

Cours de Physique des Capteurs : Métrologie des Capteurs

A. Arciniegas
N. Wilkie-Chancellier
G. Sauderais
E. Dupont

IUT Cergy-Pontoise, Dep GEII, site de Neuville

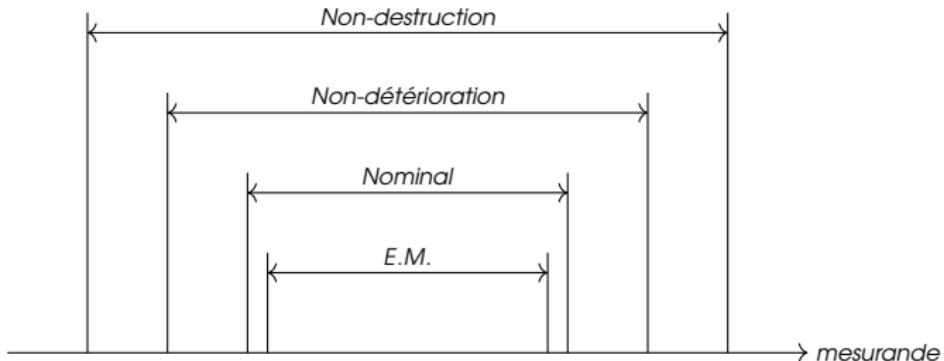


1 Caractéristiques métrologiques des capteurs

2 Généralités sur la mesure

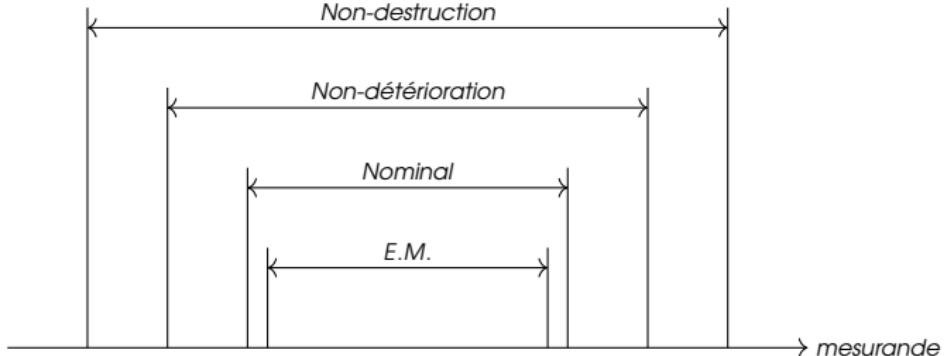
Caractéristiques métrologiques des capteurs

Limites d'utilisation d'un capteur



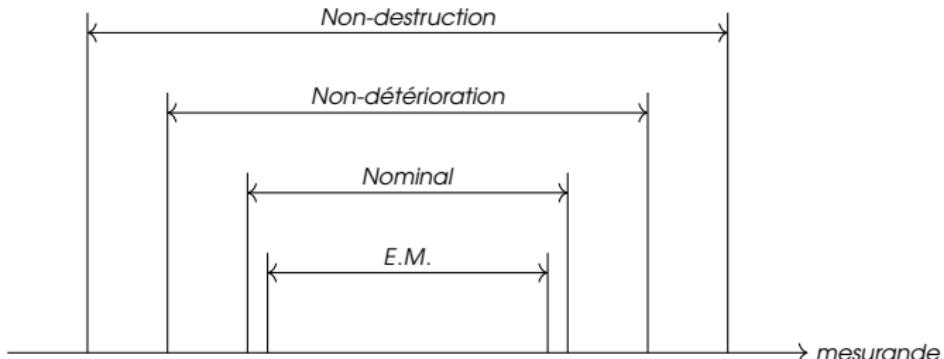
- **Domaine nominal d'emploi :** conditions normales d'utilisation du capteur

Limites d'utilisation d'un capteur



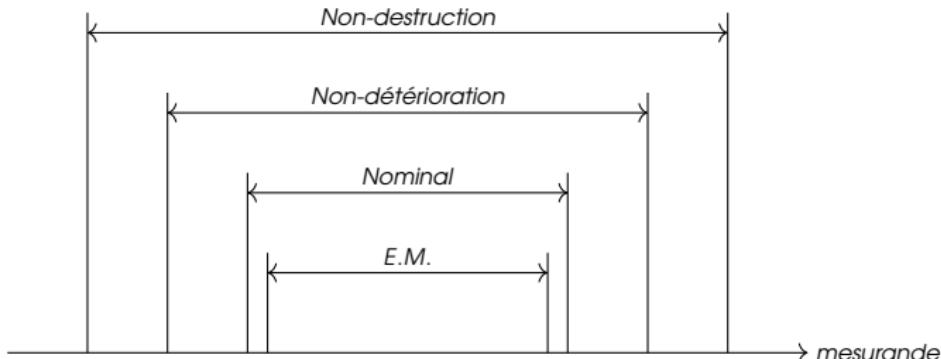
- **Domaine nominal d'emploi** : conditions normales d'utilisation du capteur
- **Domaine de non-détérioration** : les grandeurs d'influence dépassent les limites du domaine nominal d'emploi mais restent inférieures aux bornes du domaine de non-détérioration (modifications réversibles)

Limites d'utilisation d'un capteur



- **Domaine nominal d'emploi** : conditions normales d'utilisation du capteur
- **Domaine de non-détérioration** : les grandeurs d'influence dépassent les limites du domaine nominal d'emploi mais restent inférieures aux bornes du domaine de non-détérioration (modifications réversibles)
- **Domaine de non-destruction** : les grandeurs d'influence dépassent les limites du domaine de non-détérioration tout en restant inférieures aux bornes du domaine de non-destruction (modifications irréversibles)

Limites d'utilisation d'un capteur



- **Domaine nominal d'emploi** : conditions normales d'utilisation du capteur
- **Domaine de non-détérioration** : les grandeurs d'influence dépassent les limites du domaine nominal d'emploi mais restent inférieures aux bornes du domaine de non-détérioration (modifications réversibles)
- **Domaine de non-destruction** : les grandeurs d'influence dépassent les limites du domaine de non-détérioration tout en restant inférieures aux bornes du domaine de non-destruction (modifications irréversibles)
- **Étendue de mesure (E.M.)** : définit la plage de valeurs du mesurande $[m_{min}, m_{max}]$ pour lesquelles le capteur répond aux spécifications du constructeur

$$E.M. = m_{max} - m_{min}$$

Sensibilité et linéarité

Pour une valeur donnée m du mesurande, la *sensibilité* S est égale au quotient de la variation de la sortie électrique s par la variation correspondante du mesurande m :

$$S = \frac{\Delta s}{\Delta m}$$

Sensibilité et linéarité

Pour une valeur donnée m du mesurande, la *sensibilité* S est égale au quotient de la variation de la sortie électrique s par la variation correspondante du mesurande m :

$$S = \frac{\Delta s}{\Delta m}$$

Un capteur est dit *linéaire* si, dans l'E.M., $s(m)$ est fonction linéaire de m ; S est alors constante dans cette plage de fonctionnement.

Sensibilité et linéarité

Pour une valeur donnée m du mesurande, la *sensibilité* S est égale au quotient de la variation de la sortie électrique s par la variation correspondante du mesurande m :

$$S = \frac{\Delta s}{\Delta m}$$

Un capteur est dit *linéaire* si, dans l'E.M., $s(m)$ est fonction linéaire de m ; S est alors constante dans cette plage de fonctionnement.

Cas général :

- $s(m)$ est une fonction non linéaire,
- S n'est pas une constante,
- S est alors égale à la pente au voisinage d'un point de repos de la fonction :

$$S = \left. \frac{ds}{dm} \right|_{m=m_0}$$

Rapidité

- Est la spécification d'un capteur qui permet d'apprécier de quelle façon la grandeur de sortie suit dans le temps les variations du mesurande.

Rapidité

- Est la spécification d'un capteur qui permet d'apprécier de quelle façon la grandeur de sortie suit dans le temps les variations du mesurande.
- Est caractérisée par le *temps de réponse*, ou temps qui s'écoule après une variation brusque du mesurande (*régime transitoire*) jusqu'à ce que la variation de la sortie du capteur se stabilise (*régime établi*).

Rapidité

- Est la spécification d'un capteur qui permet d'apprécier de quelle façon la grandeur de sortie suit dans le temps les variations du mesurande.
- Est caractérisée par le *temps de réponse*, ou temps qui s'écoule après une variation brusque du mesurande (*régime transitoire*) jusqu'à ce que la variation de la sortie du capteur se stabilise (*régime établi*).
- Un capteur est d'autant plus rapide qu'il admet des fréquences plus élevées de variation du mesurande.

Caractéristiques

Rapidité

- Est la spécification d'un capteur qui permet d'apprécier de quelle façon la grandeur de sortie suit dans le temps les variations du mesurande.
- Est caractérisée par le *temps de réponse*, ou temps qui s'écoule après une variation brusque du mesurande (*régime transitoire*) jusqu'à ce que la variation de la sortie du capteur se stabilise (*régime établi*).
- Un capteur est d'autant plus rapide qu'il admet des fréquences plus élevées de variation du mesurande.

Discrétion ou finesse

- Est la caractéristique qui qualifie l'incidence du capteur sur le phénomène mesuré.

Caractéristiques

Rapidité

- Est la spécification d'un capteur qui permet d'apprécier de quelle façon la grandeur de sortie suit dans le temps les variations du mesurande.
- Est caractérisée par le *temps de réponse*, ou temps qui s'écoule après une variation brusque du mesurande (*régime transitoire*) jusqu'à ce que la variation de la sortie du capteur se stabilise (*régime établi*).
- Un capteur est d'autant plus rapide qu'il admet des fréquences plus élevées de variation du mesurande.

Discrétion ou finesse

- Est la caractéristique qui qualifie l'incidence du capteur sur le phénomène mesuré.
- Est spécifiée par des grandeurs physiques propres à chaque type de capteur et qui définissent son interaction avec le milieu de mesure.

Caractéristiques

Rapidité

- Est la spécification d'un capteur qui permet d'apprécier de quelle façon la grandeur de sortie suit dans le temps les variations du mesurande.
- Est caractérisée par le *temps de réponse*, ou temps qui s'écoule après une variation brusque du mesurande (*régime transitoire*) jusqu'à ce que la variation de la sortie du capteur se stabilise (*régime établi*).
- Un capteur est d'autant plus rapide qu'il admet des fréquences plus élevées de variation du mesurande.

Discrétion ou finesse

- Est la caractéristique qui qualifie l'incidence du capteur sur le phénomène mesuré.
- Est spécifiée par des grandeurs physiques propres à chaque type de capteur et qui définissent son interaction avec le milieu de mesure.

Exemples :

- la masse d'un accéléromètre
- la capacité calorique d'une sonde thermométrique

Généralités sur la mesure

Erreurs de mesure

Mesurer c'est évaluer : la valeur mesurée est fortement dépendante des imperfections de la chaîne de mesure qui dégradent l'information du signal au cours de son traitement.

Erreurs de mesure

Mesurer c'est évaluer : la valeur mesurée est fortement dépendante des imperfections de la chaîne de mesure qui dégradent l'information du signal au cours de son traitement.

Erreur

C'est la différence entre la valeur mesurée X_{mes} et la valeur vraie X_{vraie} lors de la mesure d'une grandeur physique x.

$$\varepsilon = X_{vraie} - X_{mes}$$

Erreurs de mesure

Mesurer c'est évaluer : la valeur mesurée est fortement dépendante des imperfections de la chaîne de mesure qui dégradent l'information du signal au cours de son traitement.

Erreur

C'est la différence entre la valeur mesurée X_{mes} et la valeur vraie X_{vraie} lors de la mesure d'une grandeur physique x.

$$\varepsilon = X_{vraie} - X_{mes}$$

- L'erreur ne peut être qu'estimée.

Erreurs de mesure

Mesurer c'est évaluer : la valeur mesurée est fortement dépendante des imperfections de la chaîne de mesure qui dégradent l'information du signal au cours de son traitement.

Erreur

C'est la différence entre la valeur mesurée X_{mes} et la valeur vraie X_{vraie} lors de la mesure d'une grandeur physique x .

$$\varepsilon = X_{vraie} - X_{mes}$$

- L'erreur ne peut être qu'estimée.
- X_{vraie} est en général inconnue mais une valeur peut être fixée par convention et donc on parle de valeur de référence ou étalon.

Erreurs de mesure

Mesurer c'est évaluer : la valeur mesurée est fortement dépendante des imperfections de la chaîne de mesure qui dégradent l'information du signal au cours de son traitement.

Erreur

C'est la différence entre la valeur mesurée X_{mes} et la valeur vraie X_{vraie} lors de la mesure d'une grandeur physique x .

$$\varepsilon = X_{vraie} - X_{mes}$$

- L'erreur ne peut être qu'estimée.
- X_{vraie} est en général inconnue mais une valeur peut être fixée par convention et donc on parle de valeur de référence ou étalon.

On peut définir :

- erreur absolue : $\varepsilon_{abs} = |\varepsilon|$
- erreur relative : $\varepsilon_{rel} = \frac{\varepsilon_{abs}}{X_{vraie}} \times 100 \text{ (%)}$

Erreurs de mesure

Mesurer c'est évaluer : la valeur mesurée est fortement dépendante des imperfections de la chaîne de mesure qui dégradent l'information du signal au cours de son traitement.

Erreur

C'est la différence entre la valeur mesurée X_{mes} et la valeur vraie X_{vraie} lors de la mesure d'une grandeur physique x .

$$\varepsilon = X_{vraie} - X_{mes}$$

- L'erreur ne peut être qu'estimée.
- X_{vraie} est en général inconnue mais une valeur peut être fixée par convention et donc on parle de valeur de référence ou étalon.

On peut définir :

- erreur absolue : $\varepsilon_{abs} = |\varepsilon|$
- erreur relative : $\varepsilon_{rel} = \frac{\varepsilon_{abs}}{X_{vraie}} \times 100 \text{ (%)}$

Sa nature peut-être :

- systématique
- accidentelle ou aléatoire

$$\text{Ainsi l'erreur s'écrit } \varepsilon = \varepsilon_s + \varepsilon_a$$

Erreurs systématiques

Concernent un **décalage constant** entre la valeur vraie et la valeur mesurée : une correction est à priori possible lorsque elles sont détectées.

Erreurs systématiques

Concernent un **décalage constant** entre la valeur vraie et la valeur mesurée : une correction est à priori possible lorsque elles sont détectées.

Quelques causes fréquentes :

- Erreurs sur la valeur d'une grandeur de référence (p.e. Erreur de zéro ou offset)

Erreurs systématiques

Concernent un **décalage constant** entre la valeur vraie et la valeur mesurée : une correction est à priori possible lorsque elles sont détectées.

Quelques causes fréquentes :

- Erreurs sur la valeur d'une grandeur de référence (p.e. Erreur de zéro ou offset)
- Erreurs sur les caractéristiques du capteur (p.e. Erreur d'échelle ou de gain nominal)

Erreurs systématiques

Concernent un **décalage constant** entre la valeur vraie et la valeur mesurée : une correction est à priori possible lorsque elles sont détectées.

Quelques causes fréquentes :

- Erreurs sur la valeur d'une grandeur de référence (p.e. Erreur de zéro ou offset)
- Erreurs sur les caractéristiques du capteur (p.e. Erreur d'échelle ou de gain nominal)
- Erreurs dues au mode ou aux conditions d'emploi (p.e. rapidité, finesse)

Erreurs systématiques

Concernent un **décalage constant** entre la valeur vraie et la valeur mesurée : une correction est à priori possible lorsque elles sont détectées.

Quelques causes fréquentes :

- Erreurs sur la valeur d'une grandeur de référence (p.e. Erreur de zéro ou offset)
- Erreurs sur les caractéristiques du capteur (p.e. Erreur d'échelle ou de gain nominal)
- Erreurs dues au mode ou aux conditions d'emploi (p.e. rapidité, finesse)
- Erreurs dans l'exploitation des données brutes de mesure (p.e. Erreur de linéarité)

Erreurs systématiques

Concernent un **décalage constant** entre la valeur vraie et la valeur mesurée : une correction est à priori possible lorsque elles sont détectées.

Quelques causes fréquentes :

- Erreurs sur la valeur d'une grandeur de référence (p.e. Erreur de zéro ou offset)
- Erreurs sur les caractéristiques du capteur (p.e. Erreur d'échelle ou de gain nominal)
- Erreurs dues au mode ou aux conditions d'emploi (p.e. rapidité, finesse)
- Erreurs dans l'exploitation des données brutes de mesure (p.e. Erreur de linéarité)

Erreurs accidentielles

Concernent souvent des phénomènes **non prévisibles** ou **aléatoires** : peuvent être réduites par amélioration de la chaîne de mesure vis-à-vis de leurs causes.

Erreurs systématiques

Concernent un **décalage constant** entre la valeur vraie et la valeur mesurée : une correction est à priori possible lorsque elles sont détectées.

Quelques causes fréquentes :

- Erreurs sur la valeur d'une grandeur de référence (p.e. Erreur de zéro ou offset)
- Erreurs sur les caractéristiques du capteur (p.e. Erreur d'échelle ou de gain nominal)
- Erreurs dues au mode ou aux conditions d'emploi (p.e. rapidité, finesse)
- Erreurs dans l'exploitation des données brutes de mesure (p.e. Erreur de linéarité)

Erreurs accidentielles

Concernent souvent des phénomènes **non prévisibles** ou **aléatoires** : peuvent être réduites par amélioration de la chaîne de mesure vis-à-vis de leurs causes.

Quelques causes fréquentes :

- Erreurs liées aux indéterminations intrinsèques des caractéristiques instrumentales (p.e. Erreur d'hystérésis, Erreur de quantification)

Erreurs systématiques

Concernent un **décalage constant** entre la valeur vraie et la valeur mesurée : une correction est à priori possible lorsque elles sont détectées.

Quelques causes fréquentes :

- Erreurs sur la valeur d'une grandeur de référence (p.e. Erreur de zéro ou offset)
- Erreurs sur les caractéristiques du capteur (p.e. Erreur d'échelle ou de gain nominal)
- Erreurs dues au mode ou aux conditions d'emploi (p.e. rapidité, finesse)
- Erreurs dans l'exploitation des données brutes de mesure (p.e. Erreur de linéarité)

Erreurs accidentielles

Concernent souvent des phénomènes **non prévisibles** ou **aléatoires** : peuvent être réduites par amélioration de la chaîne de mesure vis-à-vis de leurs causes.

Quelques causes fréquentes :

- Erreurs liées aux indéterminations intrinsèques des caractéristiques instrumentales (p.e. Erreur d'hystérésis, Erreur de quantification)
- Erreurs dues à la prise en compte par la chaîne de mesure de signaux parasites de caractère aléatoire (p.e. bruit de fond)

Erreurs systématiques

Concernent un **décalage constant** entre la valeur vraie et la valeur mesurée : une correction est à priori possible lorsque elles sont détectées.

Quelques causes fréquentes :

- Erreurs sur la valeur d'une grandeur de référence (p.e. Erreur de zéro ou offset)
- Erreurs sur les caractéristiques du capteur (p.e. Erreur d'échelle ou de gain nominal)
- Erreurs dues au mode ou aux conditions d'emploi (p.e. rapidité, finesse)
- Erreurs dans l'exploitation des données brutes de mesure (p.e. Erreur de linéarité)

Erreurs accidentielles

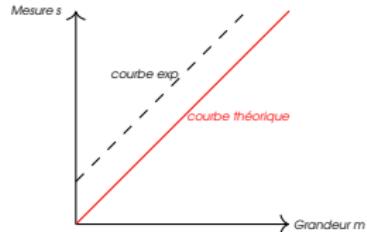
Concernent souvent des phénomènes **non prévisibles** ou **aléatoires** : peuvent être réduites par amélioration de la chaîne de mesure vis-à-vis de leurs causes.

Quelques causes fréquentes :

- Erreurs liées aux indéterminations intrinsèques des caractéristiques instrumentales (p.e. Erreur d'hystérésis, Erreur de quantification)
- Erreurs dues à la prise en compte par la chaîne de mesure de signaux parasites de caractère aléatoire (p.e. bruit de fond)
- Erreurs dues à des grandeurs d'influence

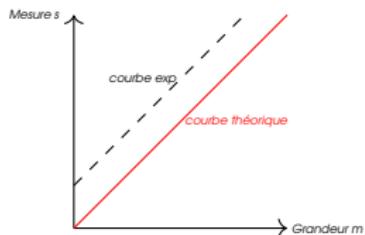
Erreurs systématiques

Erreur de zéro (offset): Décalage de la valeur de s quand $m = 0$.

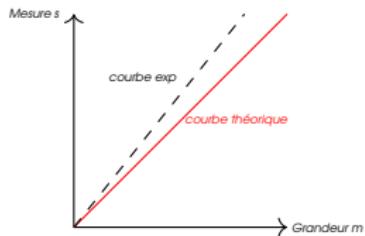


Erreurs systématiques

Erreur de zéro (offset) : Décalage de la valeur de s quand $m = 0$.

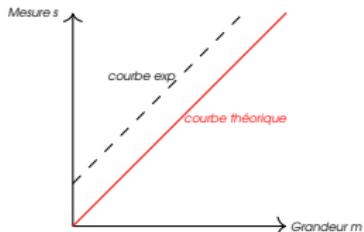


Erreur d'échelle (gain) : Elle dépend de façon linéaire de la grandeur mesurée m .

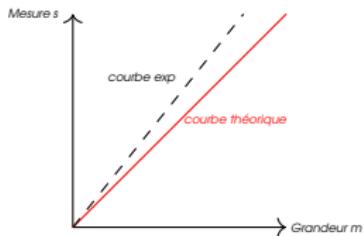


Erreurs systématiques

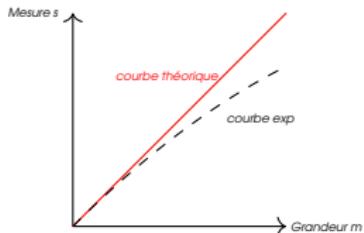
Erreur de zéro (offset) : Décalage de la valeur de s quand $m = 0$.



Erreur d'échelle (gain) : Elle dépend de façon linéaire de la grandeur mesurée m .

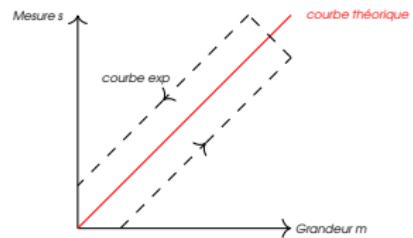


Erreur de linéarité: s est une fonction non linéaire de m .



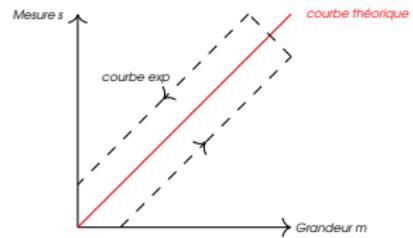
Erreurs accidentnelles

Erreur d'hystérésis : Il y a un phénomène d'hystérésis lorsque la grandeur de sortie dépend non seulement de la valeur actuelle du mesurande mais aussi de la suite de ses valeurs antérieures.

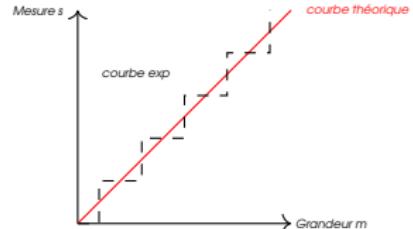


Erreurs accidentnelles

Erreur d'hystérésis : Il y a un phénomène d'hystérésis lorsque la grandeur de sortie dépend non seulement de la valeur actuelle du mesurande mais aussi de la suite de ses valeurs antérieures.



Erreur de quantification d'un convertisseur analogique-numérique : Attribue une valeur unique à l'ensemble de valeurs analogiques comprises dans une plage.



Estimation de l'incertitude de mesure due à un dispositif

L'incertitude traduit les tentatives pour estimer l'erreur commise.

Présentation d'un résultat expérimental

X_{mes} : valeur mesurée d'une grandeur x ,

$$X_{mes} = \bar{x} \pm \Delta X$$

où \bar{x} est la meilleure estimation de X_{vraie} et ΔX l'incertitude absolue.

Estimation de l'incertitude de mesure due à un dispositif

L'incertitude traduit les tentatives pour estimer l'erreur commise.

Présentation d'un résultat expérimental

X_{mes} : valeur mesurée d'une grandeur x ,

$$X_{mes} = \bar{x} \pm \Delta X$$

où \bar{x} est la meilleure estimation de X_{vraie} et ΔX l'incertitude absolue.

On sait que :

$$\varepsilon = X_{vraie} - X_{mes} = \varepsilon_s + \varepsilon_a$$

donc :

Estimation de l'incertitude de mesure due à un dispositif

L'incertitude traduit les tentatives pour estimer l'erreur commise.

Présentation d'un résultat expérimental

X_{mes} : valeur mesurée d'une grandeur x ,

$$X_{mes} = \bar{x} \pm \Delta X$$

où \bar{x} est la meilleure estimation de X_{vraie} et ΔX l'incertitude absolue.

On sait que :

$$\varepsilon = X_{vraie} - X_{mes} = \varepsilon_s + \varepsilon_a$$

donc :

$$X_{vraie} - X_{mes} = \varepsilon_s + \varepsilon_a$$

Estimation de l'incertitude de mesure due à un dispositif

L'incertitude traduit les tentatives pour estimer l'erreur commise.

Présentation d'un résultat expérimental

X_{mes} : valeur mesurée d'une grandeur x ,

$$X_{mes} = \bar{x} \pm \Delta X$$

où \bar{x} est la meilleure estimation de X_{vraie} et ΔX l'incertitude absolue.

On sait que :

$$\varepsilon = X_{vraie} - X_{mes} = \varepsilon_s + \varepsilon_a$$

donc :

$$X_{vraie} - (X_{mes}) = \varepsilon_s + \varepsilon_a$$

Estimation de l'incertitude de mesure due à un dispositif

L'incertitude traduit les tentatives pour estimer l'erreur commise.

Présentation d'un résultat expérimental

X_{mes} : valeur mesurée d'une grandeur x ,

$$X_{mes} = \bar{x} \pm \Delta X$$

où \bar{x} est la meilleure estimation de X_{vraie} et ΔX l'incertitude absolue.

On sait que :

$$\varepsilon = X_{vraie} - X_{mes} = \varepsilon_s + \varepsilon_a$$

donc :

$$X_{vraie} - (\bar{x} \pm \Delta X) = \varepsilon_s + \varepsilon_a$$

Estimation de l'incertitude de mesure due à un dispositif

L'incertitude traduit les tentatives pour estimer l'erreur commise.

Présentation d'un résultat expérimental

X_{mes} : valeur mesurée d'une grandeur x ,

$$X_{mes} = \bar{x} \pm \Delta X$$

où \bar{x} est la meilleure estimation de X_{vraie} et ΔX l'incertitude absolue.

On sait que :

$$\varepsilon = X_{vraie} - X_{mes} = \varepsilon_s + \varepsilon_a$$

donc :

$$(X_{vraie} - \bar{x}) \pm \Delta X = \varepsilon_s + \varepsilon_a$$

Estimation de l'incertitude de mesure due à un dispositif

L'incertitude traduit les tentatives pour estimer l'erreur commise.

Présentation d'un résultat expérimental

X_{mes} : valeur mesurée d'une grandeur x ,

$$X_{mes} = \bar{x} \pm \Delta X$$

où \bar{x} est la meilleure estimation de X_{vraie} et ΔX l'incertitude absolue.

On sait que :

$$\varepsilon = X_{vraie} - X_{mes} = \varepsilon_s + \varepsilon_a$$

donc :

$$(X_{vraie} - \bar{x}) \pm \Delta X = \varepsilon_s + \varepsilon_a$$

Ainsi par identification :

- erreur (biais) systématique => $\varepsilon_s = X_{vraie} - \bar{x}$
- erreur (biais) aléatoire => $\varepsilon_a = \Delta X$

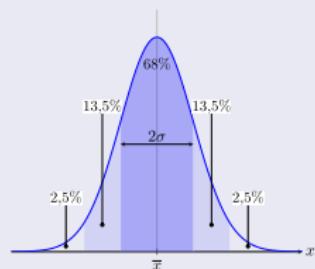
Estimation de l'incertitude de mesure due à un dispositif

Mesurer c'est accéder à une grandeur aléatoire.

Analyse statistique d'une série de mesures

Lorsque les erreurs accidentnelles (aléatoires) affectant les différentes mesures sont indépendantes, la probabilité d'apparition des différents résultats satisfait habituellement à la loi normale (loi de Gauss) :

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$$



Source : Femto-physique.

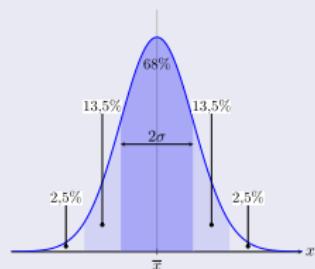
Estimation de l'incertitude de mesure due à un dispositif

Mesurer c'est accéder à une grandeur aléatoire.

Analyse statistique d'une série de mesures

Lorsque les erreurs accidentnelles (aléatoires) affectant les différentes mesures sont indépendantes, la probabilité d'apparition des différents résultats satisfait habituellement à la loi normale (loi de Gauss) :

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$$



L'écart-type σ caractérise la dispersion des résultats autour de la moyenne \bar{x} .

Source : Femto-physique.

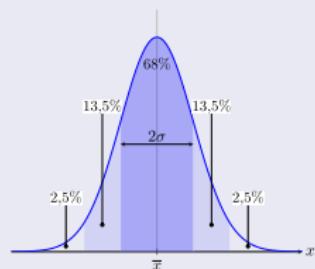
Estimation de l'incertitude de mesure due à un dispositif

Mesurer c'est accéder à une grandeur aléatoire.

Analyse statistique d'une série de mesures

Lorsque les erreurs accidentnelles (aléatoires) affectant les différentes mesures sont indépendantes, la probabilité d'apparition des différents résultats satisfait habituellement à la loi normale (loi de Gauss) :

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$$



L'écart-type σ caractérise la dispersion des résultats autour de la moyenne \bar{x} . Il existe deux types d'estimations :

- **Type A** : On répète N fois la même expérience puis on effectue une analyse statistique.
- **Type B** : À partir d'une seule mesure et à l'aide de différentes informations (notices techniques) et d'hypothèses probabilistes.

Source : Femto-physique.

Estimation de l'incertitude de mesure due à un dispositif

Mesurer c'est accéder à une grandeur aléatoire.

Cas de l'estimation de type A

Meilleure estimation de la *moyenne* de la distribution des valeurs de x :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Estimation de l'incertitude de mesure due à un dispositif

Mesurer c'est accéder à une grandeur aléatoire.

Cas de l'estimation de type A

Meilleure estimation de la *moyenne* de la distribution des valeurs de x :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Meilleure estimation de l'*écart-type* de la distribution des valeurs de x :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Estimation de l'incertitude de mesure due à un dispositif

Mesurer c'est accéder à une grandeur aléatoire.

Cas de l'estimation de type A

Meilleure estimation de la *moyenne* de la distribution des valeurs de x :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Meilleure estimation de l'*écart-type* de la distribution des valeurs de x :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Nous distinguerons deux situations pour le nombre de mesures N :

- N est « grand » ($N \geq 30$) : utilisation directe des formules précédentes
- N est « faible » ($N < 30$) : utilisation de la correction de Student

Définitions

- **Fidélité** : est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs accidentielles sont faibles.

Définitions

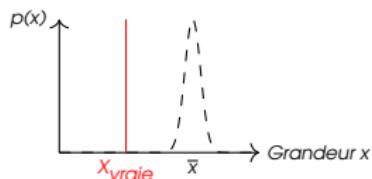
- **Fidélité** : est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs accidentnelles sont faibles.
- **Justesse** : est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs systématiques sont réduites.

Définitions

- **Fidélité** : est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs accidentnelles sont faibles.
- **Justesse** : est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs systématiques sont réduites.
- **Précision** : qualifie l'aptitude d'un appareillage de mesure à donner des résultats qui, individuellement, sont proches de la valeur vraie du mesurande.

Définitions

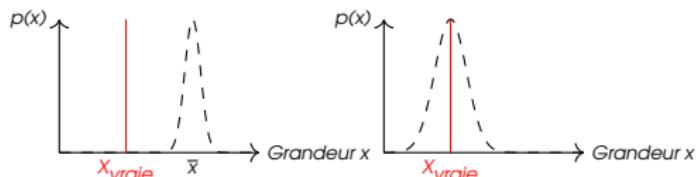
- **Fidélité** : est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs accidentnelles sont faibles.
- **Justesse** : est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs systématiques sont réduites.
- **Précision** : qualifie l'aptitude d'un appareillage de mesure à donner des résultats qui, individuellement, sont proches de la valeur vraie du mesurande.



Fidèle mais pas juste

Définitions

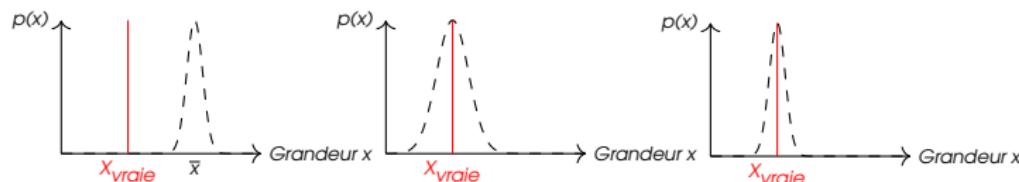
- **Fidélité** : est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs accidentnelles sont faibles.
- **Justesse** : est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs systématiques sont réduites.
- **Précision** : qualifie l'aptitude d'un appareillage de mesure à donner des résultats qui, individuellement, sont proches de la valeur vraie du mesurande.



Fidèle mais pas juste Juste mais pas fidèle

Définitions

- **Fidélité** : est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs accidentnelles sont faibles.
- **Justesse** : est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs systématiques sont réduites.
- **Précision** : qualifie l'aptitude d'un appareillage de mesure à donner des résultats qui, individuellement, sont proches de la valeur vraie du mesurande.



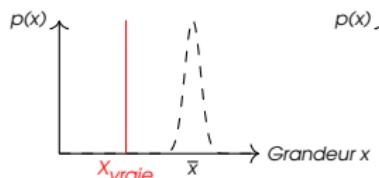
Fidèle mais pas juste

Juste mais pas fidèle

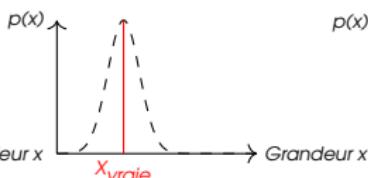
Précis

Définitions

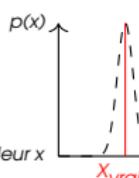
- **Fidélité** : est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs accidentnelles sont faibles.
- **Justesse** : est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs systématiques sont réduites.
- **Précision** : qualifie l'aptitude d'un appareillage de mesure à donner des résultats qui, individuellement, sont proches de la valeur vraie du mesurande.



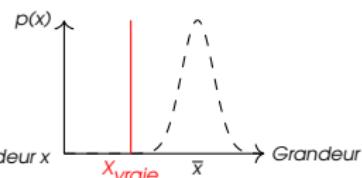
Fidèle mais pas juste



Juste mais pas fidèle



Précis



Ni fidèle ni juste

Remarques

Lorsque la chaîne de mesure comporte :

- seulement des capteurs linéaires, nous pouvons procéder à l'étalonnage de chacun

Remarques

Lorsque la chaîne de mesure comporte :

- seulement des capteurs linéaires, nous pouvons procéder à l'étalonnage de chacun
- un capteur non linéaire, alors il est nécessaire de linéariser sa réponse avant

Remarques

Lorsque la chaîne de mesure comporte :

- seulement des capteurs linéaires, nous pouvons procéder à l'étalonnage de chacun
- un capteur non linéaire, alors il est nécessaire de linéariser sa réponse avant

Simple

Il s'applique à un mesurande défini par une grandeur physique unique et à un capteur non sensible ou non soumis à des grandeurs d'influence.

Remarques

Lorsque la chaîne de mesure comporte :

- seulement des capteurs linéaires, nous pouvons procéder à l'étalonnage de chacun
- un capteur non linéaire, alors il est nécessaire de linéariser sa réponse avant

Simple

Il s'applique à un mesurande défini par une grandeur physique unique et à un capteur non sensible ou non soumis à des grandeurs d'influence.

Multiple

Nécessite une série d'étalonnages successifs pour étudier l'influence de chacun des paramètres actifs,

Remarques

Lorsque la chaîne de mesure comporte :

- seulement des capteurs linéaires, nous pouvons procéder à l'étalonnage de chacun
- un capteur non linéaire, alors il est nécessaire de linéariser sa réponse avant

Simple

Il s'applique à un mesurande défini par une grandeur physique unique et à un capteur non sensible ou non soumis à des grandeurs d'influence.

Multiple

Nécessite une série d'étalonnages successifs pour étudier l'influence de chacun des paramètres actifs, ainsi il s'applique lorsque :

- le mesurande à lui seul ne permet pas de définir la réponse du capteur,

Remarques

Lorsque la chaîne de mesure comporte :

- seulement des capteurs linéaires, nous pouvons procéder à l'étalonnage de chacun
- un capteur non linéaire, alors il est nécessaire de linéariser sa réponse avant

Simple

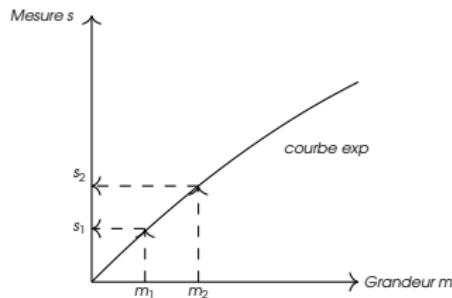
Il s'applique à un mesurande défini par une grandeur physique unique et à un capteur non sensible ou non soumis à des grandeurs d'influence.

Multiple

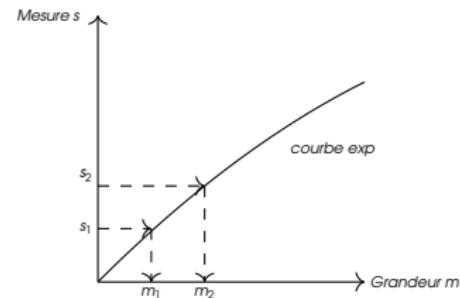
Nécessite une série d'étalonnages successifs pour étudier l'influence de chacun des paramètres actifs, ainsi il s'applique lorsque :

- le mesurande à lui seul ne permet pas de définir la réponse du capteur,
- le capteur présente le phénomène d'hystérésis, la courbe d'étalonnage est obtenue suivant une procédure dans laquelle le capteur se trouve soumis à une succession ordonnée et spécifiée de valeurs du mesurande.

Étalonnage



Établissement de la courbe d'étalonnage



Exploitation de la courbe d'étalonnage