

INTRODUCTION À LA MÉTROLOGIE ET À LA BIOMÉTRIE

INTRODUCTION

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.

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. DÉFINITIONS

BIOMETRIE = mesure des **phénomènes biologiques** pour l'étude quantitative et/ou qualitative des êtres vivants.

Domaines d'application : *agronomie, anthropologie, écologie, 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.

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 * UNITÉ ⚠ 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.

⚠ Ne pas confondre UNITÉ ≠ MESURE ≠ MESURAGE ≠ ÉTALONNAGE

II. GRANDEURS ET UNITES

1. UNITES DE BASE

En 1960, le système international (SI) 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 théoriquement **indépendantes** les unes des autres.

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

⚠ Ne pas confondre une **grandeur** (la taille) avec une **unité** (le mètre) ++

2. UNITES DERIVEES

C'est la combinaison des unités de base. Les autres unités du SI sont appelées « **unités dérivées** ».

Ex : Newton, Joule, Watt, ...

3. PREFIXES

FACTEURS	NOMS	SYMBOLES
10^{24}	Yotta	Y
10^{21}	Zetta	Z
10^{18}	Exa	E
10^{15}	Peta	P
10^{12}	Téra	T
10^9	Giga	G
10^6	Méga	M
10^3	Kilo	k
10^2	Hecto	H
10^1	Déca	da
10^{-1}	Déci	d
10^{-2}	Centi	c
10^{-3}	Milli	m
10^{-6}	Micro	μ
10^{-9}	Nano	n
10^{-12}	Pico	p
10^{-15}	Femto	f
10^{-18}	Atto	a
10^{-21}	Zepto	z
10^{-24}	Yocto	y

⚠ Ne pas confondre **Déca** (multiple) et **Déci** (sous-multiple)

III. INCERTITUDES ET ERREURS DE MESURE

1. INCERTITUDES

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

Avec X = valeur vraie ; x = valeur lue, mesurée ; 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 garantit 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 la **valeur vraie**. Elle s'exprime en **pourcentage**.

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

Exemple : Le test de grossesse

Concentration de β HCG minimale caractérisant une grossesse = $5 \mu\text{g/L}$

Concentration mesurée chez la patiente = $4,5 \mu\text{g/L}$

Incertitude de la mesure du test = 20%

Le test indique que la patiente est enceinte, est-il fiable ?

$$\text{Résolution : } 4,5 - (4,5 \times 0,2) < 5 < 4,5 + (4,5 \times 0,2) \\ 3,6 < 5 < 5,4$$

Le test n'est pas franchement fiable car nous ne pouvons pas être sûrs que la patiente soit enceinte, compte tenu de l'incertitude de la mesure.

2. ERREURS DE MESURE

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

☞ **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.

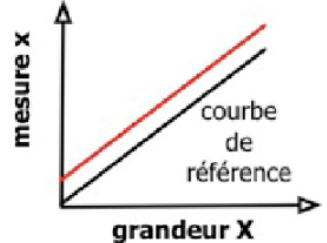
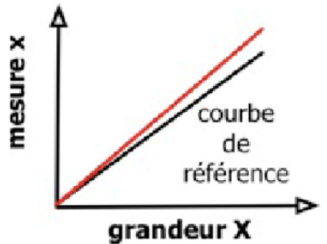
☞ **Erreurs aléatoires** = erreurs **non reproductibles**, qui obéissent à des **lois statistiques** (hasard).

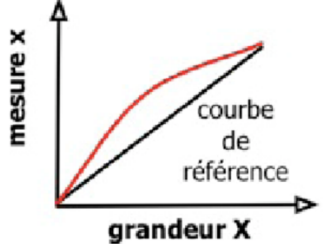
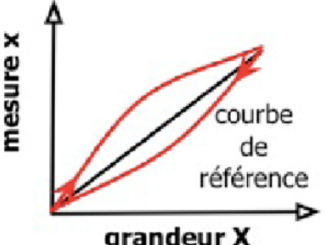
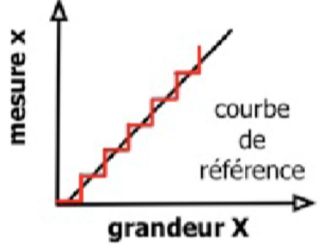
Ex : Manipulateur qui fait parfois tomber une goutte de trop lors d'un titrage.

☞ **Erreurs accidentelles** = erreurs dues à une fausse manœuvre, à un mauvais emploi ou à un dysfonctionnement de l'appareil. Elles ne sont **pas prises en compte** lors de la détermination de la mesure.

Ex : Manipulateur qui 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.

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. CARACTERISTIQUES LORS D'UNE SERIE DE MESURES

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**.

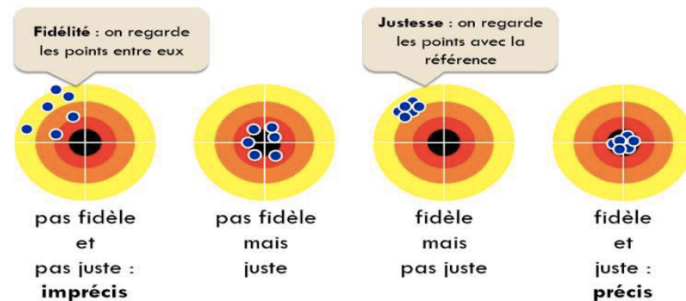
Ex : Si 2 élèves passent un contrôle, on a 2 cas :

- 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.



IV. PRESENTATION DES RESULTATS

1. NOTATION SCIENTIFIQUE

La notation scientifique est la représentation d'un **nombre décimal** sous la forme d'un **produit de 2 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 (ex : on n'écrit pas $10^{2,5}$)

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

Chiffres significatifs (CS) : Les 0 à la fin du nombre sont significatifs, mais pas ceux en amont. Tous les chiffres autres que 0 sont significatifs.

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

2. ARRONDIS

➤ **Arrondis par excès** = on augmente le chiffre d'une unité si le chiffre suivant est supérieur à 5. Ex : $3,7 \rightarrow 4$

➤ **Arrondis par défaut** = on conserve le chiffre d'une unité si le chiffre suivant est strictement inférieur à 5. Ex : $2,3 \rightarrow 2$

➤ **Addition ou soustraction** = le résultat ne doit pas avoir plus de **décimales** que la donnée qui en contient le moins. Ex : $1,12 + 1,4 = 2,5$

➤ **Multiplication ou division** = le résultat ne doit pas avoir plus de **chiffres significatifs** que la donnée qui en contient le moins. Ex : $25,42 \times 72,5 = 1,84 \cdot 10^3$

➤ **Logarithme** = on conserve autant de **chiffres décimaux** qu'il y a de **chiffres significatifs** dans le nombre de départ. Ex : $\log(139) = 2,143$

➤ **Exponentielle** = on conserve autant de **chiffres significatifs** qu'il y a de **décimales** dans ce nombre. Ex : $10^{-3,972} = 1,06 \cdot 10^{-4}$

V. ÉLÉMENTS DE BIOMETRIE

1. TYPES DE CARACTÈRES

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

2. CLASSIFICATION DES VARIABLES

VARIABLE QUANTITATIVE		VARIABLE QUALITATIVE	
Mesurée ou dénombrée <i>Ex</i> : taille, poids, nombre de cigarettes fumées par jour, ...		Ne peut être mesurée, mais susceptible de classement Binaire (oui/non) ou Multiple Non ordonnée (<i>ex</i> : statut marital) ou ordonnée (<i>ex</i> : gravité d'une maladie)	
INTERVALLE	RELATIVE	NOMINALE (catégorielle)	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 (<i>tout le monde peut être classé, mais dans 1 seule catégorie</i>).	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 existant entre elles sont ignorés , et chaque valeur doit être bien définie.	La distance existant entre 2 catégories adjacentes n'est pas connue et peut varier d'une paire de catégories à l'autre.
<i>Ex</i> : température mesurée en °C	<i>Ex</i> : température mesurée en Kelvin	<i>Ex</i> : homme / femme	<i>Ex</i> : degré de douleur (pas mal / mal / très mal), score d'Apgar (= état initial d'un nouveau-né)

3. 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

4. CODAGE NUMERIQUE

☞ **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/degéré/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 ! +++**

Et voilà ! C'est (déjà) la fin de ce premier cours de Biostat qui est plutôt facile et cool à bosser. Les parties les plus importantes sont celles sur les incertitudes et erreurs de mesure, et sur la classification des variables ++ Comprenez bien ces notions et vous les retiendrez d'autant mieux ! Bien sûr, si vous avez une question, direction le forum ;) A+