

Introduction à la métrologie et à la biométrie

En médecine, beaucoup de décisions thérapeutiques sont prises en se fondant sur différentes sources d'informations par exemple pour l'examen physique d'un patient c'est les 5 sens du médecin qui servent d'outils de mesure.

Définitions (C'est pas la partie la plus cool mais ça aide pour comprendre)

Métrologie : Science des mesures des paramètres des individus (dosages des marqueurs, ...).

Biométrie : Science qui mesure les variations biologiques à l'intérieur d'un groupe pour l'étude quantitative et/ou qualitative des êtres vivants, elle s'applique à l'agronomie, l'anthropologie, l'écologie, la médecine etc...

Mesurer : Évaluer une longueur/une surface/un volume en le comparant à une référence de même espèce appelée étalon. On assure la traçabilité avec des unités de référence (unités du SI).

Mesure : Valeur numérique avec son unité de mesure

Grandeur Physique : Toute propriété qui peut être repérée qualitativement et mesurée quantitativement (en gros on peut le voir et le mesurer). Les grandeurs comparables forment des ensembles : masses, longueurs, volume

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. *(Exemple : quand une balance est vide le poids indiqué est 0)*

Unité : Grandeur particulière choisie comme référence. Chaque unité est nommée, et un symbole lui est attribué (€, Ω...)

Avant 1960, il existait plus de 700 unités puis le système international d'unités (SI) a remplacé le système métrique. Il y a dorénavant 7 unités de base indépendantes les unes des autres et d'autres unités dérivées

→ Elles font souvent appel à des constantes universelles (*ex: Charge élémentaire*) ou historiques (*ex: 1h=3600s*)

(fun fact : Avant on mesurait en "pied de Roi" (1 PDR = 0,32483 m = la taille du pied de Charlemagne)

Les 7 unités de base :

Les grandeurs dérivées :

| Grandeur | | Unité | | Grandeur | Unité | Symbole | Expression en fonctions des grandeurs fondamentales |
|---------------------|----------|------------|------------|-----------------------|---------|---------|--|
| Nom | Symbole | Nom | Symbole | | | | |
| Longueur | L | mètre | m | Force | Newton | N | kg·m/s ² |
| Masse | M | kilogramme | kg | Travail et énergie | Joule | J | kg·m ² /s ² |
| Temps | t | seconde | s | Puissance | Watt | W | kg·m ² /s ³ |
| Courant électrique | <i>i</i> | ampère | <i>A</i> | Pression | Pascal | Pa | kg/(m·s ²) |
| Température | <i>T</i> | kelvin | <i>K</i> | Fréquence | Hertz | Hz | s ⁻¹ |
| Quantité de matière | <i>n</i> | mole | <i>mol</i> | Charge électrique | Coulomb | C | A·s |
| Intensité lumineuse | <i>I</i> | candela | <i>cd</i> | Potential électrique | Volt | V | kg·m ² /(A·s ³) |
| | | | | Résistance électrique | Ohm | Ω | kg·m ² /(A ² ·s ³) |
| | | | | Capacité | Farad | F | A ² ·s ⁴ /(kg·m ²) |
| | | | | Champ magnétique | Tesla | T | kg/(A·s ²) |
| | | | | Inductance | Henry | H | kg·m ² /(s ² ·A ²) |

Préfixes SI & sous-multiples décimaux

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 :

| Facteurs | Noms | Symboles |
|---|-------|----------|
| 1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10 ²⁴ | yotta | Y |
| 1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10 ²¹ | zetta | Z |
| 1 000 000 000 000 000 000 000 = 10 ¹⁸ | exa | E |
| 1 000 000 000 000 000 000 = 10 ¹⁵ | péta | P |
| 1 000 000 000 000 = 10 ¹² | téra | T |
| 1 000 000 000 = 10 ⁹ | giga | G |
| 1 000 000 = 10 ⁶ | méga | M |
| 1 000 = 10 ³ | kilo | k |
| 100 = 10 ² | hecto | h |
| 10 = 10 ¹ | déca | da |
| 0,1 = 10 ⁻¹ | déci | d |
| 0,01 = 10 ⁻² | centi | c |
| 0,001 = 10 ⁻³ | milli | m |
| 0,000 001 = 10 ⁻⁶ | micro | μ |
| 0,000 000 001 = 10 ⁻⁹ | nano | n |
| 0,000 000 000 001 = 10 ⁻¹² | pico | p |
| 0,000 000 000 000 001 = 10 ⁻¹⁵ | femto | f |
| 0,000 000 000 000 000 001 = 10 ⁻¹⁸ | atto | a |
| 0,000 000 000 000 000 000 001 = 10 ⁻²¹ | zepto | z |
| 0,000 000 000 000 000 000 000 001 = 10 ⁻²⁴ | yocto | y |

Les préfixes SI ne peuvent pas être utilisés avec : les unités d'angle (" / ' / °) ; les unités de temps (min / h / d), les unités de surface (a / ha) ; le carat métrique ct ; la dioptrie et le millimètre de mercure.

Incertitude

Quand je mesure quelque chose le résultat de la mesure (x) d'une grandeur (X) n'est pas défini par un seul nombre, mais par un couple (x, dx) et une unité. dx est l'incertitude sur x. Les incertitudes proviennent des différentes erreurs liées à la mesure dont on parlera après.

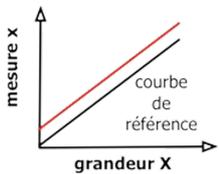
$$x - dx < X < x + dx$$

Chaque résultat doit être accompagné d'une incertitude !!

Les Erreurs

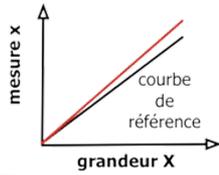
- ♥ **Erreur absolue (e)** : s'exprime dans l'unité de la mesure → **e = x - X**
- ♥ **Erreur relative (er)** : s'exprime en pourcentage de la grandeur mesurée → **er = e / X**
- ♥ **Erreurs systématiques (ou biais)** : Erreurs reproductibles dues à une loi physique, donc on peut les éliminer en faisant quelques corrections par des calculs)
- ♥ **Erreurs aléatoires** : Erreurs non reproductibles qui obéissent à des lois statistiques, elles dépendent du hasard.
- ♥ **Erreurs accidentelles** : Sont dues à 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.

Erreur de zéro (offset)



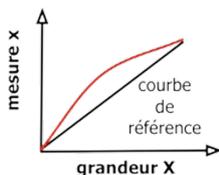
- ❖ Indépendante de la valeur de la grandeur mesurée
- ❖ Erreur de zéro vaut la valeur de x quand X=0

Erreur d'échelle (gain)



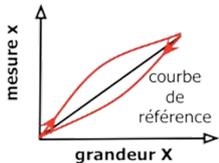
- ❖ Dépend de façon linéaire de la valeur de la grandeur mesurée
- ❖ Erreur de gain (dB) = $20 \log(x/X)$

Erreur de linéarité



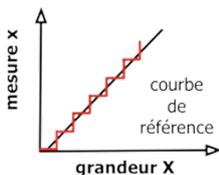
- ❖ La caractéristique n'est pas une droite

Erreur due au phénomène d'hystérésis



- ❖ Lorsque le résultat de la mesure dépend de la mesure précédente
- ❖ Exemple : effet de viscosité

Erreur de mobilité



- ❖ Caractéristique en escalier
- ❖ Erreur souvent due à une numérisation du signal (discrétisation d'une valeur continue en classes)

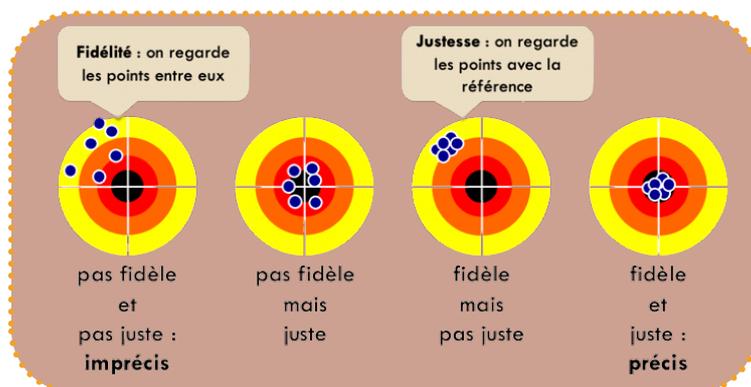
Fidélité & Justesse

Fidélité : Étroitesse entre une série de mesures et la moyenne des valeurs trouvées. → indication sur les erreurs dues au hasard.

⇒ En gros on veut que nos valeurs soient proches entre elles

Justesse : Étroitesse entre la valeur trouvée et la valeur de référence. → indication sur les erreurs systématiques (biais).

⇒ En gros on veut que nos valeurs soient proches de la valeur vraie



Types de caractères

| MORPHOLOGIQUES | PHYSIOLOGIQUES |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Métriques : Mesurable par rapport à une unité déterminée <i>Ex : taille, longueur du corps, poids en grammes, température, ...</i> ➤ Numériques : Dénombrable <i>Ex : nombre de dents</i> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Métriques : Mesurable par rapport à une unité déterminée <i>Ex : dosages sanguins, pression artérielle, spirométrie ...</i> ➤ Appréciation qualitative : Unité arbitraire <i>Ex : adiposité, calvitie, ...</i> |

Les Variables

| Quantitative : | Qualitative : |
|---|--|
| <p>Mesurée ou dénombrée <i>Ex : Taille, poids, nombre de cigarettes fumées par jour...</i></p> | <p>Ne peut être mesuré mais susceptible d'être classée</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Binaire : oui/non ❖ Multiple - Non ordonnées (statut marital) - Ordonnées (gravité maladie) |

Les Variables Quantitatives :

| Quantitative : | |
|---|--|
| INTERVALLE | RELATIVE |
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ valeur nulle arbitraire ➤ La distance qui sépare deux données est connue. <p><i>Ex : température mesurée en °C</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Le zéro n'est pas arbitraire, il signifie l'absence ou la nullité ➤ Il existe une égalité d'intervalles et de rapports <p><i>Ex : température mesurée en Kelvin</i></p> |

Les variables quantitatives (et uniquement celles la +++) peuvent être continue ou discrète :

- **Discrète** : - valeurs isolées, entières, et dans un certain intervalle
- issues d'un dénombrement
⇒ *Exemple : nombre d'enfants, Age civil (= âge sur les papiers sans virgule genre 16 ans)*
- **Continue** : - Peut prendre toute valeur dans un certain intervalle
- issues d'une mesure
⇒ *Exemple : poids, taille, distance, Age réel (= âge en comptant les mois etc avec virgule genre 16,5 ans)*

Les Variables Qualitatives :

| Qualitative : | |
|---|--|
| NOMINALE (catégorielle) | ORDINALE |
| <p>Les Catégories sont collectivement exhaustives et mutuellement exclusives <i>En gros, chaque personne peut être classé mais que dans une seule catégorie</i> L'ordre et les distances entre les catégories sont ignorés</p> <p><i>Ex : homme / femme ou Célibataire/marié/pacsé</i></p> | <p>Les valeurs sont classées en rang ou ordonnées selon un critère connu La distance entre deux catégories qui se suivent est inconnue et varie <i>Ex : degré de douleur (« sur une échelle de 1 a 5 [...] »), score d'Appar</i></p> |

Le Codage

Le but du codage est de faciliter le traitement des données qualitatives pour passer ça sur un ordi.

♥ Pour une variable nominale :

→ on transforme les catégories en codes numériques en lui choisissant un chiffre

⇒ Exemple : Statut marital non spécifié : 0 ; Marié : 1 ; Divorcé : 2 ; Veuf : 3

→ La variable reste QUALITATIVE

♥ Pour une variable ordinale :

→ On désigne les possibilités d'une variable **ordinale** par un nombre (ou score), **ATTENTION ce nombre ne désigne pas une quantité mesurable** mais un rang, un degré, un niveau sur une échelle de graduation donnée.

→ C'est **moins arbitraire** que dans le cas précédent, car il a un rang dans une progression (croissante ou décroissante). Souvent l'absence de la caractéristique ou bien le niveau le plus bas est codé par un 0

La Discrétisation

Ce phénomène existe **uniquement** pour les variables **quantitatives**, on transforme une variable quantitative **continue** en une variable quantitative **discrète**.

Pour ça, on les regroupe en classes de manière non arbitraire et en conservant à la distribution sa forme générale (Découpage ni trop fin ni trop large pour être **représentatif**)

Les Biométries

Il existe 3 grandes biométries : Clinique, Biologique et Composite

♥ La biométrie Clinique :

→ 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 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. (examen clinique, tension artérielle, tension oculaire...)

♥ La biométrie Biologique :

→ Plus petite échelle : 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)*

♥ La biométrie composite :

→ Indices cliniques : *IMC, Indice de Karnofsky (=échelle de dépendance)*

→ Indices biologiques : *Temps de Quick (=temps nécessaire à la coagulation du plasma), INR (= rapport entre le temps du malade sur celui du témoin)*

Courage pour la dernière ligne droite, pleins d'amour du tutorat sur vous 🤝

