

Support de cours : Intro à la biométrie du Pr. Staccini

I. Définitions

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

Le mesurage : C'est l'ensemble des **opérations** ayant pour but de déterminer la valeur d'une grandeur physique.

La mesure : C'est l'**évaluation** d'une grandeur par **comparaison** avec une autre grandeur de même nature prise pour unité.

Grandeur physique : Tout attribut repérable qualitativement et mesurable quantitativement.

Unité : une unité est une grandeur particulière choisie comme référence à laquelle toutes les autres sont comparées.

Etalonnage : Ensemble des opérations établissant la relation entre la quantité indiquée par un système de mesure et la valeur vraie de la variable mesurée réalisée par des étalons.

II. Unités

A. **Les « unités de base »** : il y en a 7. Elles sont **indépendantes** les unes des autres.

B. **Les autres unités du SI : « unités dérivées »** font souvent appel à des constantes :

Grandeur	Unité
Longueur (L)	Mètre (m)
Masse (M)	Kilogramme (kg)
Temps (t)	Seconde (s)
Courant électrique (i)	Ampère (A)
Température (T)	Kelvin (K)
Quantité de matière	Mole
Intensité lumineuse (I)	Candela (cd)

Grandeur	Unité
Force	Newton (N)
Travail / Energie	Joule (J)
Puissance	Watt (W)
Pression	Pascal (Pa)
Fréquence	Hertz (Hz)
Charge électrique	Coulomb (C)
Potentiel électrique	Volt (V)
Résistance électrique	Ohm (Ω)
Capacité	Farad (F)
Champ magnétique	Tesla (T)
Inductance	Henry (H)

III. Préfixes

Giga : 10^9
Méga : 10^6
Kilo : 10^3
Hecto : 10^2
Déca : 10^1

Déci : 10^{-1}
Centi : 10^{-2}
Milli : 10^{-3}
Micro : 10^{-6}
Nano : 10^{-9}

IV. Incertitude et erreurs

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. L'incertitude quantifie la qualité, la **fiabilité** du résultat.

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

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.

$$er = e / X$$

V. Erreurs de mesure

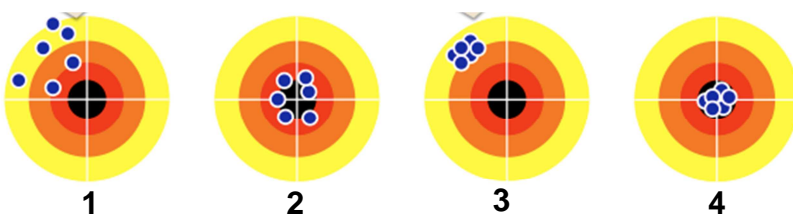
Erreurs systématiques = biais : Ce sont des erreurs **reproductibles** reliées à leur cause par une loi physique, donc susceptible d'être **éliminées** par des corrections convenables.

Erreurs aléatoires □□ Ce sont des erreurs, **non reproductibles**, qui obéissent à des lois statistiques.

Erreurs accidentelles : Elles résultent d'une fausse manœuvre, d'un dysfonctionnement. Elles ne sont généralement **pas prises en compte** dans la détermination de la mesure.

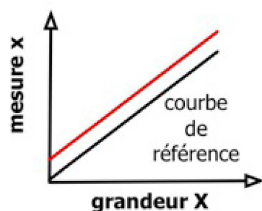
→ Fidélité : traduit l'étroitesse entre une série de mesures et la **moyenne** des valeurs trouvées. Fournit une indication sur les **erreurs dues au hasard**.

→ Justesse : traduit l'étroitesse entre la valeur trouvée et celle de **référence**. Fournit une indication sur les **erreurs systématiques = biais**.

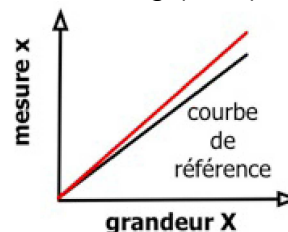


- 1) Pas fidèle et pas juste : imprécis
- 2) Pas fidèle mais juste
- 3) Fidèle mais pas juste
- 4) Fidèle et juste : précis

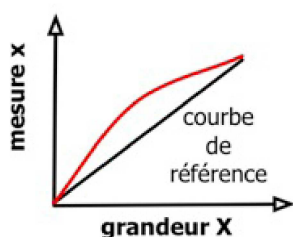
Erreur de zéro (offset) : Ne dépend pas de la valeur de la grandeur mesurée. x (la mesure) prend une valeur autre que 0 quand X (la grandeur) vaut 0.



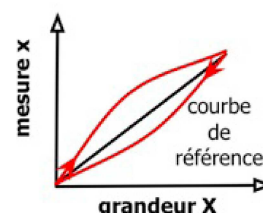
Erreur d'échelle (gain) : dépend de façon linéaire de la valeur de la grandeur mesurée. $dB = 20 \log (x / X)$



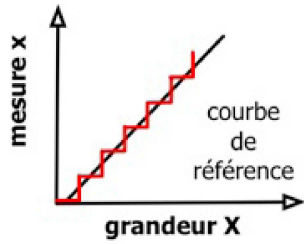
Erreur de linéarité : la caractéristique n'est pas une droite.



Erreur due au phénomène d'hystérésis : le résultat de la mesure dépend de la mesure précédente.



Erreur de mobilité : caractéristique en escalier.
Souvent due à une numérisation du signal.



VI. Notation scientifique

Rappel : 1 seul chiffre à gauche de la virgule, multiplié à une puissance de 10.

A. Arrondi

On choisit le dernier chiffre à droite à conserver.

-Arrondissement par excès si le chiffre suivant vaut au moins 5.

-Arrondissement par défaut si le chiffre suivant est strictement inférieur à 5.

B. Les chiffres significatifs et la précision

Il faut arrondir le résultat obtenu par un calcul afin d'exprimer le résultat avec une précision égale à celle de la donnée utilisée la moins précise.

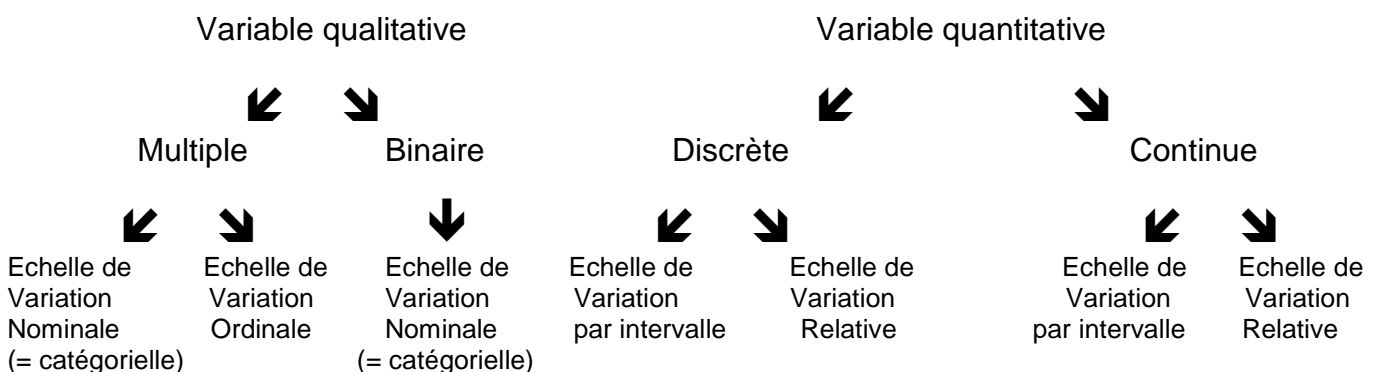
C. Arrondi avec un logarithme

Le logarithme en base 10 d'un nombre conserve autant de chiffres dans la mantisse (partie à droite de la virgule) qu'il y a de chiffres significatifs dans le nombre de départ.

Inversement, la valeur de l'exponentielle en base 10 d'un nombre comporte autant de chiffres significatifs qu'il y a de décimales dans ce nombre.

VII. Classification des variables

A. Vision d'ensemble



Variable qualitative : ne peut être mesurée mais est susceptible de classement.

Binaire : 2 modalités (oui / non, homme / femme ...).

Multiple : plusieurs modalités : nominales (célibataire, marié, séparé, divorcé) ou ordonnées (stade d'une tumeur...)

Variable quantitative : caractère mesuré (ex : longueur, poids, glycémie...) ou dénombré (ex : nombre d'enfants).

B. Variable qualitative nominale

Les valeurs (ou catégories) sont :

- **Collectivement exhaustives** : tous les individus doivent pouvoir être décrits / classés. (Collectivement exhaustives → Les différentes catégories ensemble = tout)
- **Mutuellement exclusives** : chaque individu ne peut être classé que dans une seule catégorie. (Mutuellement exclusives → s'excluent les unes les autres).

L'ordre des catégories et les distances existant entre elles sont **ignorés** (célibataire et marié sont deux statuts différents, mais l'un n'est pas supérieur à l'autre).

C. Variable qualitative ordinale

Les valeurs sont **classées en rangs** 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 adjacentes à l'autre.

Ex : degré de satisfaction : très insatisfait / insatisfait / neutre / satisfait / très satisfait.

Font partie de la variation ordinale :

- **le score d'Apgar** : test d'évaluation de l'état du nouveau-né, avec une note de 1 à 10 désignant des états plus ou moins favorables
- **l'échelle visuelle analogique**

l'échelle d'évaluation verbale

- **l'échelle d'évaluation numérique**

l'échelle d'évaluation numérique

- **l'échelle d'évaluation verbale** :
Pas de douleur / douleur légère / douleur modérée / douleur sévère / la pire des douleurs

D. Variables quantitatives discrètes et continues

Une variable quantitative est **discrète (= discontinue)** si elle ne peut prendre que des **valeurs isolées**, généralement entières, d'un certain intervalle.

Si les valeurs sont issues d'un **dénombrement**, comme pour le nombre d'enfants, le nombre d'enfants est compris dans $[0 ; 5]$ mais les valeurs ne peuvent être que 1, 2, 3, 4, ou 5.

Une variable quantitative est **continue** si elle susceptible de prendre **toute valeur** dans un certain intervalle.

Si les valeurs sont issues d'une **mesure**, comme pour la taille, la taille est comprise entre $[0 ; 2]$ mètres, et les valeurs peuvent être 1 ou 1,68, ou 1,6835784 ou 1,75, ou 1,897...

E. Echelle de variation par intervalle

Variable quantitative dont la particularité est d'avoir une **valeur nulle arbitraire**.

La distance qui sépare deux données ou deux catégories est **connue**.

F. Echelle de variation relative

Le zéro n'est pas arbitraire, il signifie l'**absence** ou la **nullité**.

L'égalité d'intervalles et de rapports peut être déterminée.

G. Codage numérique

a) D'une variable nominale

Pour faciliter le traitement informatique des données, il peut arriver que l'on désigne les différentes modalités par un code numérique **qui ne modifie en rien la nature qualitative de la variable, ni sa nature nominale** (on ne classe pas les catégories, on leur attribut juste un code !)

Ex : Célibataire : 1, Marié : 2, Divorcé : 3, Veuf : 4.

b) D'une variable ordinale

Plus courant. Le nombre qu'on donne n'est pas une quantité, mais un **rang**. Le nombre est **moins arbitraire** que le cas précédent, car il représente un rang dans une certaine **progression**.

H. Discrétisation d'une variable continue

Discrétiser = découper en classes, partitionner.

L'objectif est de **conserver à la distribution sa forme générale**. Il faut choisir entre un découpage **trop fin** (trop grand nombre de classes) où l'**effectif** par classe risque d'être **trop faible** et sa **répartition aléatoire**, et un découpage **trop grossier** (trop petit nombre de classes) avec une **perte d'information** et une **schématisation extrême**.

VIII. Biométrie

A. Biométrie clinique

Résultats d'un examen clinique :

Poids, taille, périmètre crânien, périmètre abdominal, fréquence cardiaque, fréquence respiratoire, tension artérielle...

B. Biométrie biologique

Analyses de biologie médicale

Liquides biologiques : sang, urines, fèces, liquide céphalo-rachidien, liquide intra-articulaire...

Hématologie (numération sanguine), chimie analytique (**natrémie** (sodium) et **kaliémie** (potassium)), **troubles lipidiques** (**cholestérolémie**, **triglycéridémie**), **diabète** (**glycémie**).

C. Biométrie composite

Indices cliniques : IMC (indice de masse corporelle), Indice de Karnofsky (échelle d'évaluation de la dépendance).

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

IX. Le mot de la fin

Voilà vous êtes arrivés à la fin de ce cours sur l'introduction à la biométrie et à la métrologie. Ce cours n'est pas compliqué, certaines notions une fois lues sont comprises, d'autres sont à mémoriser, mais dans l'ensemble il n'y a pas de gros calcul à comprendre, faire, refaire, rerefaire..., ça, ça viendra dans les prochains cours ! Alors bosser celui-là bien, ça vous donnera des bases, une petite avance en Biostats sur le programme de l'année, et ça vous fera des points aux CB 😊 Au CB, il y aura 9 questions sur 19 en Biostats sur ce cours-ci. Les QCMs seront bien répartis sur tout le cours, certains simples, d'autres avec quelques pièges, mais si vous apprenez bien et que vous faites attention le jour du CB, ça devrait marcher !

Bon courage !

Tracky