

Cours : Capteurs et mesure en télécommunication

Chapitre I

Caractéristiques d'un système de mesure.

**3^{ème} année Licence
Télécommunication**

Par: Dr. FEROURA.H

2018/2019

Chapitre 1: Caractéristiques d'un système de mesure

Introduction:

Dans les systèmes techniques, de nombreuses grandeurs physiques (température, pression, intensité lumineuse, position, déplacement,...) sont à mesurer et à prendre. Il a fallu développer des organes techniques permettant l'acquisition de ces grandeurs physiques, la transformation et la transmission d'informations exploitables aux unités de traitement. Cet organe technique est défini par : système de mesure (chaîne de mesure, système métrologique)



Figure 1: Schématisation d'un système de mesure

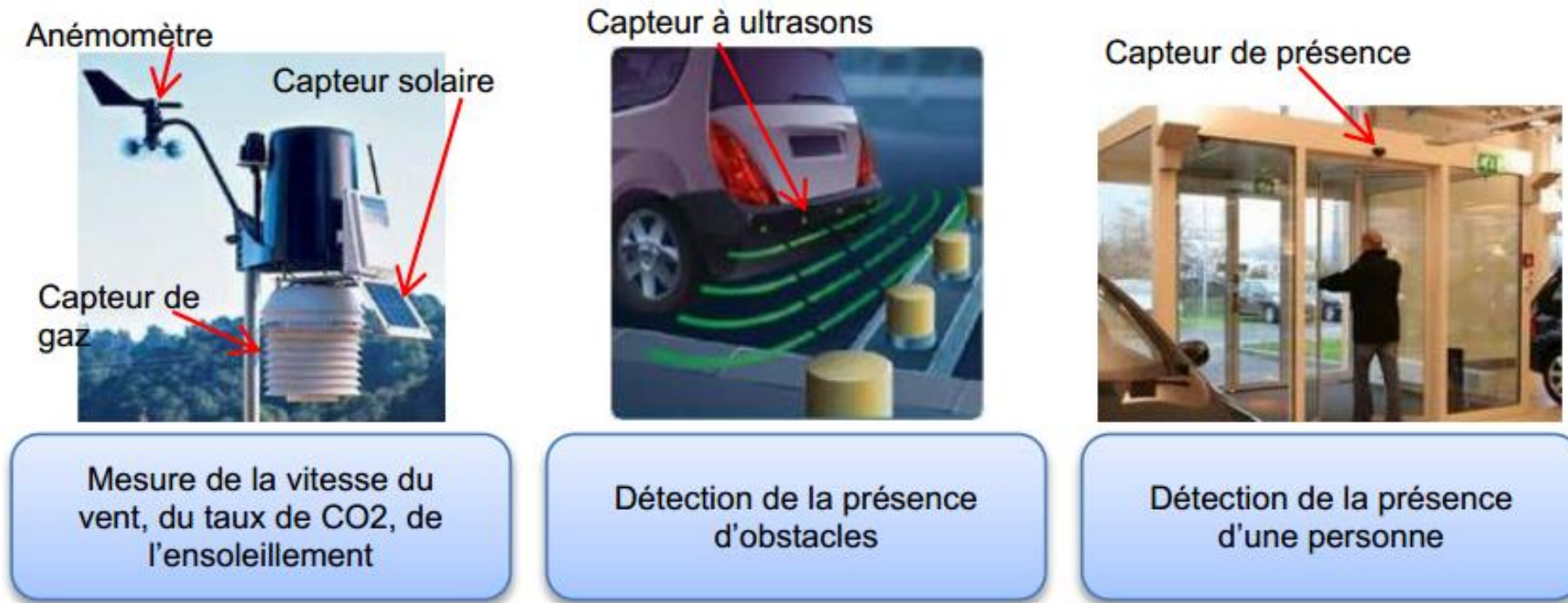


Figure 2: Exemples de systèmes de mesure

Définitions principales:

- Une grandeur est mesurable si on sait définir l'égalité, la somme et le rapport entre deux valeurs de cette grandeur.

Exemple:

La température exprimée en Kelvin est une grandeur mesurable, correspondant à un niveau d'énergie : l'entropie S d'un système varie comme sa température en Kelvin ; à 600K, elle vaut deux fois plus qu'à 300K.

La température exprimée en Celsius est une grandeur repérable : on sait définir l'égalité, comparer (A est plus chaud que B), mais le rapport n'a pas de sens : à 40°C, il ne fait pas deux fois plus chaud qu'à 20°C.

Types de grandeurs mesurables:

Grandeurs scalaires : nombre (valeur) + unité

Exemple : longueur, surface, volume, masse, durée, travail, énergie, puissance...

Grandeurs vectorielles : nombre (valeur) + unité + direction + sens

(composante_X , composante_Y,...) + unité

Exemple : position, vitesse, quantité de mouvement, poids, force...



mètre



kilogramme



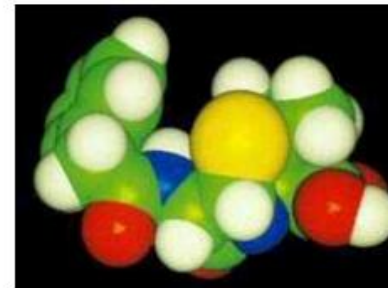
seconde



ampère



kelvin

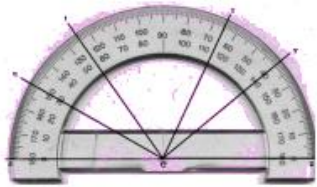


mole



candela

Figure 3: Les sept unités de base



radian



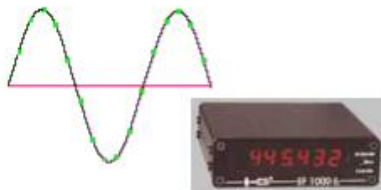
newton



joule



watt



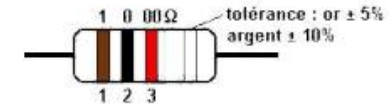
hertz



coulomb



volt



ohm

Figure 4: Unités dérivées

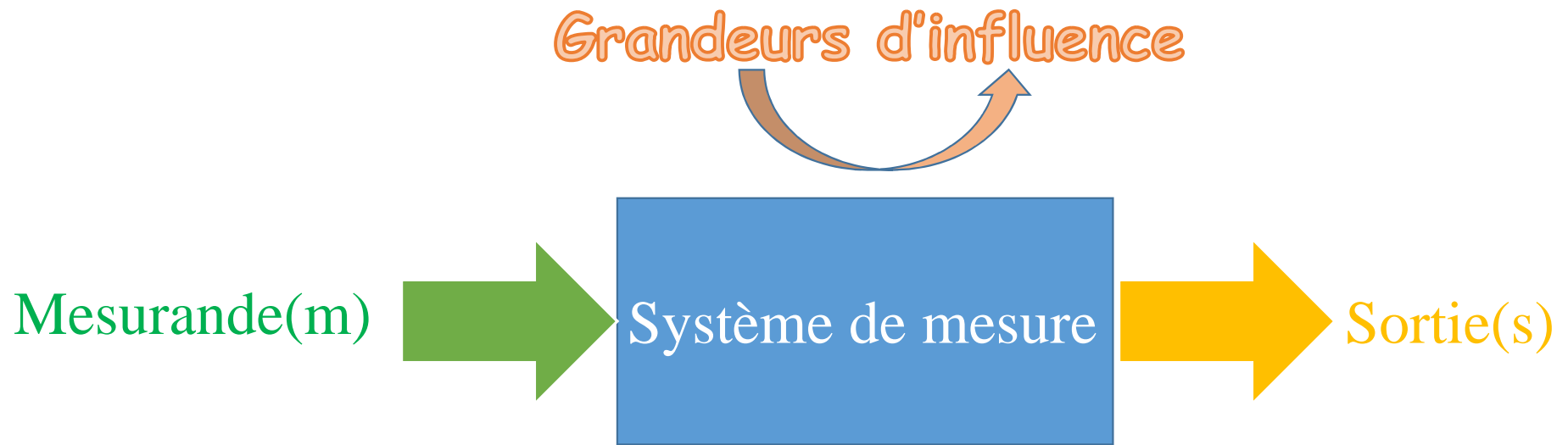


Figure 5: Schéma d'un système de mesure à la présence d'influences

La mesurande : c'est la grandeur physique d'entrée du système de mesure ou la grandeur directe ou intermédiaire qu'on cherche à mesurer.

La grandeurs de sortie : elle est généralement de type électrique. Elle peut être soit : une tension, un courant, une impédance (R,L,C).

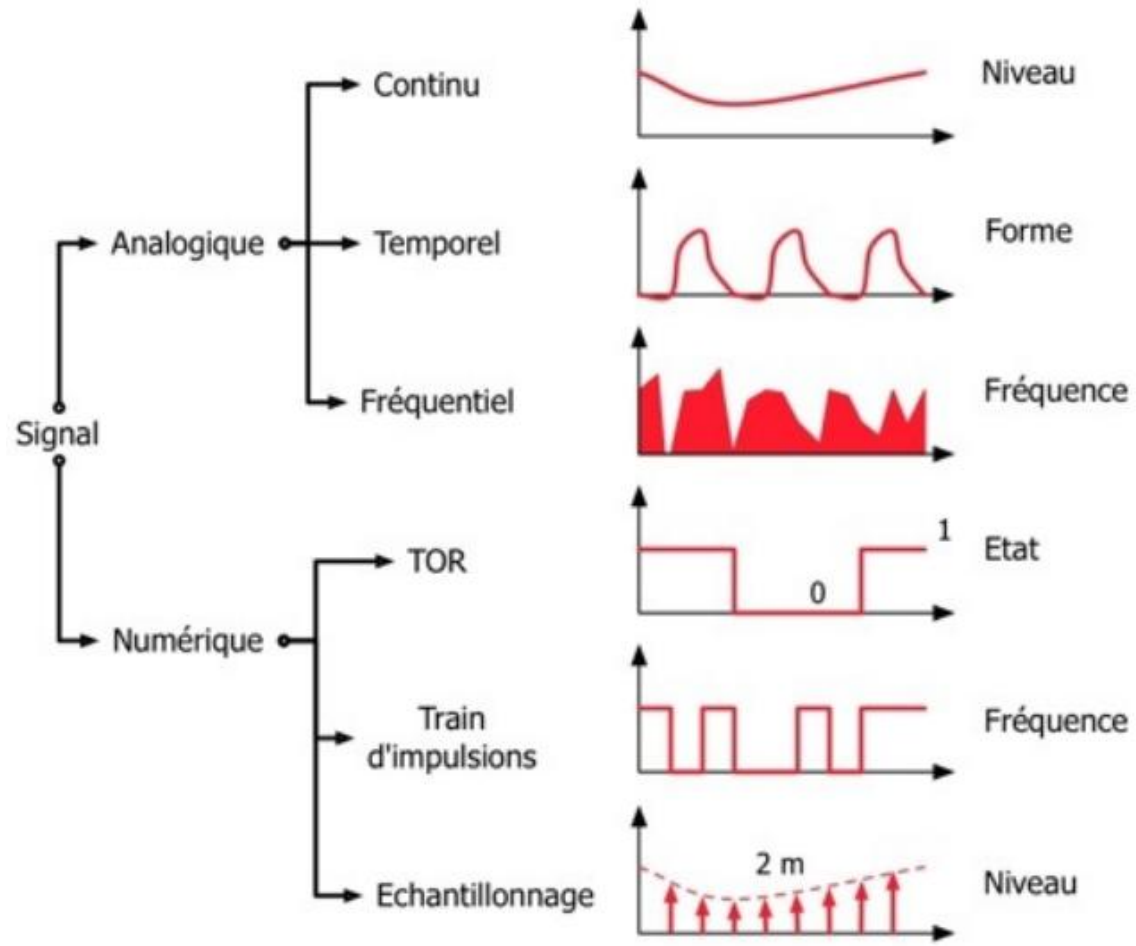


Figure 5: Différents types de signaux

A- Signal analogique

Un signal est dit analogique si l'amplitude de la grandeur physique le représentant peut prendre une infinité de valeurs dans un intervalle donné.

- **Signal continu** : C'est un signal qui varie 'lentement' dans le temps : température, débit, niveau.
- **Forme** : C'est la forme de ce signal qui est important : pression cardiaque, chromatographie, impact.
- **Fréquentiel** : C'est le spectre fréquentiel qui transporte l'information désirée : analyse vocale, soanr, spectrographie.

B- Signal numérique

Un signal est numérique si l'amplitude de la grandeur physique le représentant ne peut prendre qu'un nombre fini de valeurs. En général ce nombre fini de valeurs est de puissance de 2.

- **Tout ou rien (TOR)** : Il informe sur un état bivalent d'un système. Exemple : une vanne ouverte ou fermée.
- **Train d'impulsion** : Chaque impulsion est l'image d'un changement d'état. Exemple : un codeur incrémental donne un nombre fini et connu d'impulsions par tour.
- **Echantillonné** : C'est l'image numérique d'un signal analogique. Exemple : température, débit, niveau.

Grandeurs d'influence

Le système de mesure, de par ses conditions d'emploi, peut se trouver soumis non seulement au mesurande mais à d'autres grandeurs physiques dont les variations sont susceptibles d'entraîner un changement 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 sont les grandeurs d'influence.

Les principales grandeurs d'influence sont :

- Ø la température, qui modifie les caractéristiques électriques, mécaniques et dimensionnelles des composants du système de mesure ;
- Ø la pression, l'accélération et les vibrations susceptibles de créer dans certains éléments constitutifs du capteur des déformations et des contraintes qui altèrent la réponse ;
- Ø l'humidité à laquelle certaines propriétés électriques comme la constante diélectrique ou la résistivité peuvent être sensibles et qui risque de dégrader l'isolation électrique entre composants du capteur ou entre le capteur et son environnement ;
- Ø les champs magnétiques variables ou statiques ; les premiers créent des f.é.m. d'induction qui se superposent au signal utile, les seconds peuvent modifier une propriété électrique, comme la résistivité lorsque le capteur utilise un matériau magnétorésistant ;

Si l'on désigne par g_1, g_2, \dots les grandeurs d'influence, la relation entre grandeur

électrique de sortie s et mesurande m , qui dans le cas idéal serait :

$$s = F(m)$$

devient :

$$s = F(m, g_1, g_2, \dots)$$

Afin de pouvoir déduire de la mesure de s la valeur de m , il est donc nécessaire :

§ soit de réduire l'importance des grandeurs d'influence au niveau du capteur en le protégeant par un isolement adéquat : supports antivibratoires, blindages magnétiques ;

§ soit de stabiliser les grandeurs d'influence à des valeurs parfaitement connues et d'étalonner le capteur dans ces conditions de fonctionnement : enceinte thermostatée ou à hygrosco pie contrôlée, sources d'alimentation régulées ;

Qualités métrologiques d'un système de mesure

Métrologie: Science qui s'intéresse aux côtés théoriques et pratiques de la mesure (sous tous ses aspects), et ce, dans tous les domaines de la science et de la technologie. Plus spécifiquement, la métrologie touche l'utilisation des unités, la réalisation des étalons, les méthodes, les techniques et les appareils de mesure, ainsi que la précision obtenue.

La qualité métrologique d'un appareil de mesure est l'ensemble des caractéristiques qui fera qu'un appareil de mesure effectuera les mesures avec la qualité correspondante à l'attente de l'utilisateur.

La qualité d'un appareil est définie par les caractéristiques suivantes :

La justesse, la fidélité, précision (exactitude); La résolution; La sensibilité; L'étendue de mesure; Le temps de réponse; La linéarité.

Etendue de mesure:

L'étendue de mesure est la zone nominale d'emploi, zone dans laquelle les caractéristiques du capteur correspondent aux spécifications de fonctionnement normal ; elle est bornée par la limite inférieure et la limite supérieure (portées).

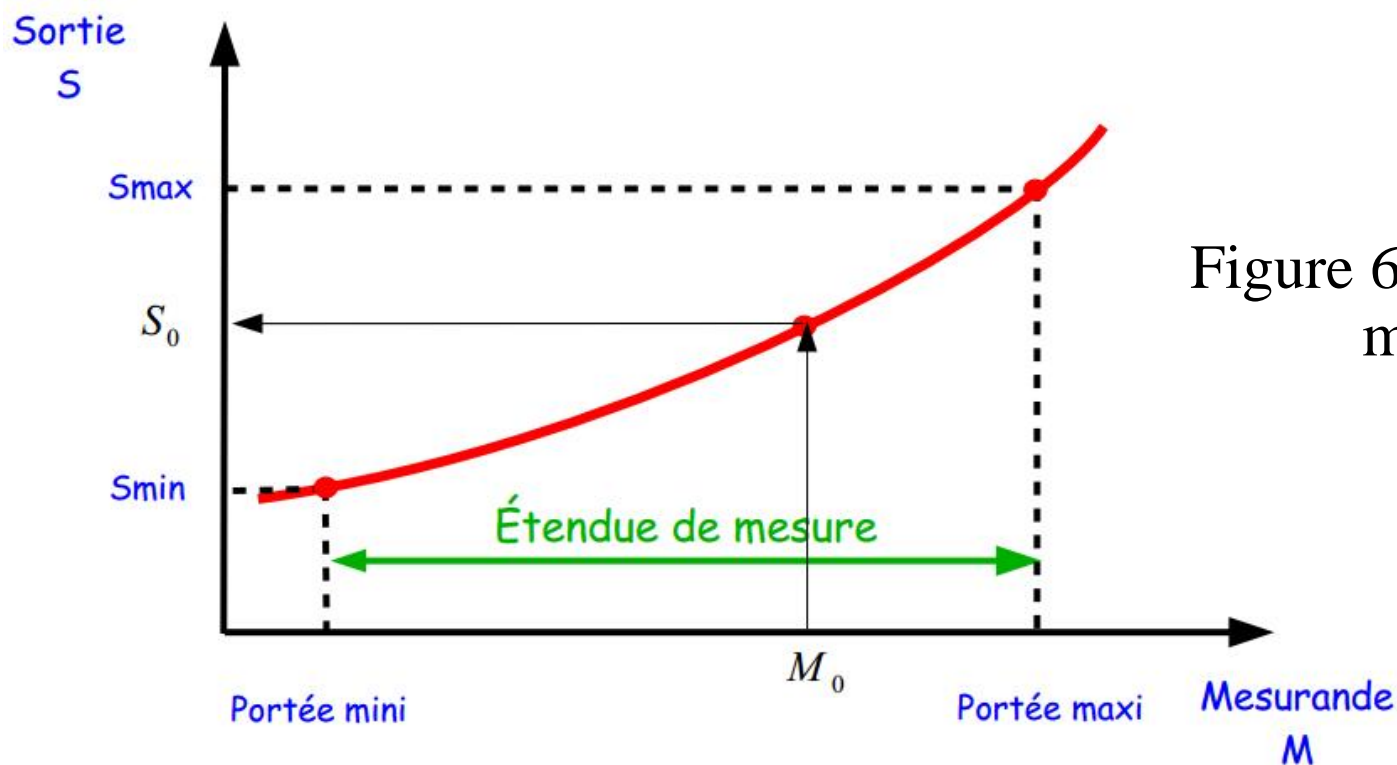


Figure 6: Etendue de mesure

La résolution :

La résolution est la plus petite variation du mesurande que le capteur est capable de déceler.

La résolution doit être regardée avec importance lors de la mesure d'une grandeur car celle-ci conditionne la précision du résultat obtenu.

- Q Plus la résolution est petite, plus l'appareil est précis.
- Q Pour un appareil donné, la résolution diminue en général avec le calibre.
- Q Pour un appareil numérique, la résolution est la variation de valeur correspondant à une variation de 1 unité du dernier digit (chiffre) à droite.
- Q Pour un oscilloscope la résolution dépend notamment de l'épaisseur de la trace : on doit utiliser le réglage 'focus' pour rendre celle-ci la plus fine possible et diminuer la résolution.

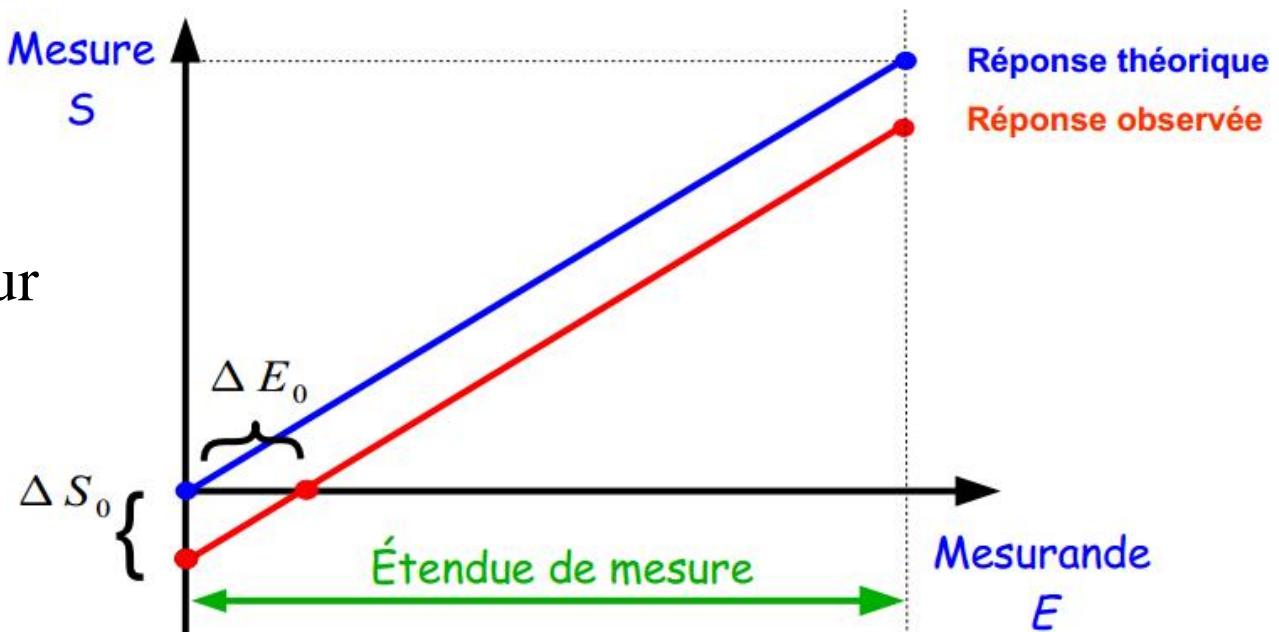
La linéarité :

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

Erreurs de mesure :

1. L'erreur d'offset ou décalage est la différence entre la valeur « vraie » de la mesure et celle obtenue à partir de la réponse du capteur pour la borne inférieure de l'étendue de mesure

Figure 7: Erreur d'offset



2. L'erreur de **gain** est l'erreur de pente de la courbe caractéristique du capteur; elle est visible essentiellement pour la borne supérieure de l'étendue de mesure.

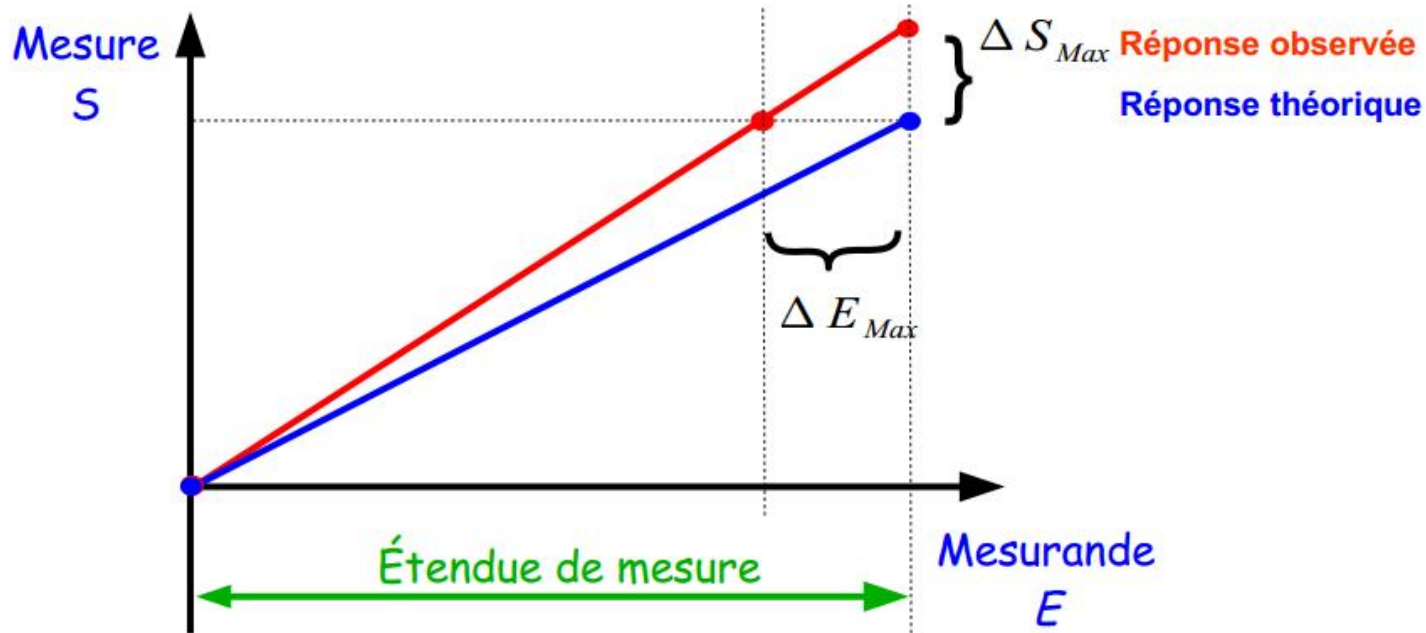


Figure 7: Etendue de gain

3. L'erreur de **linéarité** est l'erreur entre la courbe caractéristique du capteur et la droite théorique de réponse.

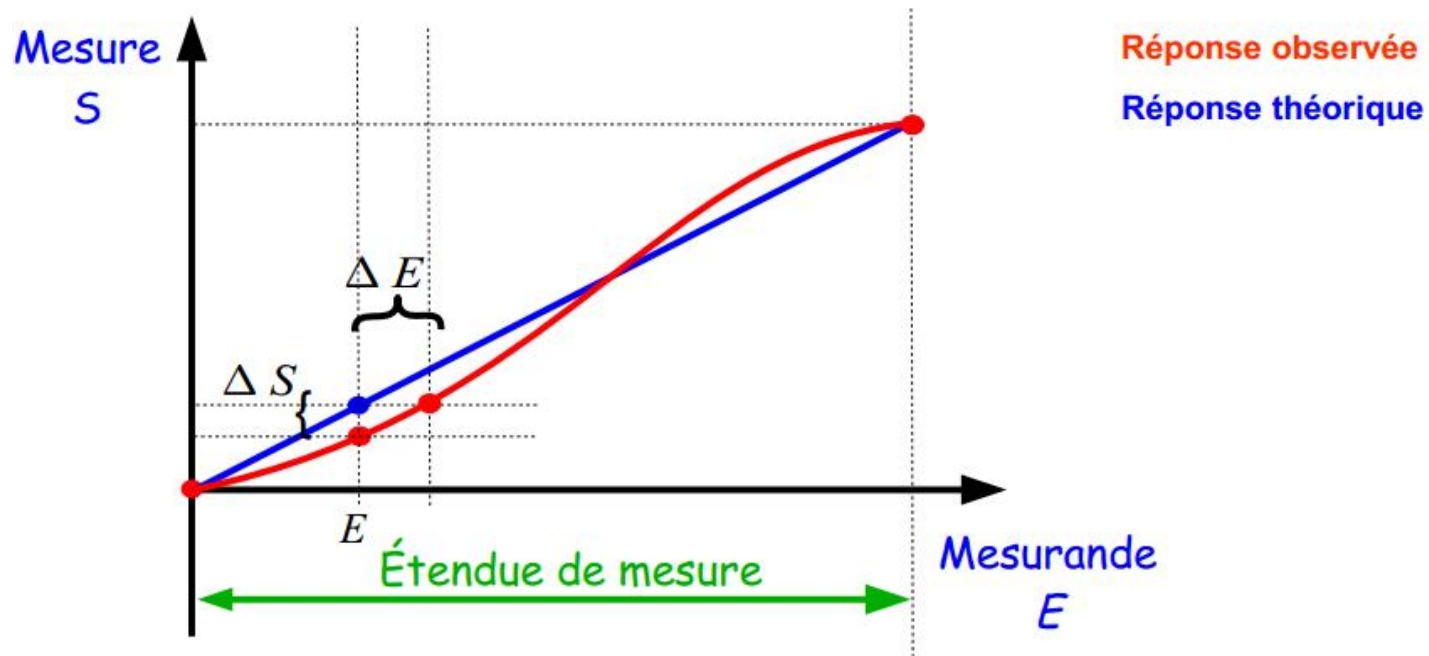


Figure 8: Erreur de linéarité

4. L'erreur de **hystérisis**: le résultat dépend de la mesure précédente

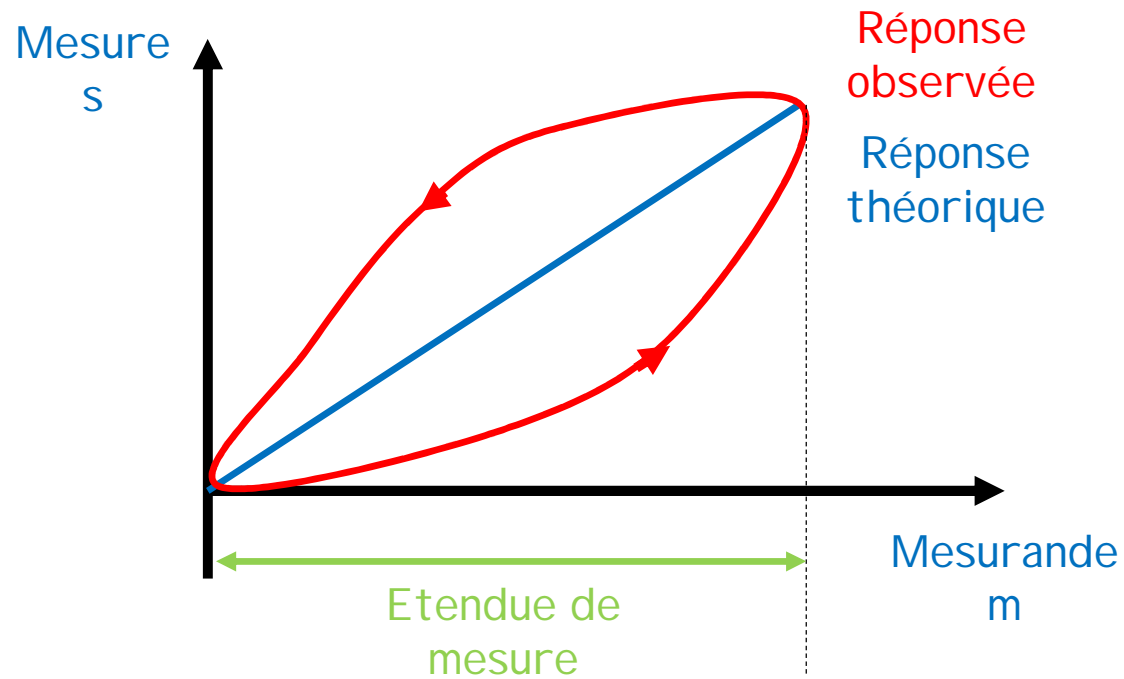


Figure 9: Erreur d'hystérisis

La sensibilité :

La sensibilité S , pour une valeur donnée M_0 du mesurande, détermine l'évolution de la grandeur de sortie du capteur en fonction de la grandeur d'entrée.

$$S = \left(\frac{ds}{dm} \right)_{M_0} \text{ Dans le cas de relation linéaire} \quad \Rightarrow \quad S = \left(\frac{\Delta s}{\Delta m} \right)_{M_0}$$

La fidélité :

La fidélité est l'aptitude d'un capteur à délivrer, pour une même valeur de la grandeur mesurée, des mesures répétitives concordantes entre elles. L'erreur de fidélité correspond à l'écart type obtenu sur une série de mesures correspondant à un mesurande constant.

La justesse :

La justesse est l'aptitude d'un capteur à délivrer une réponse proche de la valeur vraie et ceci indépendamment de la notion de fidélité. Elle est liée à la valeur moyenne obtenue sur un grand nombre de mesures par rapport à la valeur réelle.

La précision (exactitude) :

la précision aussi appelé exactitude est définie par l'écart en pourcentage que l'on peut obtenir entre la valeur réelle et la valeur obtenue en sortie du capteur. La précision est souvent donnée en pourcentage de l'étendue de mesure. Un capteur exact est à la fois juste et fidèle.

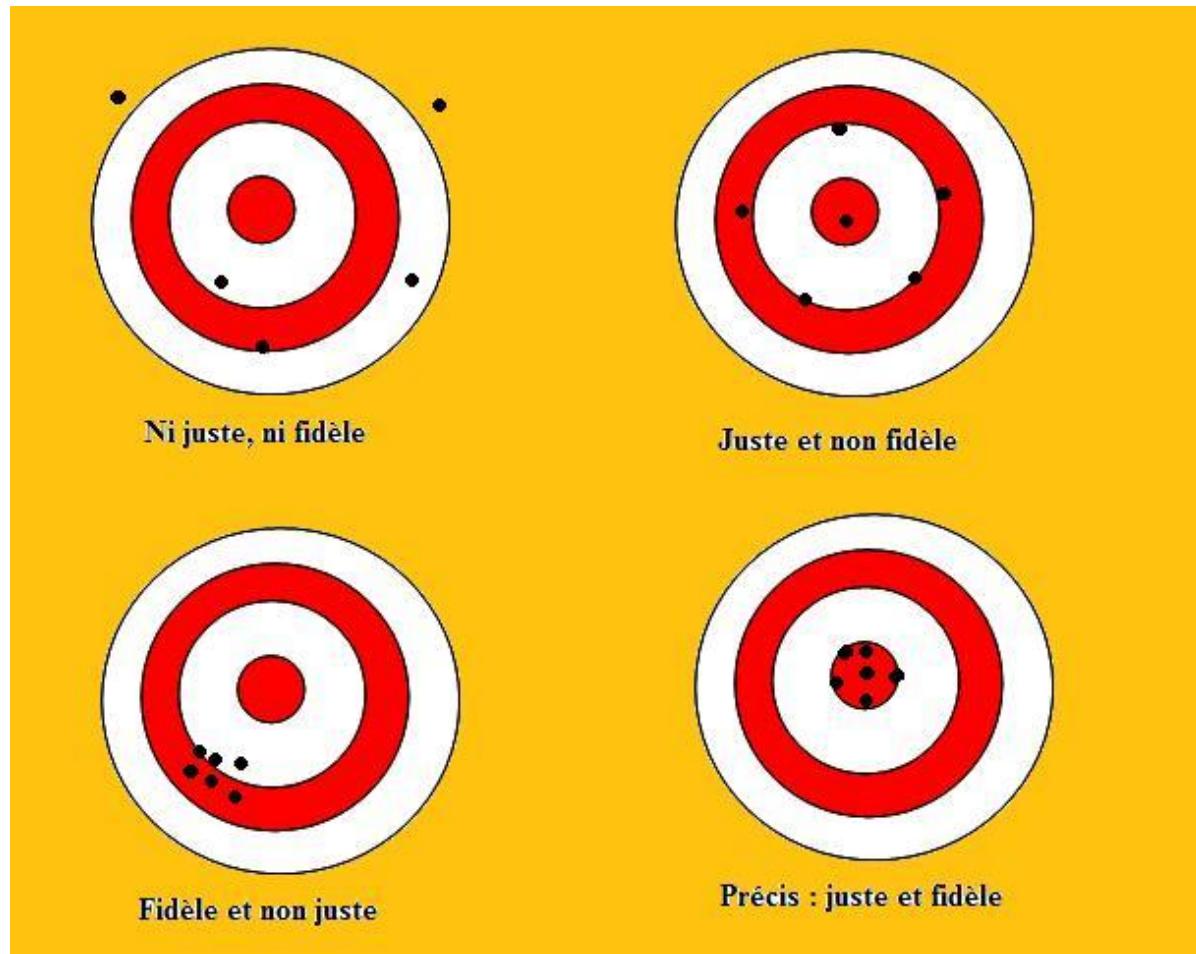


Figure 10: schématisation de la justesse de la fidélité et de la précision

Le temps de réponse:

Le temps de réponse d'un capteur est l'intervalle de temps qui s'écoule après une variation brusque du mesurande jusqu'à ce que la variation de la sortie du capteur ne diffère plus que d'un écart inférieur à une limite ϵ conventionnellement fixée. Celui-ci est toujours fournit avec l'écart ϵ auquel il correspond.

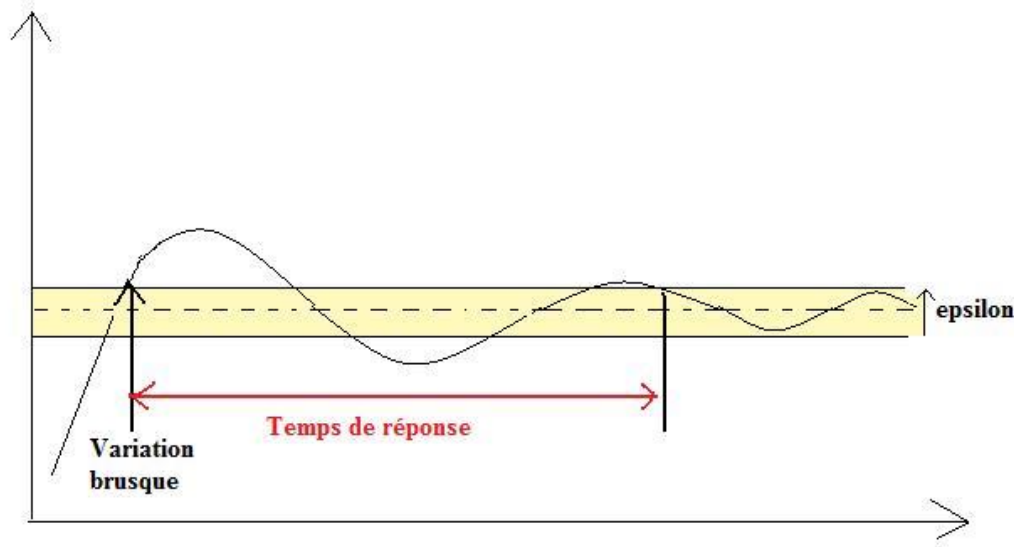


Figure 11: Courbe et temps de réponse lors de variation brusque