

Chapitre 1 : Introduction à la Métrologie et à la Biométrie

I Définition

- **Biométrie**
= Mesure des phénomènes biologiques pour l'étude quantitative et / ou qualitative des êtres vivants.
Principaux domaines d'application : agronomie, anthropologie, écologie, médecine
- **Mesurer**
= Comparer une grandeur inconnue à une référence dont la traçabilité est établie
= *ensemble des opérations ayant pour but de déterminer la valeur d'une grandeur physique*
Ex : comparer le poids de mes pommes (grandeur inconnue) par rapport à un poids de 1kg (référence dont la traçabilité est établie, on sait que ce poids fait 1kg)
- **Grandeur physique**
= tout attribut *d'un phénomène, d'un corps ou d'une substance*, susceptible d'être distingué qualitativement et déterminé quantitativement
= attribut repérable et mesurable
= *paramètre qui doit être contrôlé lors de l'élaboration d'un produit ou de son transfert.*
- **Unité**
= grandeur choisie comme référence (à laquelle toutes les autres sont comparés), une unité est nommée et un symbole lui est attribué
- **Mesure d'une grandeur**
= La valeur numérique d'une grandeur n'a de sens qu'accompagnée de l'unité à laquelle elle a été comparée. L'unité doit toujours être placée à droite
= *évaluation d'une grandeur par comparaison avec une autre grandeur de même nature prise pour unité*

Mesure = Valeur x Unité
- **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 Unités

D'abord très nombreuses, il y a eu un effort d'unification (si cela vous intéresse le prof fait un résumé historique).

Il existe désormais **7 Unités de Base**, elles sont (théoriquement) **indépendantes** entre elles.

Les autres unités du SI (Système International) sont dites **Unités Dérivées**.

Les relations entre les unités font souvent appel à des constantes, universelles ou historiques.

Unités DE BASE			
Grandeur		Unité	
Nom	Symbole	Nom	Symbole
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	mol
Intensité lumineuse	I	Candela	cd

Unités DERIVEES		
Grandeur	Unité	Symbole
Force	Newton	N
Travail et énergie	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 SI

	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 ! Il ne faut pas confondre Déca (10^1) et Déci (10^{-1})

- **Calculs**

➤ **De Surface** : On multiplie deux longueurs

➤ **De Volume** : On multiplie trois longueurs

Ceci peut paraître inutile mais c'est pour rappeler une chose : si je transforme une longueur en surface ou volume il ne faut pas oublier ni les unités ni les préfixes

Ex : Une piscine fait 2m sur 2m donc elle fait 4m² de surface et si celle-ci est profonde de deux mètres (parfait pour les bombes !) elle fera 8m³.

Cependant, 20000 cm² = 2 m² (et pas 200 m²) car l'unité est au carré

IV Incertitude et erreur de mesure

1) Incertitudes

- **Incertitude dx**

= si x est le résultat de la mesure et X est la grandeur de la mesure, alors dx est l'incertitude sur x

L'incertitude peut provenir de différentes erreurs liées à la mesure

Une mesure, aussi précise soit elle, ne peut être exacte, on quantifie donc une « marge d'erreur » dans laquelle se trouve le résultat

➤ $x - dx < X < x + dx$ ou [valeur TROUVEE ± Incertitude dx]

⇒ ATTENTION ! Valeur trouvée ≠ Valeur de référence

L'incertitude permet à l'utilisateur de quantifier la qualité du résultat, le doute que l'on a sur la valeur annoncée

Chaque résultat doit être accompagné d'une incertitude

L'incertitude permet à l'utilisateur du résultat d'en apprécier sa fiabilité

- **Erreur Absolue e**

= résultat d'un mesurage moins la valeur vraie de la grandeur physique

S'exprime **dans l'unité de la mesure**

➤ $e = x - X$

- **Erreur Relative er**

= rapport de l'erreur de mesure à la valeur vraie de la grandeur physique

S'exprime **en pourcentage**

➤ $er = e / X$

2) Erreurs de Mesures

- **Erreurs systématiques ou Biais**

= **erreurs REPRODUCTIBLE** reliées à leur cause par une **loi PHYSIQUE**, donc susceptible d'être éliminées par des corrections convenables.

- **Erreurs aléatoires**

= erreurs **NON reproductibles**, obéissant à **des lois STATISTIQUES**.

- **Erreurs accidentelles**

= résultent d'une fausse manœuvre/mauvais emploi/dysfonctionnement de l'appareil. 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 ALEATOIRES**

Ex : admettons que j'ai une classe avec 4 élèves, ils ont obtenus lors de leur contrôle surprise de statistique : 1 / 3 / 8 / 6

La moyenne est de 4, 5. On a donc une moyenne pas très fidèle car en réalité aucun des élèves n'a eu 4,5

Si on a une autre classe de 4 élèves, qui ont fait le même contrôle surprise et qui ont obtenus : 3,5 / 4 / 5 / 5,5, la moyenne sera toujours de 4,5 mais elle sera plus fidèle car les notes des élèves sont bien plus proches de la moyenne qu'avant.

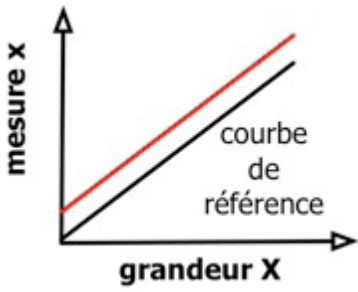
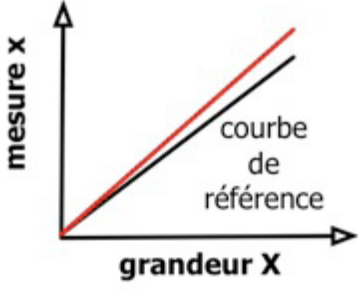
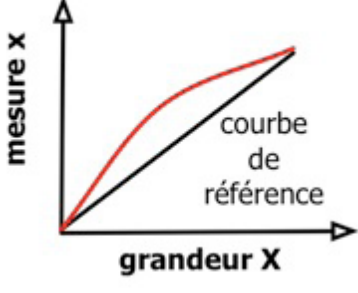
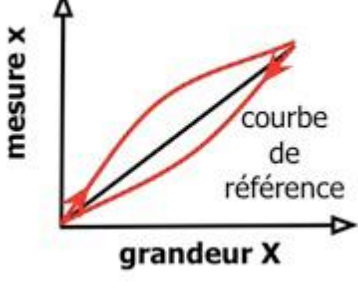
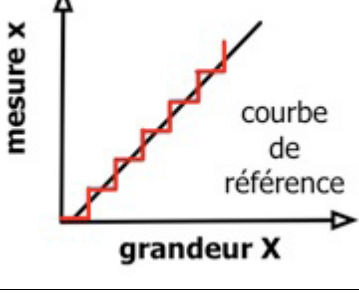
- **Justesse**

= traduit l'étroitesse entre la **valeur trouvée** et la **valeur de référence**

Fournit une indication sur les **erreurs SYSTEMATIQUES/Biais**

Ex : La glycémie moyenne est de 0,85 g/L. Mais depuis trois jours tous les résultats trouvés par le laborantin sont aberrants. C'est donc très probable que la machine ait un défaut. Donc les résultats donnés ne sont pas justes, et ceci montre une erreur systématique (la machine a ce défaut pour tous les résultats.).

Si cela aide quelqu'un, je me disais toujours que l'on ne devenait pas fidèle par hasard, donc la fidélité n'est pas un biais.

Erreur de mesure	Remarque	Exemple
Erreur de Zéro ou offset	<p>Ne dépend pas de la valeur de la grandeur mesurée</p> <p>Valeur de x quand $X=0$</p>	 <p>The graph shows a coordinate system with 'grandeur X' on the x-axis and 'mesure x' on the y-axis. A black line labeled 'courbe de référence' starts at the origin (0,0) and increases linearly. A red line labeled 'mesure x' is parallel to the black line but shifted upwards, intersecting the y-axis at a positive value, indicating a constant offset.</p>
Erreur d'échelle ou erreur de gain	<p>Dépend de façon linéaire de la valeur de la grandeur mesurée</p> <p>Erreur de gain (dB) = $20\log(x/X)$</p>	 <p>The graph shows a coordinate system with 'grandeur X' on the x-axis and 'mesure x' on the y-axis. A black line labeled 'courbe de référence' starts at the origin and increases linearly. A red line labeled 'mesure x' also starts at the origin but has a steeper slope than the black line, indicating a gain error.</p>
Erreur de linéarité	<p>La caractéristique n'est pas une droite</p>	 <p>The graph shows a coordinate system with 'grandeur X' on the x-axis and 'mesure x' on the y-axis. A black line labeled 'courbe de référence' starts at the origin and increases linearly. A red curve labeled 'mesure x' starts at the origin and follows a non-linear path, curving upwards and then flattening out, indicating a non-linear measurement error.</p>
Erreur due au phénomène d'hystérésis	<p>Il y a phénomène d'hystérésis lorsque le résultat de la mesure dépend de la précédente mesure</p> <p>Ex : effet de viscosité</p>	 <p>The graph shows a coordinate system with 'grandeur X' on the x-axis and 'mesure x' on the y-axis. A black line labeled 'courbe de référence' starts at the origin and increases linearly. A red loop labeled 'mesure x' starts at the origin, follows a path above the black line, and then returns to the origin along a path below the black line, illustrating hysteresis where the measurement depends on the previous value.</p>
Erreur de mobilité	<p>La caractéristique est en escalier.</p> <p>Cette erreur est souvent due à une <u>numérisation du signal</u> (discrétisation d'une valeur continue en classes)</p>	 <p>The graph shows a coordinate system with 'grandeur X' on the x-axis and 'mesure x' on the y-axis. A black line labeled 'courbe de référence' starts at the origin and increases linearly. A red staircase line labeled 'mesure x' follows the black line in a step-wise manner, representing the quantization of a continuous signal.</p>

V Présentation des résultats

- Notation scientifique

= un seul chiffre à Gauche de la virgule, avec un nombre variables de décimales, dépendant de la précision de la mesure, multiplié par une puissance entière de 10

La dernière décimale à droite doit être arrondie

➤ Au chiffre supérieur si la décimale suivante est ≥ 5

➤ Au chiffre précédent si la décimale suivante est < 5

La précision du résultat doit avoir autant de chiffres significatifs que la donnée ayant le moins de chiffres significatifs

Ex : $1,6 + 1,4337695749475 = 3,0$

Dans un nombre, les chiffres autres que zéro sont significatifs. Les zéros placés en tête du nombre ne sont pas significatifs.

Par convention, on considère que le dernier chiffre significatif est connu à $\pm 0,5$

Ex : $1,7$ est compris entre $1,65$ et $1,75$

⇒ **ATTENTION !** Lors de conversion avec des préfixes, il faut conserver le même nombre de chiffres significatifs

- 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

➤ **Logarithme : X chiffres dans le nombre de départ = X chiffres après la virgule dans le résultat**

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

➤ **Exponentielle : X décimales dans le nombre de départ = X chiffres significatifs dans le résultat**

J'avais tendance à me dire que lorsqu'on à une Exponentielle, on Enlève une décimale

VI Éléments de Biométrie

1) Différents types de caractères

- Caractères Morphologiques

= ils ont trait à la forme des individus, sont de 2 types :

➤ Caractères Métriques

Peuvent être mesurés par rapport à une unité déterminée

Ex : taille, longueur, poids...

➤ Caractères Numériques

Basés sur l'énumération et le décompte de différentes parties

Ex : NFS = Numération de Formule Sanguine = nombre de globule blancs, rouges, plaquettes...

- **Caractères Physiologiques**

= ils ont trait au fonctionnement de l'organisme

Ils apprécient l'état physiologique de l'individu à un moment déterminé de son existence en se basant

➤ soit sur une **métrique**

Ex : dosages sanguins, pression artérielle...

➤ soit sur une **unité arbitrairement choisie** ou **appréciation qualitative**

Ex : calvitie, adiposité...

2) Classification des variables

Variable

= caractéristique mesurée ou observée chez un individu, sont de 2 types

Variable Quantitative

= caractère mesuré ou dénombré

Ex : hauteur, poids, nombre d'enfants

Variable Qualitative

= ne peut être mesurée mais est susceptible de classement

Ce classement peut être

- **Binaire** (= 2 modalités, ou dichotomique)

Ex : Oui / Non, Homme / Femme

- **Multiple** (= plusieurs modalités)

➤ **Ordonnées**

Ex : stade de gravité d'une maladie

➤ **Non ordonnées**

Ex : statut marital (célibataire, vie maritale, marié...)

Une Variable Quantitative peut avoir 2 types d'échelles :

Une Variable Qualitative peut avoir 2 types d'échelles :

**Echelle de variation
Par Intervalle**

**Echelle de variation
Relative**

**Echelle de variation
Nominale ou Catégorielle**

**Echelle de
variation
Ordinale**

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

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

Ex : Echelle de degré Celsius, on a le même écart entre 5 et 10° que 20 et 25°, mais le 0°C n'est pas le 0° absolu

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

Sur cette échelle, **le zéro n'est pas arbitraire** et signifie effectivement l'absence ou la nullité

Ex : l'échelle de température en Kelvin, où le 0 K correspond au 0 absolu

Les **valeurs sont collectivement exhaustives et mutuellement exclusives**

Tout le monde peut être classé et ne peut être classés que dans une seule catégorie

Ex : on est soit homme soit femme (mutuellement exclusif), mais si on regroupe les hommes et les femmes on a toute la population (collectivement exhaustif)

L'ordre des catégories et les distances existant entre elles **sont ignorés**

Chaque valeur / catégorie doit être bien définie

Les valeurs possibles 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 adjacentes à l'autre

Ex : degré de satisfaction, stade d'avancée d'un cancer

3) Variables QUANTITATIVES Discrètes ou continues

Une variable quantitative est

- **Discrète (discontinue)** si elle ne peut prendre que des valeurs isolées, généralement entières, dans un certain intervalle.
Sont souvent des valeurs issues d'un dénombrement
Ex : le nombre d'enfant, j'espère que personne n'a 1,2 enfants ;)
 - **Continue** si elle est susceptible de prendre toute valeur dans un certain intervalle.
Son souvent des valeurs issues d'une mesure
Ex : le poids, personne n'a 60, 000000kg pile, il aura 60,0154864 kg
- ⇒ On peut discrétiser une variable continue, c'est-à-dire regrouper en classe de manière pas trop arbitraire, des données quantitatives. Ce regroupement ne doit pas être trop fin ni trop grossier.

4) Codage Numérique d'une variable QUALITATIVE

- **Codage numérique d'une variable Nominale**
Permet de faciliter le traitement informatique
Ex : 1 : marié, 2 : divorcé, 3 : veuf
- **Codage numérique d'une variable Ordinale**
On désigne une modalité par un nombre ou un score, elle ne définit pas une quantité objectivable (mesurable) mais un rang/degré/niveau
Cependant, ce nombre est moins arbitraire que dans le cas de la nominale car montre une progression
Ex : 0 : mauvais, 1 : moyen, 2 : bon

5) Biométrie

Biométrie <u>Clinique</u>	Biométrie <u>Biologique</u>	Biométrie <u>Composite</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Examen clinique : Poids Taille Périmètre crânien Périmètre abdominal Pli cutané tricipital Fréquence cardiaque Fréquence respiratoire Tension artérielle Tension oculaire Audiométrie Spirométrie 	Analyses de biologie médicale Liquide biologique Hématologie Chimie analytique Troubles lipidiques Marqueurs	<ul style="list-style-type: none"> - Indices cliniques : Indice de masse corporelle IMC Indice de Karnofsky (échelle de dépendance) - Indices biologiques : INR ou Temps de Quick (temps de coagulation)