

# Introduction à la métrologie et à la biométrie

## INTRODUCTION

Les problématiques liées à la mesure de phénomènes physico-chimiques ayant un impact sur la santé figurent parmi les plus importantes préoccupations du XXIe siècle.

En médecine, l'examen physique d'un patient comprend plusieurs étapes et c'est le clinicien et ses 5 sens qui font office d'outils de mesure.

## I. DEFINITIONS

**Biométrie** : Mesure des phénomènes biologiques pour l'étude quantitative et/ou qualitative des êtres vivants.

Domaines d'application : l'agronomie, l'anthropologie, l'écologie et la médecine.

**Mesurer** : Comparer une grandeur inconnue à une référence (de même nature, prise pour unité) dont la traçabilité est établie

→ Il faut avoir une référence (un étalon)

→ Il faut assurer la traçabilité avec des unités de référence (le Système International SI)

**Grandeur physique** : Attribut susceptible d'être distingué qualitativement et déterminé quantitativement = repérable et mesurable.

Ex : pression, température, niveau

Les grandeurs comparables forment des ensembles : masses, longueurs, capacités...

**Unité** : grandeur particulière choisie comme référence. Chaque unité est nommée et un symbole lui est attribué.

**Mesure** : Valeur numérique accompagnée de son unité, placée à droite

MESURE = VALEUR \* UNITE (une mesure n'a pas de sens sans son unité)

**Mesurage** : Ensemble des opérations ayant pour but de déterminer la valeur d'une grandeur physique.

**Etalonnage** : 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.

## II. GRANDEURS ET UNITES

### 1. Unités

Grandeur	Unité
Longueur	Mètre
Masse	Kilogramme
Temps	Seconde
Courant électrique	Ampère
Température	Kelvin
Quantité de matière	Mole
Intensité lumineuse	Candela

**Attention** : ne pas confondre une grandeur (la taille) avec une unité (le mètre) +++

En 1960, le système international d'unités s'installe et remplace tous les systèmes précédents.

→ Les unités en usage ont été ramenées à des fonctions de 7 unités de base qui sont (en théorie) indépendantes les unes des autres.

Les autres unités du SI sont appelées "unités dérivées" Ex : Newton, Joule, Watt...

### 2. Préfixes

	Noms	Symboles	Facteurs
$10^{+x}$	Giga	G	$10^9$
	Méga	M	$10^6$
	Kilo	k	$10^3$
	Hecto	h	$10^2$
	Déca	da	$10^1$
$10^{-x}$	Déci	d	$10^{-1}$
	Centi	c	$10^{-2}$
	Mili	m	$10^{-3}$
	Micro	$\mu$	$10^{-6}$
	Nano	n	$10^{-9}$
	Pico	p	$10^{-12}$
	Femto	f	$10^{-15}$

**Attention** :

Ne pas confondre Déca (multiple) et Déci (sous multiple)

### III. INCERTITUDE et ERREURS DE MESURES

#### 1. Incertitudes

$$X = x \pm dx$$

Avec :  $X$  : Valeur vraie ;  $x$  : Valeur lue ;  $dx$  : incertitude de  $x$

Le résultat de la mesure d'une grandeur est caractérisé par un couple ( $x$ ,  $dx$ ) et une unité de mesure.

L'incertitude peut être due à la mesure, elle permet de quantifier la « qualité » d'un résultat (une petite incertitude est garante d'un résultat précis). Elle certifie la fiabilité du résultat.

**Erreur Absolue :** Différence entre le résultat d'un mesurage et la valeur vraie de la grandeur physique.

☠ Elle s'exprime dans l'unité de la mesure.

$$e = x - X$$

**Erreur relative :** Rapport entre l'erreur de mesure et valeur vraie.

☠ Elle s'exprime en pourcentage

$$er = \frac{e}{X}$$

#### 2. Erreurs de mesures

L'incertitude est nourrie par différents types d'erreurs de mesures :

##### ✓ Erreurs systématiques (ou biais) :

Erreurs reproductibles reliées à leur cause par une loi physique → susceptibles d'être éliminées (correction par un calcul approprié)

Ex : Balance mal étalonnée qui rajoute 10mg à chaque mesure → Si on enlève 10mg à chaque valeur affichée on trouve la valeur vraie.

##### ✓ Erreurs aléatoires :

Erreurs non reproductibles qui obéissent à des lois statistiques (=hasard)

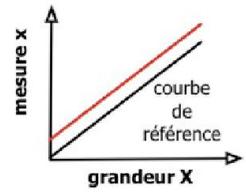
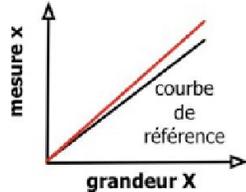
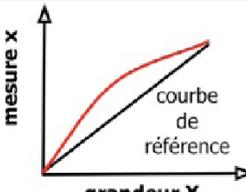
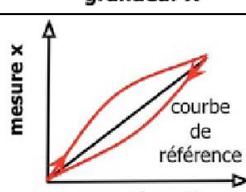
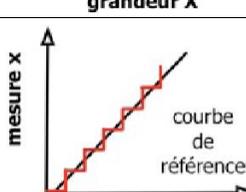
Ex: Manipulateur fait parfois tomber une goutte de trop lors d'un titrage

##### ✓ Erreurs accidentelles :

Erreurs dues à une fausse manœuvre, d'un mauvais emploi ou de dysfonctionnement de l'appareil → pas prises en compte dans la détermination de la mesure.

Ex : Manipulateur oublie de tarer la balance avant de l'utiliser

Il existe 5 erreurs accidentelles :

Erreur de zéro (offset)		Ne dépend pas de la valeur mesurée → $x \neq 0$ alors que $X = 0$
Erreur d'échelle (gain)		Dépend de façon linéaire de la valeur mesurée $dB = 20 \log(x/X)$
Erreur de linéarité		La caractéristique n'est pas une droite
Erreur due au phénomène d'hystérésis		Le résultat de la mesure dépend de la mesure précédente
Erreur de mobilité		La caractéristique est en escalier. Souvent due à une numérisation du signal

### 3. Caractéristiques lors d'une série de mesures

On distingue deux caractéristiques qui permettent de déterminer les erreurs lors d'une mesure :

**Fidélité** : Etreteesse entre une **série de mesures** et la **moyenne des valeurs**

→ Donne une indication sur les **erreurs aléatoires**

Ex : Si 2 élèves passent un contrôle on a deux cas :

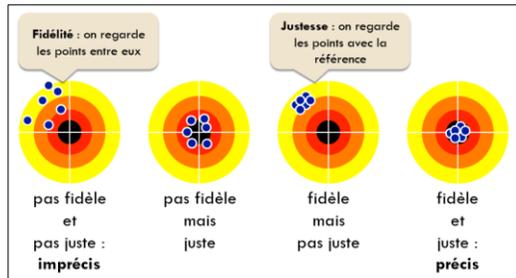
- L'un obtient 18 l'autre 2 : moyenne 10/20 → Très peu fidèle

- L'un obtient 11 l'autre 9 : moyenne 10/20 → Fidèle

**Justesse** : Etreteesse entre la **valeur trouvée** et la **valeur de référence**

→ Donne une indication sur les **erreurs systématiques**

Ex : Si une balance est faussée, toutes les valeurs seront loin de la valeur vraie



## IV. PRESENTATION DES RESULTATS

### 1. Notation scientifique

Représentation d'un **nombre décimal** sous la forme d'un **produit de deux facteurs** :

- Un **seul chiffre (non nul) à gauche de la virgule**, avec un nombre variable de décimales après la virgule, qui dépend de la précision
- Une **puissance entière de 10**

La **précision** du résultat est indiquée par le nombre de **chiffres significatifs** de la donnée (+ il y en a, + c'est précis).

**Aparté chiffres significatifs (CS)** : Les zéros à la **fin du nombre** sont significatifs mais pas ceux en amont et tous les chiffres autres que 0 sont significatifs

0,12 = 2 CS mais 1,20 = 3 CS

### 2. Arrondis

**Addition** ou **soustraction** : le résultat ne doit pas avoir plus de **décimales** que la donnée qui en a le moins.

Ex :  $25,42 + 72,5 = 97,9$  (1 décimale comme la donnée qui en a le moins)

**Multiplication** ou **division** : le résultat ne doit pas avoir plus de **chiffres significatifs** que la donnée qui en a le moins.

Ex :  $25,42 \times 72,5 = 1,84 \times 10^3$

**Logarithme** : on conserve autant de **chiffres décimaux** qu'il y a de **chiffres significatifs** dans le nombre de départ.

Ex :  $\log(234) = 2,369$

**Exponentielle** : on conserve autant de **chiffres significatifs** qu'il y a de **décimales** dans ce nombre

Ex :  $10^{-4,122} = 7,55 \times 10^{-5}$

## V. ELEMENTS DE BIOMETRIE

### 1. Types de caractères

MORPHOLOGIQUES <i>Forme des individus</i>	PHYSIOLOGIQUES <i>Fonctionnement des individus</i>
<p><b>Métriques</b></p> <p><b>Mesurable</b> par rapport à une <b>unité</b> déterminée</p> <p>Ex : taille, longueur du corps, poids en grammes, température, ...</p>	<p><b>Métriques</b></p> <p><b>Mesurable</b> par rapport à une <b>unité</b> déterminée</p> <p>Ex : dosages sanguins, pression artérielle, spirométrie, ...</p>
<p><b>Numériques</b></p> <p><b>Dénombrable</b></p> <p>Ex : nombre de dents</p>	<p><b>Appréciation qualitative</b></p> <p><b>Unité arbitraire</b></p> <p>Ex : adiposité, calvitie, ...</p>

## 2. Classification des variables

QUANTITATIVE		QUALITATIVE	
<p><b>Mesurée ou dénombrée</b></p> <p><i>Ex : Taille, poids, nombre de cigarettes fumées par jour...</i></p>		<p>Ne peut être mesuré mais susceptible de <b>classement</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Binaire</u> : oui/non</li> <li>• <u>Multiple</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Non ordonnées (statut marital)</li> <li>- Ordonnées (gravité maladie)</li> </ul> </li> </ul>	
INTERVALLE	RELATIVE	NOMINALE (catégorielle)	ORDINALE
<p>Il existe une <b>valeur nulle arbitraire</b></p>	<p>Le <b>zéro n'est pas arbitraire</b> et signifie <b>l'absence</b> ou la <b>nullité</b></p>	<p>Les valeurs sont <b>collectivement exhaustives</b> et <b>mutuellement exclusives</b></p> <p><i>Tout le monde peut être classé mais que dans une seule catégorie</i></p>	<p>Les valeurs sont <b>classées</b> en rang ou <b>ordonnées</b> selon un <b>critère connu</b></p>
<p>La <b>distance</b> qui sépare deux catégories est <b>connue</b>.</p>	<p>Il existe une <b>égalité</b> d'intervalles et de rapports</p>	<p><b>L'ordre</b> des catégories et les <b>distances</b> existant entre elles sont <b>ignorés</b> et chaque valeur doit être bien <b>définie</b></p>	<p>La <b>distance</b> existant entre deux catégories adjacentes n'est <b>pas connue</b> et peut <b>varier</b> d'une paire de catégories à l'autre</p>
<p><i>Ex : température mesurée en °C</i></p>	<p><i>Ex : température mesurée en Kelvin</i></p>	<p><i>Ex : homme / femme</i></p>	<p><i>Ex : degré de douleur (pas mal / mal / très mal), score d'Apgar (=état initial d'un nouveau-né)</i></p>

## 3. Variables quantitatives

Elles peuvent être classées selon 2 types :

- **Discrète** (discontinue) : Ne prend que des **valeurs isolées**, généralement **entières**, appartenant à un certain intervalle. Valeurs issues d'un **dénombrement**.  
*Ex : nombre d'enfants, âge civil*
- **Continue** : Susceptible de prendre **toute valeur** dans un certain intervalle. Valeurs issues d'une **mesure**.  
*Ex : poids, taille, distance, âge réel*

## 4. Codage numérique

- **Variable continue** : On peut **discrétiser** une variable continue en la **regroupant en classes**, de manière non arbitraire. L'objectif est de **conserver à la distribution sa forme générale** : le découpage ne doit pas être trop fin ni trop large.  
*Ex : discrétisation de l'âge des individus*
  - 1) 0-2 ans
  - 2) 2-6 ans
  - 3) 6-12 ans
  - 4) ...
- **Variable nominale** : Le codage permet de faciliter le TTT informatique des données. Il ne **modifie pas la nature qualitative de la variable**  
*Ex : 0 = homme ; 1 = femme*
- **Variable ordinale** : Le codage permet de désigner la variable par un **nombre** ou un **score** qui définit un **rang/degré/niveau**, non pas une quantité objectivable → ce nombre est **moins arbitraire** car il montre une **progression**.  
En général, l'absence de caractéristique ou bien le niveau le plus bas est codé par un 0.  
*Ex (qualité des soins) : 0 = non satisfait ; 1 = satisfait ; 2 = très satisfait*



**Attention** : La numérisation d'une variable qualitative ne la transforme pas en variable quantitative !!

## VI. LA BIOMETRIE

(Cette partie n'est pas importante du tout mais tout peut tomber donc je la mets. En plus la plupart des notions sont revues au S2 donc no stress)

Rappel : La biométrie est la **mesure des phénomènes biologiques**

### 1. La biométrie clinique

La biométrie clinique se rapporte à l'échelle de **l'individu**

- **Examen clinique** : poids, taille, périmètre crânien, périmètre abdominal, fréquence cardiaque, ...
- **Tension artérielle** : La **pression** du sang dans les artères est mesurée en millimètres de mercure (mmHg) et convertie en cmHg. On utilise la méthode auscultatoire dite méthode des bruits de « **Korotkoff** » (revu au S2)
- **Tension oculaire** : Mesurée avec un **tonomètre** à flux d'air. C'est un bon indicateur pour la détection de **glaucomes** mais il existe des problèmes d'étalonnage des tonomètres.
- **Audiométrie** : L'audiomètre est un générateur qui envoie par l'intermédiaire d'un casque des **sons** de différentes **fréquences** et de différents **niveaux**. Le patient signale le moment où il ne perçoit plus le son. L'instrument nécessite un étalonnage à l'aide d'une **oreille artificielle**
- **Spirométrie** : Mesure des **volumes pulmonaires** et des **débits ventilatoires** au cours de mouvements respiratoires #S2

La **reproductibilité** dépend de la **normalité** des paramètres ventilatoires, des **appareils** utilisés, des **compétences** de l'opérateur et de la participation active et **volontaire** du patient

### 2. La biométrie biologique

La biométrie biologique se rapporte à une **échelle plus petite** (cellule, molécule, ...)

- Analyses de biologie médicale
- Liquides biologiques : sang, urines, fèces
- Hématologie
- Chimie analytique : Natrémie (sodium) ; Kaliémie (potassium)
- Troubles lipidiques
- Diabète
- Insuffisance rénale : Créatininémie
- Marqueur cardiaque
- Marqueurs tumoraux
- Processus inflammatoire
- Techniques de biologie moléculaire (PCR)

### 3. La biométrie composite

Indices cliniques	Indices biologiques
<p><b>IMC (Indice de masse corporelle)</b> = Poids (kg) / taille (cm<sup>2</sup>)</p> <p><b>Indice de Karnofsky</b> : échelle pour évaluer la <b>dépendance</b></p>	<p><b>Temps de Quick</b> temps nécessaire à la <b>coagulation du plasma</b> traité dans certaines conditions</p> <p><b>INR (International Normalized Ratio)</b> : rapport entre le temps du <b>malade</b> sur celui du <b>témoin</b> = rapport entre 2 temps de Quick différents</p> <p>On utilise ce dosage pour surveiller les patients traités par <b>anti-vitamine K</b> (anticoagulant)</p>

*Conseil tutrice : Ce premier cours n'est pas très compliqué et plutôt agréable à travailler. Si un QCM tombe dessus, il ne portera que sur du cours pur et dur (ou un petit calcul) donc il faut le réussir ! C'est sur un cours comme ça qu'on gratte des points en biostat 😊 La partie sur la classification des variables est très importante parce qu'elle est reprise plus tard dans les cours de Benoliel donc comprenez la dès maintenant ! N'apprenez pas bêtement les définitions, essayez de les comprendre mais il faut bien les maîtriser (surtout les différentes erreurs de mesure).*

*Si vous avez des questions, go sur le fofo !! Bonne chance <3*