

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 XXI^e 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.

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.

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.

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'instaure 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	μ	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).

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 : Le manipulateur fait parfois tomber une goutte de trop lors de son 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 : Etroitesse entre une **série de mesures** et la **moyenne des valeurs**

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

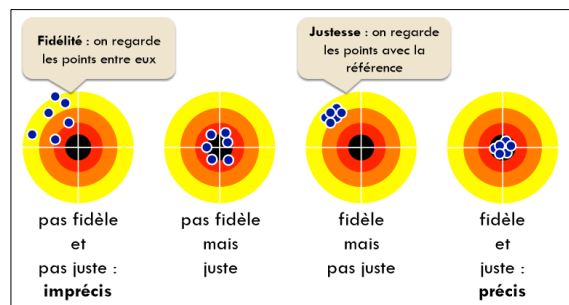
Ex : Si 2 élèves passent un contrôle on a deux cas :

- 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 : Etroitesse 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).

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

2. Classification des variables

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

3. Variables quantitatives

Elles peuvent être classées selon 2 types :

- **Discrete** (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.
- **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.



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