

# Introduction à la métrologie et à la biométrie

## Introduction :

La métrologie correspond à la mesure physico-chimique des paramètres des individus

Les problématiques liées à la mesure de phénomènes physico-chimiques ayant un impact sur la santé figurent parmi les plus importantes préoccupations du XXI<sup>e</sup> siècle. (Taux toxines, radiothérapie, ...)

En médecine, les décisions sont prises à partir de plusieurs sources d'information : l'écoute du patient, les constats du médecin (inspection, auscultation, palpation, percussion) et les résultats de mesure et d'analyses biologiques.

Durant l'examen physique c'est le clinicien (avec ses 5 sens) qui fait office à la fois de méthode et d'outil de mesure !

La **BIOMETRIE** est la mesure des phénomènes biologiques pour l'étude **quantitative et/ou qualitative** des êtres vivants. (Parmi les principaux domaines d'application de la biométrie, on peut citer l'agronomie, l'anthropologie, l'écologie et la médecine)

## Grandeurs et unités :

**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 qui soit fiable. Il faut assurer la traçabilité avec des unités de référence (le Système International, SI).

Par exemple le kilogramme étalon qui est la seule unité de base du Système International d'unités (SI) qui soit encore définie au moyen d'un étalon matériel

**GRANDEUR PHYSIQUE** = attribut susceptible d'être distingué qualitativement et déterminé quantitativement = repérable et mesurable. Ex : pression, température. Les grandeurs comparables forment des ensembles : masses, longueurs, capacités.

**UNITE** = grandeur particulière choisie comme référence. Chaque unité est nommée, et un symbole lui est attribué (€, Ω...)

**MESURE** = valeur numérique accompagnée de son unité, placée à droite.  $MESURE = VALEUR * UNITE$   
Une mesure n'a pas de sens sans son unité (Pour parler d'une mesure d'une distance on dira 11 mètres et pas 11)

**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. (L'exemple de la balance qui écrira le poids vrai de l'objet qu'elle est en train de mesurer)

Sous l'Ancien Régime, plus de 700 unités de mesure (mille marin, le pas , ...) puis en 1960, le système international d'unités remplace le système métrique.

Les unités en usage ont été ramenées à des fonctions de 7 unités de base, qui sont théoriquement indépendantes les unes des autres.

<b>GRANDEUR</b>	<b>Unité</b>
<b>Longueur</b>	Mètre
<b>Masse</b>	Kilogramme
<b>Temps</b>	Seconde
<b>Courant électrique</b>	Ampère
<b>Température</b>	Kelvin
<b>Quantité de matière</b>	Mole
<b>Intensité lumineuse</b>	Candela
<i>Ne pas confondre une grandeur (la taille) avec une unité (le mètre)</i>	

Il existe des relations entre les unités reliées par des constantes comme :  $1 \text{ eV} = 1 \text{ J/e}$  (Avec  $e =$  Charge élémentaire  $= 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )

Et la combinaison de plusieurs unités de base formera des unités dérivées :

Grandeur	Unité	Symbole	Expression en fonctions Des grandeurs fondamentales
Force	Newton	N	$\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
Travail et énergie	Joule	J	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$
Puissance	Watt	W	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3$
Pression	Pascal	Pa	$\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$
Fréquence	Hertz	Hz	$\text{s}^{-1}$
Charge électrique	Coulomb	C	$\text{A} \cdot \text{s}$
Potentiel électrique	Volt	V	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/(\text{A} \cdot \text{s}^3)$
Résistance électrique	Ohm	$\Omega$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/(\text{A}^2 \cdot \text{s}^3)$
Capacité	Farad	F	$\text{A}^2 \cdot \text{s}^4/(\text{kg} \cdot \text{m}^2)$
Champ magnétique	Tesla	T	$\text{kg}/(\text{A} \cdot \text{s}^2)$
Inductance	Henry	H	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/(\text{s}^2 \cdot \text{A}^2)$

Comme les nombres supérieurs à 1000 ou inférieurs à 0,01 prennent beaucoup de place et leur lecture est malaisée. Le SI comporte des préfixes pour les multiples et les sous-multiples :

Prefix	Symbol	$10^n$	Decimal	Short scale	Since
yotta	Y	$10^{24}$	1,000,000,000,000,000,000,000,000	Septillion	1991
zetta	Z	$10^{21}$	1,000,000,000,000,000,000,000	Sextillion	1991
exa	E	$10^{18}$	1,000,000,000,000,000,000	Quintillion	1975
peta	P	$10^{15}$	1,000,000,000,000,000	Quadrillion	1975
tera	T	$10^{12}$	1,000,000,000,000	Trillion	1960
giga	G	$10^9$	1,000,000,000	Billion	1960
mega	M	$10^6$	1,000,000	Million	1960
kilo	k	$10^3$	1,000	Thousand	1795
hecto	h	$10^2$	100	Hundred	1795
deca	da	$10^1$	10	Ten	1795
		$10^0$	1	One	
deci	d	$10^{-1}$	0.1	Tenth	1795
centi	c	$10^{-2}$	0.01	Hundredth	1795
milli	m	$10^{-3}$	0.001	Thousandth	1795
micro	$\mu$	$10^{-6}$	0.000 001	Millionth	1960
nano	n	$10^{-9}$	0.000 000 001	Billionth	1960
pico	p	$10^{-12}$	0.000 000 000 001	Trillionth	1960
femto	f	$10^{-15}$	0.000 000 000 000 001	Quadrillionth	1964
atto	a	$10^{-18}$	0.000 000 000 000 000 001	Quintillionth	1964
zepto	z	$10^{-21}$	0.000 000 000 000 000 000 001	Sextillionth	1991
yocto	y	$10^{-24}$	0.000 000 000 000 000 000 000 001	Septillionth	1991

## Incertitude :

**L'incertitude (dx) :** Le résultat de la mesure (x) d'une grandeur (X) n'est pas complètement défini par un seul nombre. Il faut au moins la caractériser par un couple (x, dx) et une unité de mesure.

dx est l'incertitude sur x. Les incertitudes proviennent des différentes erreurs liées à la mesure (cf. diapo suivante)

Ainsi, on a :  $x-dx < X < x+dx$

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

**Erreur absolue (e) :** C'est le résultat d'un mesurage moins la valeur vraie de la grandeur physique. Une erreur absolue s'exprime dans l'unité de la mesure.

$$e = |x - X|$$

**Erreur relative (er) :** C'est le rapport de l'erreur de mesure à la valeur vraie de la grandeur physique. Une erreur relative s'exprime généralement en pourcentage de la grandeur mesurée.

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

**Exercice : le test de grossesse**

Concentration de  $\beta$ HCG minimale caractérisant la grossesse :  $5\mu\text{g/L}$

Concentration mesurée chez la patiente :  $4,7\mu\text{g/L}$

Incertitude de mesure du test : 10% Le test indique que la patiente est enceinte, est-il fiable ?

Résolution :  $4,7 - (4,7 \times 0,1) < 5 < 4,7 + (4,7 \times 0,1) \rightarrow 4,23 < 5 < 5,17$  Le test n'est pas très fiable car on n'est pas certains que la patiente soit enceinte à cause de l'incertitude de mesure

Erreur :

Il existe différents types d'erreurs :

 **Les erreurs systématiques (ou biais)**

- Ce sont des erreurs reproductibles reliées à leur cause par une loi physique, donc susceptible d'être éliminées par des corrections convenables.

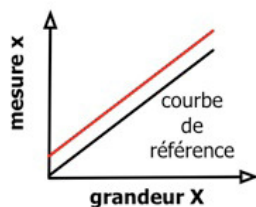
 **Les erreurs aléatoires**

- Ce sont des erreurs, non reproductibles, qui obéissent à des lois statistiques.

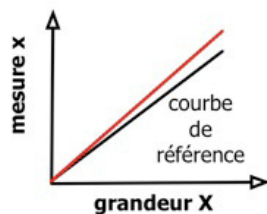
 **Les erreurs accidentelles**

- Elles résultent d'une 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.

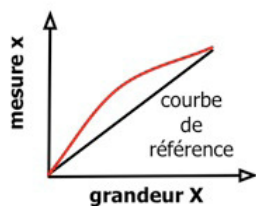
Nous pouvons remarquer 5 types d'erreurs accidentelles :



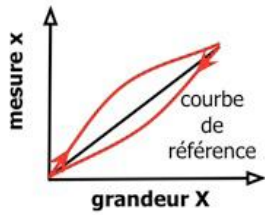
- Erreur de zéro (offset)
- Ne dépend pas de la valeur de la grandeur mesurée
- Erreur de zéro = valeur de  $x$  quand  $X=0$



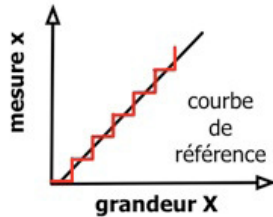
- Erreur d'échelle (gain)
- Dépend de façon linéaire de la valeur de la grandeur mesurée
- Erreur de gain (dB) =  $20 \log(x/X)$



- Erreur de linéarité
- La caractéristique n'est pas une droite



- Erreur due au phénomène d'hystérésis
- Il y a phénomène d'hystérésis lorsque le résultat de la mesure dépend de la précédente mesure
- Par exemple : effet de viscosité



- Erreur de mobilité
- La caractéristique est en escalier. Cette erreur est souvent due à une numérisation du signal

On distingue 2 caractéristiques qui permettent de déterminer les erreurs lors d'une mesure :

**FIDÉLITÉ** = étroitesse 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 2 cas :

- L'un obtient 18, et l'autre 2 : moyenne 10/20, très peu fidèle
- L'un obtient 11, et l'autre 9 : moyenne 10/20, fidèle

**JUSTESSE** = étroitesse 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



haute fidélité  
basse justesse



haute justesse  
basse fidélité



haute exactitude

Eléments de biométrie :A) Types de caractères

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

B) Classification des variables

VARIABLE QUANTITATIVE		VARIABLE QUALITATIVE	
<p><b>Mesurée ou dénombrée</b></p> <p>Ex : taille, poids, nombre de cigarettes fumées par jour, ...</p>		<p>Ne peut être mesurée, mais susceptible de classement</p> <p><b>Binaire</b> (oui/non) <b>Multiple</b></p> <p><b>Non ordonnée</b> (ex : statut marital) ou <b>ordonnée</b> (ex : gravité d'une maladie)</p>	
INTERVALLE	RELATIVE	NOMINALE	ORDINALE
Il existe une valeur nulle arbitraire	Le zéro n'est pas arbitraire et signifie l'absence ou la nullité.	Les valeurs sont collectivement exhaustives et mutuellement exclusives (tout le monde peut être classé, mais dans 1 seule catégorie).	Les valeurs sont classées en rang ou ordonnées selon un critère connu.
La distance qui sépare 2 catégories est connue	Il existe une égalité d'intervalles et de rapports.	L'ordre des catégories et les distances existantes entre elles sont ignorés, et chaque valeur doit être bien définie	La distance existante entre 2 catégories adjacentes n'est pas connue et peut varier d'une paire de catégories à l'autre.
Ex : température mesurée en °C	Ex : température mesurée en Kelvin	Ex : homme / femme	Ex : degré de douleur (pas mal / mal / très mal), score d'Appgar (= état initial d'un nouveau-né)

## C) Variables quantitatives

**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.

## D) 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 ni trop fin ni trop large.

- S'il est trop grossier (faible nombre de classes) → perte d'information et schématisation extrême.

- S'il est trop fin (grand nombre de classes) → l'effectif de chaque classe et la répartition est trop aléatoire. Ex : discrétisation de l'âge des individus : 1) 0-2ans ; 2) 2-6ans ; ...

**Variable nominale** → le codage permet de faciliter le traitement informatique des données, mais 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, et non pas une quantité objectivable. Ce nombre est moins arbitraire, car il montre une progression. En général, l'absence de caractéristique ou le niveau le plus bas est codé par un 0.

Ex : satisfaction : 0=non satisfait, 1=satisfait, 2=très satisfait

⚠ La numérisation d'une variable qualitative ne la transforme pas en variable quantitative ! +++

## Biométrie :

### 1. BIOMÉTRIE CLINIQUE

- **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, qui devient une automesure avec la numérisation.

- **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 des mouvements respiratoires

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. BIOMÉTRIE BIOLOGIQUE

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

- Analyses de biologie médicale
- Liquides biologiques : sang, urines, fèces
- Hématologie Numération et formule sanguine (NFS)
- Chimie analytique : Natrémie (sodium), Kaliémie (potassium)
- Troubles lipidiques : Cholestérolémie (C-LDL, C-HDL) Triglycéridémie
- Diabète Glycémie (glucose)
- Insuffisance rénale : Créatininémie
- Marqueurs cardiaques
- Marqueurs tumoraux
- Processus inflammatoire
- Techniques de biologie moléculaire (PCR)

## 3. BIOMÉTRIE COMPOSITE

### Indices cliniques :

- IMC (Indice de masse corporelle) = poids (kg) / taille (m<sup>2</sup>) - Indice de Karnofsky = échelle pour évaluer la dépendance

### Indices biologiques :

- Temps de Quick = temps nécessaire à la coagulation du plasma traité dans certaines conditions
- INR (International Normalized Ratio) = rapport entre le temps du malade sur celui du témoin = rapport entre 2 temps de Quick différents On utilise ce dosage pour surveiller les patients traités par anti-vitamine K (anticoagulant).

**MOINS DE BLABLA ET PLUS D' ACTIONS IGO, ON DOIT REMPLIR LE FRIGO !**