

# Introduction à la métrologie et à la biométrie



En médecine, beaucoup de décisions thérapeutiques sont prises en se fondant sur différentes sources d'informations par exemple pour l'examen physique d'un patient c'est les 5 sens du médecin qui servent d'outils de mesure.

## ➤ Définitions

(C'est pas la partie la plus cool mais ça aide pour comprendre)

**Métrologie :** Science des mesures des paramètres des individus (dosages des marqueurs, ...).

**Biométrie :** Science qui mesure les variations biologiques à l'intérieur d'un groupe pour l'étude quantitative et/ou qualitative des êtres vivants, elle s'applique à l'agronomie, l'anthropologie, l'écologie, la médecine etc...

**Mesurer :** Évaluer une longueur/une surface/un volume en la comparant à une référence de même espèce appelée étalon. On assure la traçabilité avec des unités de référence (unités du SI).

**Mesure :** Valeur numérique **avec son unité de mesure**

**Grandeur Physique :** Toute propriété qui peut être repérée qualitativement et mesurée quantitativement. Les grandeurs comparables forment des ensembles : masses, longueurs, volume

**Étalonnage :** Ensemble des opérations établissant, dans des conditions spécifiées, la relation entre la quantité indiquée par un appareil ou un système de mesure et la valeur vraie de la variable mesurée, réalisée par des étalons. (Exemple: quand une balance est vide le poids indiqué est 0)

**Unité :** Grandeur particulière choisie comme référence. Chaque unité est nommée, et un symbole lui est attribué (€, Ω...)

→ Avant 1960, il existait plus de 700 unités puis le système international d'unités (SI) a remplacé le système métrique. Il y a dorénavant 7 unités de base indépendantes les unes des autres et d'autres unités dérivées

→ Elles font souvent appel à des constantes universelles (ex: Charge élémentaire) ou historiques (ex: 1h=3600s)

(fun fact : Avant on mesurait en "pied de Roi" (1 PDR = 0,32483 m = la taille du pied de Charlemagne)

## Les 7 unités de base

Grandeur		Unité	
Nom	Symbole	Nom	Symbole
Longueur	L	mètre	m
Masse	M	kilogramme	kg
Temps	t	seconde	s
Courant électrique	i	ampère	A
Température	T	kelvin	K
Quantité de matière	n	mole	mol
Intensité lumineuse	I	candela	cd

## Les Grandeurs dérivées

Grandeur	Unité	Symbole	Expression en fonctions des grandeurs fondamentales
Force	Newton	N	kg·m/s <sup>2</sup>
Travail et énergie	Joule	J	kg·m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
Puissance	Watt	W	kg·m <sup>2</sup> /s <sup>3</sup>
Pression	Pascal	Pa	kg/(m·s <sup>2</sup> )
Fréquence	Hertz	Hz	s <sup>-1</sup>
Charge électrique	Coulomb	C	A·s
Potentiel électrique	Volt	V	kg·m <sup>2</sup> /(A·s <sup>3</sup> )
Résistance électrique	Ohm	Ω	kg·m <sup>2</sup> /(A <sup>2</sup> ·s <sup>3</sup> )
Capacité	Farad	F	A <sup>2</sup> ·s <sup>4</sup> /(kg·m <sup>2</sup> )
Champ magnétique	Tesla	T	kg/(A·s <sup>2</sup> )
Inductance	Henry	H	kg·m <sup>2</sup> /(s <sup>2</sup> ·A <sup>2</sup> )



## 🔪 Incertitude

Quand je mesure quelque chose le résultat de la mesure ( $x$ ) d'une grandeur ( $X$ ) n'est pas défini par un seul nombre. mais par un couple ( $x, dx$ ) et une unité.  **$dx$  est l'incertitude** sur  $x$ . Les incertitudes proviennent des différentes erreurs liées à la mesure dont on parlera après

$$x - dx < X < x + dx$$

## 🔪 Les Erreurs

🔪 **Erreur absolue ( $e$ )** : s'exprime dans l'unité de la mesure

$$\rightarrow e = x - X$$

**Erreur relative ( $er$ )** : s'exprime en pourcentage de la grandeur mesurée

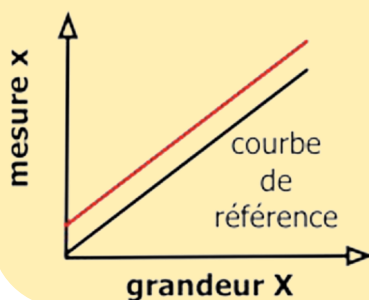
$$\rightarrow er = e/X$$

🔪 **Erreurs systématiques (ou biais)** : Erreurs reproductibles dues à une loi physique, donc on peut les éliminer en faisant quelques corrections par des calculs)

🔪 **Erreurs aléatoires** : Erreurs non reproductibles qui obéissent à des lois statistiques, elles dépendent du hasard.

🔪 **Erreurs accidentelles** : Sont dues à fausse manœuvre, d'un mauvais emploi ou de dysfonctionnement de l'appareil. Elles ne sont généralement pas prises en compte dans la détermination de la mesure.

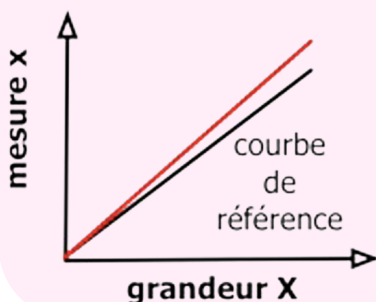
### Erreur de zéro (offset)



👉 Indépendante de la valeur de la grandeur mesurée

👉 Erreur de zéro vaut la valeur de  $x$  quand  $X=0$

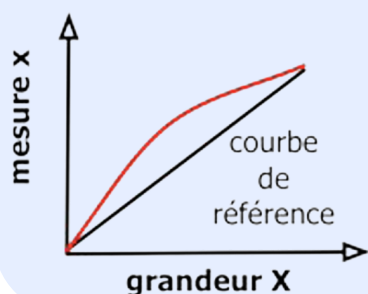
### Erreur d'échelle (gain)



👉 Dépend de façon linéaire de la valeur de la grandeur mesurée

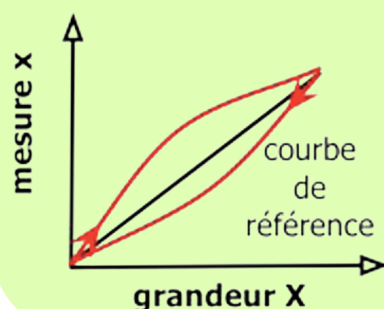
👉 Erreur de gain (dB) =  $20 \log(x/X)$

## Erreur de linéarité



☞ La caractéristique n'est pas une droite

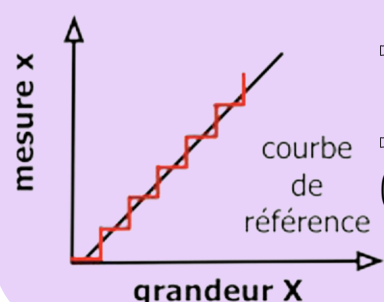
## Erreur due au phénomène d'hystérésis



☞ Lorsque le résultat de la mesure dépend de la mesure précédente

⇒ Exemple : effet de viscosité

## Erreur de mobilité



☞ Courbe en escalier

☞ Erreur souvent due à une numérisation du signal (discrétisation d'une valeur continue en classes)

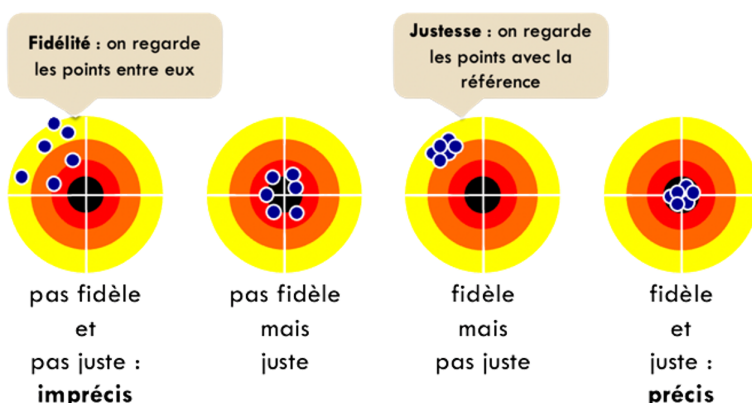
## Fidélité & Justesse

☞ **Fidélité** : Étroitesse entre une série de mesures et la moyenne des valeurs trouvées.  
→ indication sur les erreurs dues au hasard.

⇒ En gros on veut que nos valeurs soient proches entre elles

☞ **Justesse** : Étroitesse entre la valeur trouvée et la valeur de référence.  
→ indication sur les erreurs systématiques (biais).

⇒ En gros on veut que nos valeurs soient proches de la valeurs vraie



## Les Variables

On classe les variables en deux grandes catégories : les variables **qualitatives** et **quantitatives**

Quantitative :	Qualitative :
<b>Mesurée ou dénombrée</b> <i>Ex : Taille, poids, nombre de cigarettes fumées par jour...</i>	Ne peut être mesuré mais susceptible d'être <b>classée</b> ❖ Binaire : oui/non ❖ Multiple - Non ordonnées (statut marital) - Ordonnées (gravité maladie)

### A) Les variables Quantitatives

Ces variables peuvent être définies de deux façons :

- Par **Intervalle** : - valeur nulle arbitraire (= je la choisis)  
   - La distance qui sépare deux données est connue.  
   ⇨ Exemple : température mesurée en °C
- **Relativement** : - valeur nulle **NON** arbitraire (= je la choisis pas, c'est l'absence)  
   - Égalité d'intervalles et de rapports  
   ⇨ Exemple : température mesurée en Kelvin

Les variables quantitatives (**et uniquement celles la +++**) peuvent être continue ou discrète :

- **Continue** : - valeurs isolées, entières, et dans un certain intervalle  
   - issues d'un dénombrement  
   ⇨ Exemple : poids, taille, distance, Age réel (= âge en comptant les mois etc avec virgule genre 16,5 ans)
- **Discrète** : - Peut prendre toute valeur dans un certain intervalle  
   - issues d'une mesure  
   ⇨ Exemple : nombre d'enfants, Age civil (= âge sur les papiers sans virgule genre 16 ans)

### B) Les variables Qualitatives

Ces variables peuvent être définies de deux façons :

- **Nominale** : - L'ordre et les distances entre les catégories sont ignorés  
   - Catégories collectivement exhaustives et mutuellement exclusives donc une catégorie par personne  
   ⇨ homme / femme ou Célibataire/marié/pacsé
- **Ordinale** : - Valeurs classées en rang ou ordonnées selon un critère connu  
   - La distance entre deux catégories qui se suivent est inconnue et varie  
   ⇨ Degré de douleur (« sur une échelle de 1 à 5 [...] »), score d'Apgar

## ↪ Codage

Le but du codage est de faciliter le traitement des données qualitatives pour passer ça sur un ordi.

☑ Pour une variable **nominale** : on transforme les catégories en codes numériques en lui choisissant un chiffre

→ Exemple : Statut marital non spécifié : 0 ; Marié : 1 ; Divorcé : 2 ; Veuf : 3

### → La variable reste QUALITATIVE

☑ Pour une variable **ordinaire** : On désigne les possibilités d'une variable ordinaire par un nombre (ou score), ATTENTION ce nombre ne désigne pas une quantité mesurable mais un rang, un degré, un niveau sur une échelle de graduation donnée.

→ C'est moins arbitraire que dans le cas précédent, car il a un rang dans une progression (croissante ou décroissante). Souvent l'absence de la caractéristique ou bien le niveau le plus bas est codé par un 0

## ↪ Discretisation

Ce phénomène existe **uniquement** pour les variables **quantitatives**, on transforme une variable quantitative **continue** en une variable quantitative **discrète**.

Pour ça, on les regroupe en classes de manière non arbitraire et en conservant à la distribution sa forme générale (Découpage ni trop fin ni trop large pour être **représentatif**)

## ↪ Les Biométries

Il existe 3 grandes biométries :

- La biométrie Clinique : → l'échelle de l'individu (*examen clinique, tension artérielle, tension oculaire...*)
- La biométrie Biologique : → Plus petite échelle : cellule, molécule, ... (*liquides biologiques : sang, urines, fèces et hématologie*)
- La biométrie composite : → Indices cliniques : *IMC, Indice de Karnofsky*  
→ Indices biologiques : *Temps de Quick*

**Vous à la fin de ce cours :**

