

Introduction à la métrologie et à la biométrie

Introduction

En médecine, les décisions sont prises à partir de plusieurs sources d'informations : **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

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

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

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

Il faut 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 font 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 unités

A) Unités de base

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

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.

Attention : ne pas confondre une grandeur (le masse) avec une unité (le kilogramme) +++

B) Unités dérivées

Les autres unités du SI sont appelées les **unités dérivées**

Ex : *Newton, Joules, Watt*

C) Préfixes

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

III) Incertitudes et erreurs de mesure

A) Incertitudes

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

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** et permet de **quantifier la qualité** du résultat : une petite incertitude garantit un résultat précis. Elle donne 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** (%)

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

Exercice : le test de grossesse

Concentration de β 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 ?

$$\text{Résolution : } 4,7 - (4,7 \times 0,1) < 5 < 4,7 + (4,7 \times 0,1)$$

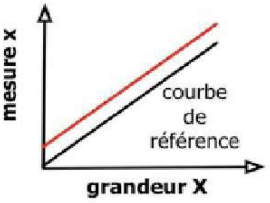
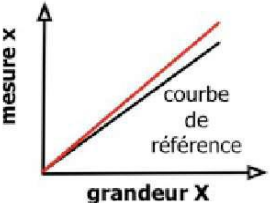
$$\rightarrow 4,23 < 5 < 5,17$$

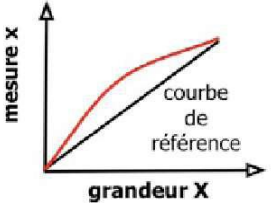
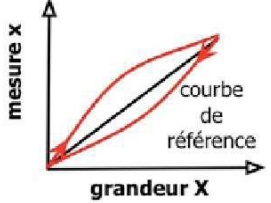
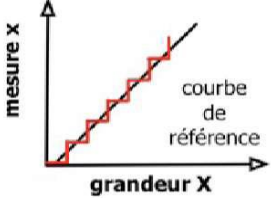
Le test n'est pas très fiable car on n'est pas certains que la patiente soit enceinte à cause de l'incertitude de mesure

B) Erreurs de mesure

- **Erreurs systématiques ou biais** : Erreurs reproductibles reliées à leur cause par une loi physique. Elles sont susceptibles d'être éliminées : correction par un calcul approprié
*Ex : balance mal étalonnée qui rajoute 10mg à chaque mesure
 → on enlève 10mg à chaque valeur affichée et on trouve la valeur vraie.*
- ♥ **Erreurs aléatoires** : Erreurs non reproductibles obéissant à des lois statistiques (hasard).
Ex : Si on fait tomber une goutte de trop lors d'un dosage
- ♥ **Erreurs accidentelles** : Erreurs dues à une fausse manœuvre, un mauvais emploi, un dysfonctionnement de l'appareil. Elles ne sont pas prises en compte dans la détermination de la mesure.

Il existe 5 types d'erreurs **accidentelles** :

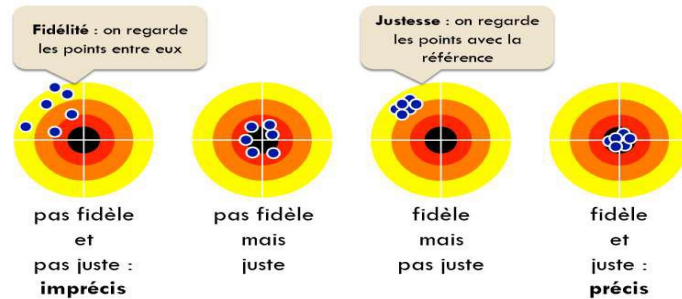
Erreur de zéro (offset)		Ne dépend pas de la valeur mesurée $x \neq 0$ alors que $X=0$
Erreur d'échelle (gain)		Dépend de façon linéaire de la valeur mesurée $dB = 20\log(x/X)$

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

C) Caractéristiques lors d'une série de mesures

Il y a 2 caractéristiques permettant de déterminer les erreurs lors d'une mesure :

- ♥ **Fidélité** : **Étroitesse** entre une **série** de mesure et la **moyenne** des valeurs. Elle donne une indication sur les **erreurs aléatoires**.
Ex : Les notes de 2 élèves à un contrôle :
 - Un obtient 16 et l'autre 4 : moyenne = 10/20 : peu fidèle
 - Un obtient 11 et l'autre 9 : moyenne = 10/20 : fidèle
- ♥ **Justesse** : **Étroitesse** entre la valeur **trouvée** et la valeur de **référence**. Elle donne une indication sur les **erreurs systématiques**.
Ex : Si une balance est faussée, toutes les valeurs seront loin de la valeur vraie



IV) Présentation des résultats

A) Notation scientifique

La notation scientifique est la 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** (on n'écrit pas $10^{3,5}$)

Ex : $146 = 1,46 \cdot 10^2$

$0,00008934 = 8,934 \cdot 10^{-5}$

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

Attention : Les zéros à la fin du nombre sont significatifs mais pas ceux au début.

Ex : $0,24 = 2$ CS mais $2,40 = 3$ CS

B) Arrondis

- ♥ **Arrondis par excès** : on augmente le chiffre d'une unité si le chiffre suivant est supérieur à 5
- ♥ **Arrondis par défaut** : on conserve le chiffre si le chiffre suivant est strictement inférieur à 5
- ♥ **Addition ou soustraction** : le résultat ne doit pas avoir plus de décimales que la donnée qui en a le moins

Ex : $34,51 + 21,3 = 55,8$

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

Ex : $34,51 \times 21,3 = 7,35 \cdot 10^2$

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

Ex : $\log(546) = 2,737$

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

Ex : $10^{-5,432} = 3,69 \cdot 10^{-6}$

V) Eléments de biométrie

A) Types de caractères

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

Je mets ça ici parce que j'ai pas la place à la fin...

C'est un cours assez facile, si un QRU tombe au CC ce sera que du cours ou un petit calcul d'incertitude... En gros c'est un QRU à réussir car il est offert !!! N'apprenez pas tout bêtement par cœur, comprenez plutôt...

Dédi d'abord à mes co-tuts de foliie

Dédi à Elisa, Blandine, Marine, Emma, Laure, Emmy, Claire, Calin, Alex vous allez tout niquer vous êtes les meilleurs j'ai confiance en vous

Dédi à toute l'équipe tuteur et aux mamans biostats ♥

Et dédiii à mon Lulu, ma Huchette et mon chériiii ♥

Keeuuuuur sur vous, on est derrière vous, courage à vous, c'est dur mais ça en vaut la peine les amis !!! La biostat vous aiiiime ♥

B) 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 Binaire : oui/non Multiple - Non ordonnées (statut marital) - Ordonnées (gravité 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 une seule catégorie</i>	Les valeurs sont classées en rang ou ordonnées selon un critère connu
La distance qui sépare les 2 catégories est connue	Il existe une égalité d'intervalles et de rapports	L'ordre des catégories et les distances existant entre elles sont ignorées et chaque valeur doit être bien définie	La distance existant entre deux catégories adjacentes n'est pas connue et peut varier d'une paire de catégorie à l'autre
<i>Ex : température en °C</i>	<i>Ex : température en Kelvin</i>	<i>Ex : homme / femme</i>	<i>Ex : degré de douleur (pas mal / mal / très mal), score d'Agpar (=état initial d'un nouveau né)</i>

C) Variables quantitatives

- ♥ **Discrète** (discontinue) : Ne prend que des **valeurs isolées**, généralement **entières**, appartenant à un certain intervalle. Les valeurs sont issues d'un **dénombrement**.
Ex : nombre d'enfant, âge civil
- ♥ **Continue** : susceptible de prendre **toute valeur** dans un certain intervalle. Les valeurs sont 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 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 classe → la répartition est trop aléatoire
- ♥ **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 : satisfaction : 0 = non satisfait ; 1 = satisfait ; 2 = très satisfait
Attention : la numérisation d'une variable qualitative ne la transforme pas en variable quantitative