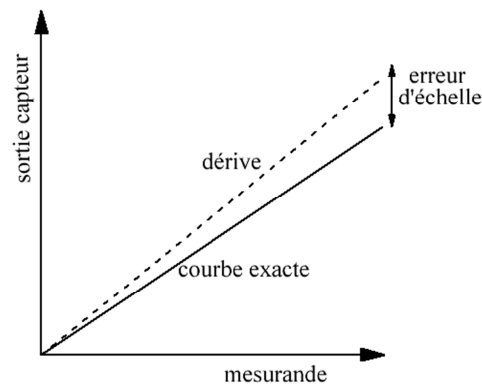
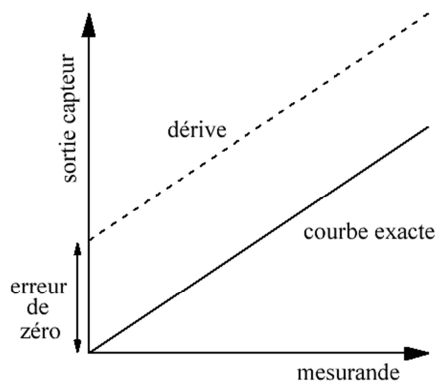
Un capteur ayant une sensibilité réduite de 2mV/V signifie que :

Lorsqu'il est alimenté par 5V sa sortie évolue sur une plage de 10mV, et Lorsqu'il est alimenté par 12V, sa sortie évolue sur une plage de 24mV.

- 5) **La résolution** : c'est la plus petite variation de mesurande que le capteur peut détecter

- 6) **La dérive** : deux sortes de dérive

- **Erreur de zéro (offset)** : C'est le changement dans la sortie du capteur si l'entrée est maintenue de zéro.
- **Erreur d'échelle (gain)** : C'est le changement dans la sortie du capteur si l'entrée est maintenue à l'état de pleine échelle.



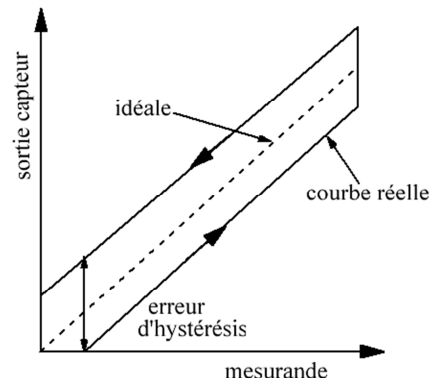
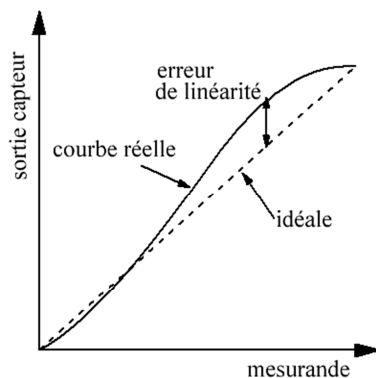
- 7) **Erreur de linéarité** : c'est l'erreur maximale entre la courbe caractéristique du capteur et la droite de réponse théorique.

La linéarité caractérise la constance de la sensibilité sur toute la plage de mesure. Pour un capteur non linéaire, on peut construire une approximation linéaire de la forme :

$$S = am + b$$

$$\text{Avec : } a = \frac{\sum_1^N S_i m_i - \frac{1}{N} \sum_1^N S_i \sum_1^N m_i}{\sum_1^N m_i^2 - \frac{1}{N} (\sum_1^N m_i)^2} \text{ et } b = \frac{1}{N} \sum_1^N S_i - \frac{a}{N} \sum_1^N m_i$$

- 8) **Erreur d'hystérésis** : Le capteur indique des valeurs différentes selon que le mesurande augmente ou diminue.



- 9) **La finesse** : C'est la qualité d'un capteur à donner la valeur de la grandeur sans modifier celle-ci par sa présence.
- 10) **La rapidité** : Elle caractérise le fonctionnement du capteur en régime dynamique. On peut caractériser la rapidité d'un capteur de trois manières différentes :
- En exprimant la bande passante du capteur
 - En indiquant la fréquence de résonance du capteur (cas d'une membrane d'un capteur de pression).
 - Temps de réponse à un échelon du mesurande (cas d'un capteur de température)

II. Les erreurs

Le capteur et toute la chaîne de traitement de la mesure introduisent des erreurs : bruit, décalage, référence, linéarité...etc. L'erreur globale de mesure ne peut être qu'estimée.

Soit V_v , la valeur vraie d'une mesure. Un capteur fournit une valeur mesurée V_m . On définit :

- L'erreur absolue $e_a = |V_m - V_v|$
- L'erreur relative $e_r = \frac{|V_m - V_v|}{PE} \times 100$ avec PE la pleine échelle.

Les erreurs peuvent être de deux types : les erreurs systématiques et les aléatoires.

II.1 Les erreurs systématiques : elles donnent toujours le même décalage par rapport à la vraie valeur.

Les sources d'erreurs systématiques

- Mauvais étalonnage du zéro, de la pleine échelle.
- Prise en compte d'un facteur de gain erroné

Ces erreurs peuvent être éliminées par un réétalonnage du capteur.

II.2 Les erreurs aléatoires : on ne peut pas connaître leurs valeurs ni leurs signes. Pour les évaluer on fait appel à des méthodes statistiques.

Valeur moyenne : Soient S_1, S_2, \dots, S_n les mesures d'une même grandeur S répétées n fois, on définit la valeur moyenne des n mesures par : $\bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$

Variance : $V_S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2$

L'écart type : $\sigma = \sqrt{V_S}$

La fidélité : C'est l'aptitude à donner des indications voisines pour une même valeur de la grandeur mesurée. Ceci est vérifié si l'écart type est faible.

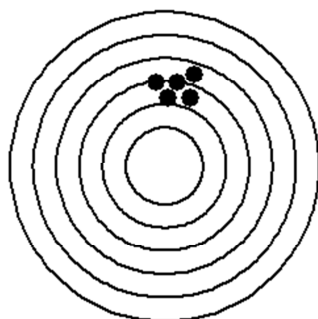
La justesse : C'est l'aptitude à donner des indications égales à la grandeur mesurée.

Un capteur est juste si l'écart entre la moyenne et la valeur vraie est faible même si l'écart type est grand.

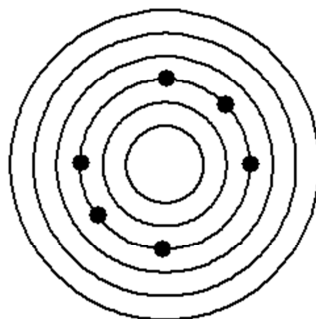
La précision : Un capteur est précis s'il est à la fois juste et fidèle

L'erreur de précision est la somme de l'erreur de justesse liée à la moyenne et de l'erreur de fidélité caractérisé par l'écart type.

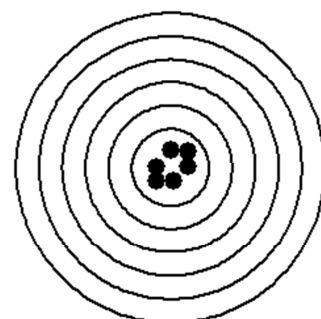
Les dessins suivants schématisent les concepts déjà mentionnés.



Fidèle



juste non fidèle



juste et fidèle