

# COURS N°1

## INTRODUCTION À LA METROLOGIE ET A LA BIOMETRIE



P Staccini

# Introduction

Enjeux de la mesure

Définition de la biométrie





# Position du sujet 1 / 3

- Les problématiques liées à la mesure de phénomènes physico-chimiques ayant un impact sur la santé figurent parmi les plus importantes préoccupations du XXI<sup>e</sup> siècle.
  - Taux de toxines ou de substances dangereuses dans l'eau, l'air ou les aliments
  - Concentration de certains éléments dans le sérum humain
  - Dose à délivrer aux patients en radiothérapie ou en curiethérapie...





# Position du sujet 2/3

- En médecine, de nombreuses décisions thérapeutiques sont prises en se fondant sur différentes sources d'informations :
  - ▣ **l'écoute du patient** : interrogatoire à la recherche de son histoire récente et passée, personnelle et familiale (recherche de facteurs de risque génétiques, environnementaux...)
  - ▣ **les constats ou observations du médecin** : examen clinique construit autour de quatre mesures (cf. page suivante) : inspection (vue), auscultation - percussion (ouïe), palpation (toucher)
    - Le goûter a disparu, mais autrefois, les médecins diagnostiquaient le diabète en goûtant l'urine du patient et ont constaté qu'elle avait un goût sucré
    - Quant à l'odorat, la mauvaise haleine (ou *halitose*) peut se produire après une éructation du tube digestif ou peut être causée par des produits métaboliques systémiques, p. ex. odeur d'acétone dans le diabète sucré, odeur d'égout (*foetor hepaticus*) dans l'insuffisance hépatique et odeur d'urine dans l'insuffisance rénale.
  - ▣ **les résultats de mesure et d'analyse de biologie** (dosages sanguins, urinaires, liquides biologiques, etc.)





# Position du sujet 3/3

- **L'examen physique d'un patient** comprend plusieurs étapes :
  - **L'inspection** : le clinicien observe le patient à la recherche (par exemple)
    - de signes cutanés anormaux (couleur des téguments pour un ictère, pâleur des conjonctives en cas d'hémorragie)...
    - de déformations : squelettiques ou bien physiopathologiques (creusement du creux sus-claviculaire en cas de difficulté respiratoire : tirage sus-sternal)...
  - **La palpation** :
    - abdominale à la recherche d'un gros foie
    - des pouls artériels à la recherche d'une atténuation / disparition
  - **La percussion** : recherche de bruits anormaux à la percussion (matité, tympanisme) (abdomen, poumons)...
  - **L'auscultation** : écoute des bruits du cœur et de la respiration pulmonaire avec un stéthoscope par exemple...
- Durant cet examen, c'est le clinicien (avec ses 5 sens) qui fait office à la fois de méthode et d'outil de mesure !





# Biométrie ?

« *Si en Biologie on veut arriver à connaître les lois de la vie, il faut non seulement observer et constater les phénomènes vitaux, mais, de plus, il faut fixer numériquement les relations d'intensité dans lesquels ils sont les uns par rapport aux autres* ». (Claude BERNARD, Introduction à l'étude de la Médecine expérimentale, 1898). Avec Claude BERNARD, la notion de nombre, de mesure, s'introduisit dans l'étude des êtres vivants et depuis, chaque jour davantage, la Biologie s'est pénétrée de cette notion. Une voie nouvelle s'est ainsi ouverte dans le domaine des sciences biologiques en passant de l'observation d'un phénomène à la mesure de ses attributs ou, en d'autres termes, en passant de la notion de « Qualité » à celle de « Quantité ». Elle a conduit à la BIOMÉTRIE (...)

D'après Le Gall Jean (1938). La biométrie dans ses applications à l'industrie des pêches maritimes. Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes, 11(1), 45-51.

**BIOMETRIE** : mesure des phénomènes biologiques pour l'étude quantitative et/ou qualitative des êtres vivants. Parmi les principaux domaines d'application de la biométrie, on peut citer l'agronomie, l'anthropologie, l'écologie et la médecine.





# Plan du cours

## □ **Grandeurs et unités**

- Définitions
- Mesure d'une grandeur
- Etalonnage
- Unités historiques !
- Unités de base
- Relations entre unités
- Préfixes SI
- Multiples et sous-multiples décimaux

## □ **Incertitude et erreurs de mesure**

- Rappels
- Incertitude et erreurs
- Erreurs de mesure

## □ **Éléments de biométrie**

- Caractères
- Classification des variables
- Codage numérique
- Discrétisation variable continue
- Biométrie clinique
- Biométrie biologique
- Biométrie composite



# Grandeurs et unités

Définir une grandeur physique

Lister les symboles des unités de base

Définir le principe de l'étalonnage





# Définitions 1 / 2

- Mesurer, c'est comparer une grandeur inconnue à une référence dont la traçabilité est établie
  - ▣ Il faut donc disposer de référence, d'étalon... (fiable)
  - ▣ Il faut également assurer la traçabilité métrologique de ces références à des unités, généralement le Système International d'unité (SI)
    - Comment comparer à long terme l'évolution de la santé de la population sans références stables dans le temps ?
    - Comment comparer des études épidémiologiques, les études cliniques effectuées aux USA et en Europe si les références ne sont pas communes ?





# Définitions 2/2

## □ 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
- Les grandeurs comparables forment des ensembles : masses, longueurs, capacités...

## □ Unité

- Dans un ensemble de grandeurs, une unité est une grandeur particulière choisie comme référence à laquelle toutes les autres sont comparées
- Chaque unité est nommée et un symbole lui est attribué
  - Exemple : longueurs mesurées en les comparant au mètre





# 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 pour obtenir cette valeur :

$$\text{Mesure} = \text{Valeur} * \text{Unité}$$

- L'unité doit toujours être placée à droite :
  - ▣ température corporelle : 37,5 °C
  - ▣ taille : 175 cm





# 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.
- À titre d'exemple, lorsqu'aucun poids n'est sur la balance, le poids est équivalent à zéro et lorsqu'un poids connu est ajouté à la balance, la valeur exacte du poids s'affiche.





# Exemple : le kilogramme étalon



- Le kilogramme est la seule unité de base du Système International d'unités (SI) qui soit encore définie au moyen d'un étalon matériel : le prototype international du kilogramme.
- Ce prototype en platine iridié (90%Pt-10%Ir) faisant par définition 1 kg exactement est conservé dans l'air sous triple cloche en verre au Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) à Sèvres en France.
- 40 copies ont été faites en France en 1884 et distribuées dans différentes nations comme standard national.
- L'étalon national français est directement raccordé à l'étalon international environ une fois tous les 50 ans.
- Les trois vérifications périodiques (1889, 1946 et 1989) mettent en évidence des divergences d'évolution au cours du temps. La dispersion de l'évolution relative des étalons de masse sur un siècle est de l'ordre de  $5 \times 10^{-8}$ .





# Unités historiques ! 1 / 2

- Sous l'Ancien Régime, plus de 700 unités de mesure
  - ▣ de longueur, de surface, de capacité, de poids
- Mesures de longueur (par exemple)
  - ▣ Les bases « saines »
    - Le pied de Roi (ou pied de France) : 0,32483 m (sensé être la mesure du pied de Charlemagne : 12 pouces).
    - Il se subdivise en 12 pouces, le pouce (2,706 cm) en 12 lignes, la ligne (0,226 cm) en 12 points (le point = 0,188mm).
  - ▣ Mais des différences régionales
    - L'aune : elle était utilisée surtout pour mesurer les étoffes.
      - L'aune de Paris : 1 m 1884 (soit 3 pieds 8 pouces)
      - L'aune de Bordeaux : 1 m 4561
      - L'aune de Troyes : 0 m 812...





# Unités historiques ! 2/2

## □ Longueur

- La brasse : utilisée dans la marine. Il s'agit d'une longueur de corde entre les bras étendus. Elle varie de 7, 6 à 5 pieds (1,624 m)
- Le pas : 0,624 m
- Le mille marin : 1852 m
- L'encâblure : cette unité marine représentait 1/10 mille, soit 185,2 m

## □ Surface

- Le journal : c'était l'unité de superficie la plus utilisée sous l'Ancien Régime. Il s'agissait de la quantité de terre qu'une charrue pouvait labourer, ou qu'un homme pouvait travailler, ou la quantité de pré qu'il pouvait faucher, etc. en une journée.
- Le journal de Paris : 32 ares 86
- Le journal de Bordeaux : 31 ares 93...

## □ Capacité

- Le litron : 0,79 litres
- La pinte : 2 chopines, soit 0,9305 litre
- Pot ancien de Lyon : 1,0593 litre
- Le pot ou quade (cade) : 2 pintes, soit 1,861 litre (2,2648 litres à Bordeaux)

## □ Poids

- La livre : 489,5 grammes
- Le grain : 53 mg, soit 0,053 g
- Le quintal : 100 livres, soit 48,95 kg





# Systeme métrique

- Institué par la loi du 18 Germinal An III (7 avril 1795)
- Mais rendu obligatoire seulement le 4 juillet 1837 sous la monarchie de juillet
- Rendu obligatoire aux Pays-Bas en 1816 et en Espagne en 1849
- 1875 : création en France du Bureau International des Poids et Mesure (BIPM). 17 états signent la convention du mètre, charge de reproduire les étalons de mesure
- 1960, le système international d'unités remplace le système métrique





# Unités de base 1 / 4

- Dans un effort d'unification, la plupart des unités faisant double emploi ont été éliminées.
- Les unités en usage ont été ramenées à des fonctions de 7 unités de base.
- Ces 7 unités de base sont (en théorie) indépendantes les unes des autres.
- La recherche actuelle vise à limiter le nombre d'étalons auxquels se réfèrent les définitions des unités de base.
- Les autres unités du SI sont appelées "unités dérivées".





# Unités de base 2/4

Grandeur		Unité		Définition, Remarques
Nom	Symbole	Nom	Symbole	
Longueur	$L$	mètre	$m$	Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de 1/299 792 458 de seconde
Masse	$M$	kilogramme	$kg$	Le kilogramme est la masse du prototype international du kilogramme
Temps	$t$	seconde	$s$	La seconde est la durée de 9 182 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133 à la température de 0 kelvin

Extrait de : Unité de mesure. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Unité\\_de\\_mesure](http://fr.wikipedia.org/wiki/Unité_de_mesure)





# Unités de base 3/4

Grandeur		Unité		
Nom	Symbole	Nom	Symbole	Définition, Remarques
Courant électrique	$i$	ampère	$A$	L'ampère est l'intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de un mètre l'un de l'autre dans le vide produirait entre ces deux conducteurs une force égale à $2 \cdot 10^{-7}$ newton par mètre de longueur
Température	$T$	kelvin	$K$	Le kelvin, unité de température thermodynamique, est la fraction $1/273,16$ de la température thermodynamique du point triple de l'eau

Extrait de : Unité de mesure. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Unité\\_de\\_mesure](http://fr.wikipedia.org/wiki/Unité_de_mesure)





# Unités de base 4/4

Grandeur		Unité		Définition, Remarques
Nom	Symbole	Nom	Symbole	
Quantité de matière		mole	<i>mol</i>	La mole est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12. Ce nombre d'entités élémentaires est appelé nombre d'Avogadro.
Intensité lumineuse	<i>I</i>	candela	<i>cd</i>	Le candela est l'intensité lumineuse dans une direction donnée d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence $540 \cdot 10^{12} \text{s}^{-1}$ (hertz) et dont l'intensité énergétique dans cette direction est de 1/683 watt par steradian

Extrait de : Unité de mesure. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Unité\\_de\\_mesure](http://fr.wikipedia.org/wiki/Unité_de_mesure)





# Relations entre unités

## □ Elles font souvent appel à des constantes

### ▣ Soit universelles

■  $1 \text{ eV} = 1 \text{ J/e}$

■  $e = \text{Charge élémentaire} = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

■  $W = m c^2$

### ▣ Soit historiques

■  $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$

■  $1 \text{ pied} = 0,33 \text{ m}$

■  $1 \text{ mn} = 60 \text{ s}$

■  $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$

■  $1^\circ = (\pi/180) \text{ rad}$

## □ La calorie “diététique” est en fait le kcal...





# Grandeurs dérivées

Grandeur	Unité	Symbol e	Expression en fonctions des grandeurs fondamentales
Force	Newton	N	$\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$
Travail et énergie	Joule	J	$\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$
Puissance	Watt	W	$\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^3$
Pression	Pascal	Pa	$\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s}^2)$
Fréquence	Hertz	Hz	$\text{s}^{-1}$
Charge électrique	Coulomb	C	$\text{A}\cdot\text{s}$
Potentiel électrique	Volt	V	$\text{kg}\cdot\text{m}^2/(\text{A}\cdot\text{s}^3)$
Résistance électrique	Ohm	$\Omega$	$\text{kg}\cdot\text{m}^2/(\text{A}^2\cdot\text{s}^3)$
Capacité	Farad	F	$\text{A}^2\cdot\text{s}^4/(\text{kg}\cdot\text{m}^2)$
Champ magnétique	Tesla	T	$\text{kg}/(\text{A}\cdot\text{s}^2)$
Inductance	Henry	H	$\text{kg}\cdot\text{m}^2/(\text{s}^2\cdot\text{A}^2)$



# Préfixes SI



## Facteurs

1 000 000 000 000 000 000 000 000 =	$10^{24}$
1 000 000 000 000 000 000 000 =	$10^{21}$
1 000 000 000 000 000 000 =	$10^{18}$
1 000 000 000 000 000 =	$10^{15}$
1 000 000 000 000 =	$10^{12}$
1 000 000 000 =	$10^9$
1 000 000 =	$10^6$
1 000 =	$10^3$
100 =	$10^2$
10 =	$10^1$
0,1 =	$10^{-1}$
0,01 =	$10^{-2}$
0,001 =	$10^{-3}$
0,000 001 =	$10^{-6}$
0,000 000 001 =	$10^{-9}$
0,000 000 000 001 =	$10^{-12}$
0,000 000 000 000 001 =	$10^{-15}$
0,000 000 000 000 000 001 =	$10^{-18}$
0,000 000 000 000 000 000 001 =	$10^{-21}$
0,000 000 000 000 000 000 000 001 =	$10^{-24}$

## Noms

yotta
zetta
exa
péta
téra
giga
méga
kilo
hecto
déca
déci
centi
milli
micro
nano
pico
femto
atto
zepto
yocto

## Symboles

Y
Z
E
P
T
G
M
k
h
da
d
c
m
$\mu$
n
p
f
a
z
y





# Multiples et sous-multiples décimaux 1 / 3

- Les nombres supérieurs à 1 000 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. Le cumul des préfixes n'est pas autorisé. L'ensemble formé par le symbole d'une unité constitue un nouveau symbole insécable que l'on peut élever à une puissance. 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.

- Exemples

12 000 N	= 12 . 10 <sup>3</sup> N	= 12 kN	
0,000 05 s	= 50 . 10 <sup>-6</sup> s	= 50 μs	
0,004 μm	= 4 . 10 <sup>-3</sup> μm	= 4 . 10 <sup>-9</sup> m	= 4 nm
0,000 004 kg	= 4 . 10 <sup>-6</sup> kg	= 4 . 10 <sup>-3</sup> g	= 4 mg
6 . 10 <sup>9</sup> kg	= 6 . 10 <sup>6</sup> t	= 6 Mt	
7 000 min	= 116,7 h	= 4,68 d	





# Multiples et sous-multiples décimaux 2/3

- Lorsqu'on effectue des calculs, les multiples ou sous-multiples d'une unité doivent être identiques. Il est donc nécessaire d'effectuer les transformations avant d'effectuer le calcul.
- Pour ce faire, on peut utiliser des tableaux qui évitent les erreurs
- Utilisation des tableaux:
  - ▣ a) placer la valeur de base en alignant la virgule sur la ligne droite de l'unité décimale définie.
  - ▣ b) déplacer la virgule sur la ligne droite du multiple ou sous-multiple souhaité
  - ▣ c) compléter si nécessaire avec des zéros et effectuer la lecture (on eut supprimer les zéros inutiles)

Tableau pour les unités de longueurs

	km	hm	dam	m	dm	cm	mm
a)					3	0	0
b)				,	3	0	0
c)			0	,	0	3	0

Exemple:  $300 \text{ mm} = 0,03 \text{ dam}$

Tableau pour les unités de masses

	t	q		kg	hg	dag	g	dg	cg	mg
<i>tonne</i>	↖	↖	↖							
<i>quintal</i>		↖	↖							
<i>sans unité spécifique</i>			↖							





# Multiples et sous-multiples décimaux 3/3

□ Pour les surfaces :

▣ On multiplie 2 longueurs

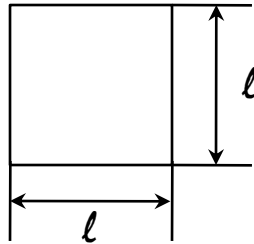


Tableau pour les unités d'aires

	km <sup>2</sup>	hm <sup>2</sup>	dam <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	dm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>
a)				3, 5 3			
b)				3, 5 3			
c)				3 5 3	0 0		

Exemple:  $3,53 \text{ m}^2 = 35300 \text{ cm}^2$

□ Pour les volumes

▣ on multiplie 3 longueurs

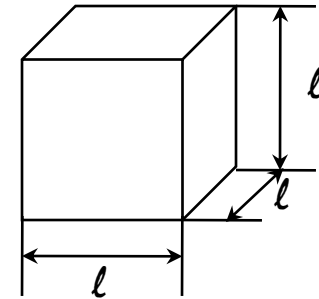


Tableau pour les unités de volumes

	km <sup>3</sup>	hm <sup>3</sup>	dam <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>



# Incertitude et erreurs de mesure

Définir l'incertitude

Définir les erreurs absolue et relative

Lister les types d'erreurs de mesure

Définir la fidélité et la justesse d'une mesure





# Rappels

- **La grandeur physique (X)** : Paramètre qui doit être contrôlé lors de l'élaboration d'un produit ou de son transfert.  
Exemple : pression, température, niveau.
- **Le mesurage** : C'est l'ensemble des opérations ayant pour but de déterminer la valeur d'une grandeur physique.
- **La mesure (x)** : C'est l'évaluation d'une grandeur par comparaison avec une autre grandeur de même nature prise pour unité.
  - ▣ Exemple : Une longueur de 2 mètres, une masse de 400 grammes, un temps de 6 secondes.
- **Remarque** : On ne peut pas mesurer une masse avec des mètres, ce n'est pas homogène.





# Incertitude et erreurs 1 / 3

- **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 (cf. diapo suivante)
  - Ainsi, on a :  $x-dx < X < x+dx$
- **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.
  - $er = e/X$





# Incertitude et erreurs 2/3

- Chaque résultat doit être accompagné d'une incertitude
- L'incertitude quantifie la qualité du résultat, le doute que l'on a sur la valeur annoncée
- L'incertitude permet à l'utilisateur du résultat d'en apprécier sa fiabilité





# Incertitude et erreurs 3/3

- Importance du calcul des incertitudes :
  - ▣ Interprétation et prise de décision
- Exemple : Le Tour de France (valeurs fictives)
  - ▣ Concentration maximale de testostérone autorisée :  
 $5 \mu\text{g/l}$
  - ▣ Analyse au laboratoire de référence :  $6,2 \mu\text{g/l}$
  - ▣ Incertitude de la mesure : 20%
  - ▣ Résultat du laboratoire :  $6,2 \mu\text{g/l} \pm 20\%$   
 $4,96 \leq 6,2 \leq 7,44$
  - ▣ Conclusion :
    - $4,96 \mu\text{g/l}$  est  $<$  au seuil fixé à  $5 \mu\text{g/l}$  : exclusion du coureur ?





# Erreurs de mesure 1 / 8

- **Les erreurs systématiques (ou biais)**
  - ▣ Ce sont des erreurs reproductibles reliées à leur cause par une loi physique, donc susceptible d'être éliminées par des corrections convenables.
- **Les erreurs aléatoires**
  - ▣ Ce sont des erreurs, non reproductibles, qui obéissent à des lois statistiques.
- **Les erreurs accidentelles**
  - ▣ Elles résultent d'une 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.





# Erreurs de mesure 2/8

## □ Fidélité

- La fidélité traduit l'étroitesse entre une série de mesures et la moyenne des valeurs trouvées.
- Elle fournit une indication sur les erreurs dues au hasard.

## □ Justesse

- La justesse traduit l'étroitesse entre la valeur trouvée et la valeur de référence.
- Elle fournit une indication sur les erreurs systématiques (biais).

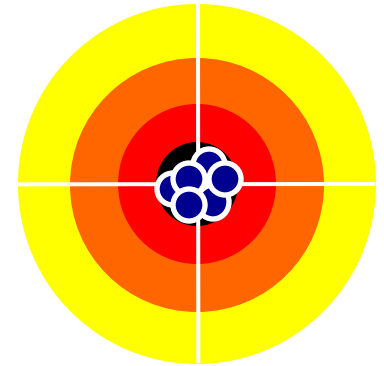
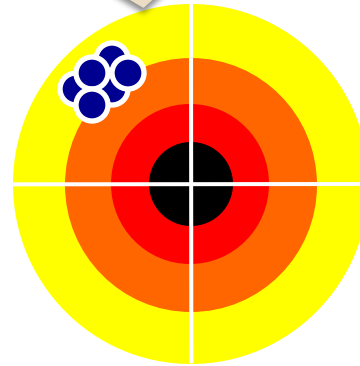
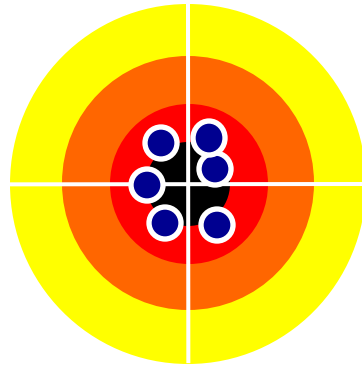
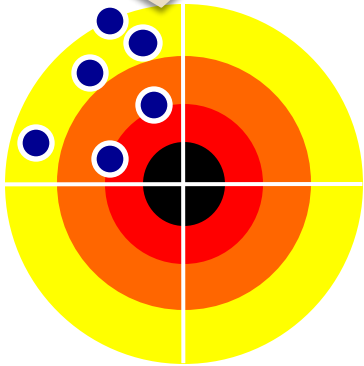




# Erreurs de mesure 3/8

**Fidélité** : on regarde  
les points entre eux

**Justesse** : on regarde  
les points avec la  
référence



pas fidèle  
et  
pas juste :  
**imprécis**

pas fidèle  
mais  
juste

fidèle  
mais  
pas juste

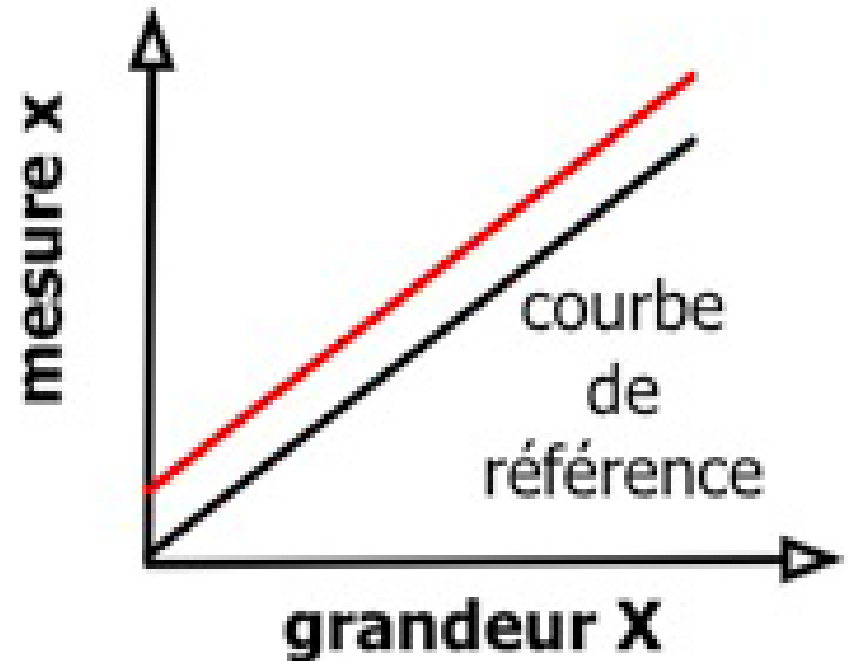
fidèle  
et  
juste :  
**précis**





# Erreurs de mesure 4/8

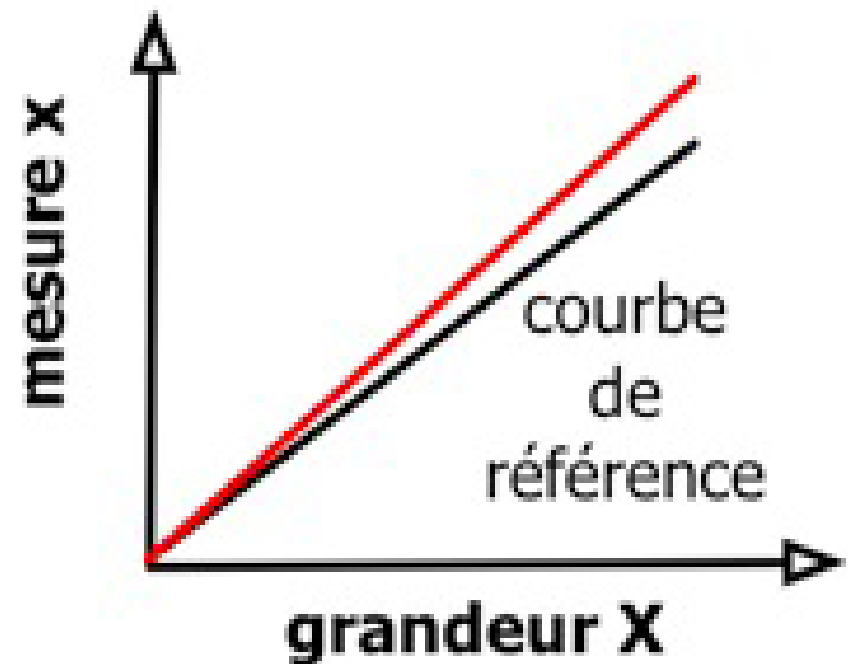
- Erreur de zéro (offset)
  - ▣ Ne dépend pas de la valeur de la grandeur mesurée
  - ▣ Erreur de zéro = valeur de  $x$  quand  $X=0$





# Erreurs de mesure 5/8

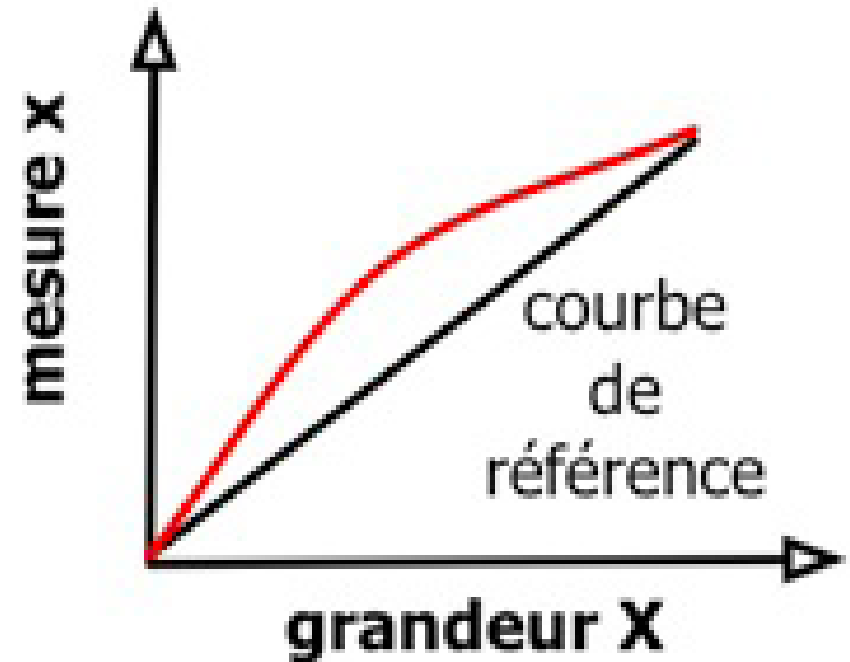
- Erreur d'échelle (gain)
  - ▣ Dépend de façon linéaire de la valeur de la grandeur mesurée
  - ▣ Erreur de gain (dB) =  $20 \log(x/X)$





# Erreurs de mesure 6/8

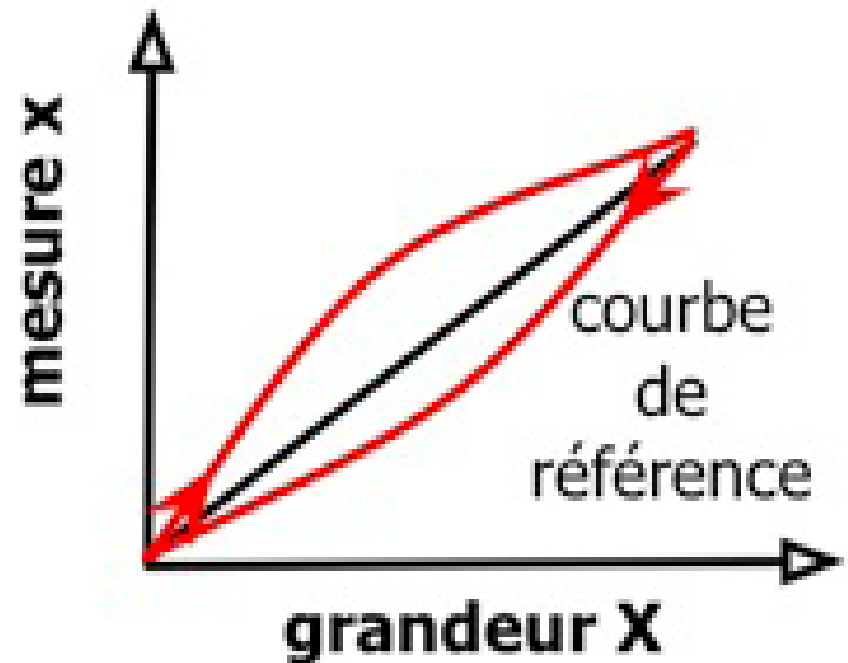
- Erreur de linéarité
  - ▣ La caractéristique n'est pas une droite





# Erreurs de mesure 7/8

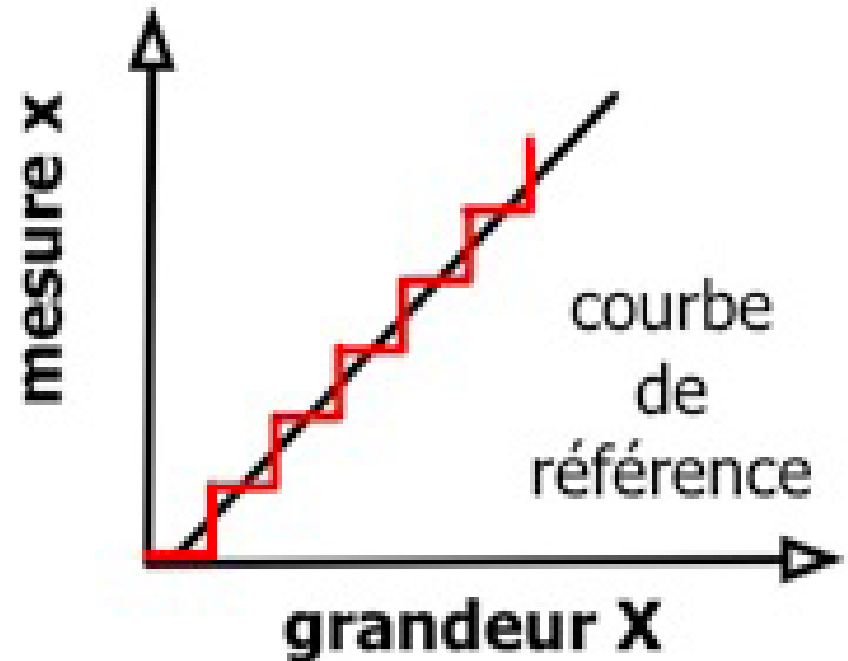
- Erreur due au phénomène d'hystérésis
  - ▣ Il y a phénomène d'hystérésis lorsque le résultat de la mesure dépend de la précédente mesure
  - ▣ Par exemple : effet de viscosité





# Erreurs de mesure 8/8

- Erreur de mobilité
  - ▣ La caractéristique est en escalier. Cette erreur est souvent due à une numérisation du signal (discrétisation d'une valeur continue en classes)



# Eléments de biométrie

Définir les grands types de variables

Lister les échelles de variation

Savoir classer une variable biométrique





# Caractères... morphologiques

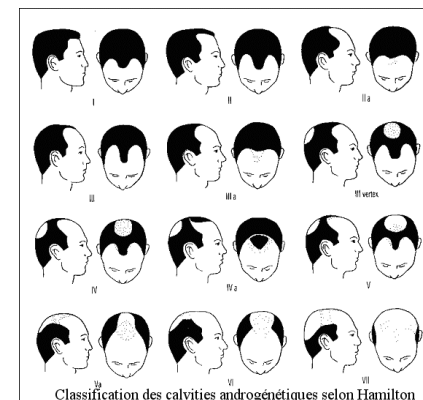
- Ils ont trait à la forme des individus
- Caractères **métriques**
  - ▣ pouvant être mesurés par rapport à une unité déterminée: taille, longueur (en centimètres ou en millimètres) du corps et de ses différentes parties (périmètre crânien chez le nouveau-né) ; poids en grammes ou en kilogrammes, température du corps, etc.
- Caractères **numériques**
  - ▣ basés sur l'énumération et le décompte de différentes parties : nombre de ...





# Caractères... physiologiques

- Il 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 soit sur sur une unité arbitrairement choisie.
  - ▣ Métriques : dosages sanguins, pression artérielle, spirométrie, etc.
  - ▣ Appréciation qualitative : adiposité, calvitie, etc.



Classification des calvities androgénétiques selon Hamilton



# Classification des variables 1 / 2

- Caractéristique mesurée ou observée chez un individu
- de nature **quantitative** :
  - caractère mesuré (comme la hauteur, la longueur, le poids, un paramètre sérique...) ou dénombré (nombre d'enfants)
- de nature **qualitative** :
  - ne peut être mesurée mais est susceptible de classement
    - binaire (2 modalités) : Oui/Non – Homme/Femme
    - multiple (plusieurs modalités) :
      - non ordonnées (ou nominal) : statut marital (célibataire, vie maritale, marié...)
      - ordonnées : stade de gravité d'une maladie, stades d'une tumeur





# Classification des variables 2/2

- Les variables retenues par le biologiste peuvent être classées en **4 catégories différentes** selon leur type d'échelle de variation :
  - ▣ 2 types d'échelle se rapportent aux variables qualitatives
    - échelle de variation **nominale (ou catégorielle)**
    - échelle de variation **ordinaire**
  - ▣ 2 types d'échelle se rapportent aux variables quantitatives
    - échelle de variation par **intervalle**
    - échelle de variation **relative**





# Echelle de variation nominale 1 / 3

- Donnée **qualitative**
- Les valeurs (ou catégories) sont :
  - ▣ Collectivement exhaustives : tous les individus doivent pouvoir être décrits / classés
  - ▣ Mutuellement exclusives : chaque individu ne peut être classé que dans une seule catégorie
- L'ordre des catégories et les distances existant entre elles sont ignorés
- Chaque valeur / catégorie doit être bien définie
- Exemples :
  - ▣ Statut social : vit seul ( $\neq$  célibataire ?), vit en couple
  - ▣ Statut marital : vie maritale, pacs, marié, veuf, divorcé





# Echelle de variation nominale 2/3

- Exemple : les 8 groupes socio-professionnels (source INSEE)
  - ▣ les agriculteurs exploitants : secteur primaire ;
  - ▣ les artisans, commerçants et chefs d'entreprises ;
  - ▣ les cadres, professions intellectuelles supérieures ;
  - ▣ les professions intermédiaires ;
  - ▣ les employés ;
  - ▣ les ouvriers ;
  - ▣ les retraités ;
  - ▣ les autres personnes sans activité professionnelle.
- Ensemble de valeurs collectivement exhaustives (d'où la catégorie « autre ») et mutuellement exclusives
  - ▣ Les chômeurs ayant déjà travaillé sont classés en fonction de leur dernier métier. Ceux n'ayant jamais travaillé sont classés dans le métier recherché (ceux n'en cherchant pas étant classés inactifs).





# Echelle de variation nominale 3/3

Durant le second semestre de l'année scolaire 2008-2009, une enquête transversale a été réalisée par le service de Protection maternelle et infantile (PMI) des Alpes-Maritimes, en collaboration avec la santé scolaire. L'objectif principal de cette étude était d'évaluer les connaissances et les comportements des lycéens concernant le *Human Papilloma Virus* (HPV). Les caractéristiques de la population étudiée sont les suivantes :

	N (%)
<b>Sexe</b>	
Féminin	302 (59,0)
Masculin	206 (41,0)
<b>Type d'établissement</b>	
Lycée général	270 (53,0)
Lycée professionnel	238 (47,0)
<b>Lieu géographique</b>	
Littoral	396 (78,0)
Moyen et Haut-Pays	112 (22,0)
<b>Utilisation contraception</b>	
Oui	287 (56,5)
Non	221 (43,5)
Filles (N=302)	135 (44,7)
Garçons (N=206)	152 (73,8)





# Echelle de variation ordinale 1 / 4

- Donnée **qualitative**
- 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
- Exemples
  - ▣ Degré de satisfaction :
    - très insatisfait, plutôt insatisfait, plutôt satisfait, très satisfait





# Echelle de variation ordinale 2/4

## Classification des adénocarcinomes du rectum

	TNM		
Stade 0	Tis	N0	M0
Stade I	T1	N0	M0
	T2	N0	M0
Stade IIa	T3	N0	M0
Stade IIb	T4	N0	M0
Stade IIIa	T1-T2	N1	M0
	T3-T4	N1	M0
Stade IIIb	Tous	N2	M0
	T		
Stade IIIc			
Stade IV	Tous	Tous	M1
	T	N	





# Echelle de variation ordinale 3/4

## □ Score d'Apgar

- Test rapide qui permet d'évaluer l'état initial du nouveau-né,
  - puis son évolution à 1, 5 et 10 mn
- L'état optimal du bébé donne une note égale à 10.
- L'état de mort apparent est côté 0.
- Il permet aux médecins de déterminer la conduite à tenir ainsi que les éléments de surveillance de chaque nouveau-né.
- Résultats de cette évaluation indiqués sur le carnet de santé de chaque nouveau-né

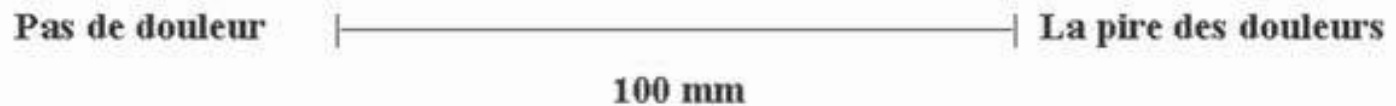


	0	1	2	Note
Fréquence cardiaque	< 80/mn	80 à 100 / mn	> 100 / mn	
Respiration	absente	lente, irrégulière	efficace	
Tonus	hypotonie globale	flexion des membres	mouvements actifs	
Réactivité	nulle	grimace	vive	
Coloration	cyanosé (bleu) ou gris	acrocyanose	rose	



# Echelle de variation ordinale 4/4

- **L'échelle visuelle analogique**



- **L'échelle d'évaluation numérique**



- **L'échelle d'évaluation verbale**





# 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
- Exemple :
  - ▣ Echelle de degrés Celsius pour mesurer la température
    - Même écart entre 5 et 10°C qu'entre 20 et 25°C
    - Mais une température de 40°C n'est pas 2 fois plus chaude qu'une température de 20°C
    - Si on transforme les °C en °F, les écarts restent bien les mêmes mais la valeur de 104°F (40°C) n'est pas le double de la valeur de 69°F (20°C)
  - ▣ Les données sur une échelle circulaire comme l'heure, la date





# Echelle de variation relative

- Variable **quantitative**
- 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.
- Exemples
  - Température mesurée sur l'échelle Kelvin sur laquelle le zéro est absolu
  - Mesures de longueur, de surface, de capacité, de pression ...





# Valeurs discrètes ou continues

- Une variable **quantitative** est **discrète (discontinue)** si elle ne peut prendre que des valeurs isolées, généralement entières, appartenant à un certain intervalle. Valeurs issues d'un dénombrement.
  - ▣ Nombre d'enfants : 0, 1, 2, etc.
  - ▣ Age civil d'un individu (convention...)
- Une variable **quantitative** est **continue** si elle est susceptible de prendre toute valeur dans un certain intervalle. Valeurs issues d'une mesure.
  - ▣ Poids, taille, distance, âge réel, etc.
  - ▣ La mesure d'une variable continue est toujours une approximation discrète (poids d'un nouveau-né : 3335g)





# Codage numérique 1 / 2

- **Codage numérique d'une variable nominale**
  - Pour faciliter le traitement informatique des données, il peut arriver que l'on désigne les différentes modalités d'une variable nominale par un code numérique.
    - Exemple : Statut marital non spécifié : 0 ; Marié : 1 ; Divorcé : 2 ; Veuf : 3
  - Ce codage ne modifie en rien la nature qualitative de la variable.





# Codage numérique 2/2

- **Codage numérique d'une variable ordinale**
  - Il est courant de désigner les modalités d'une variable ordinale par un nombre (ou score).
  - Il ne faut pas oublier que ce nombre désigne non pas une quantité objectivable (mesurable) mais un rang, un degré, un niveau sur une échelle de graduation donnée.
  - Cependant ce nombre est moins arbitraire que dans le cas précédent, car il représente un rang dans une progression (croissante ou décroissante).
  - Dans certains cas, l'absence de la caractéristique ou bien le niveau le plus bas est codé par un 0





# Discrétisation variable continue

- Synonymes : découper en classes, partitionner
- Discrétiser c'est regrouper en classes, de manière pas trop arbitraire, des données quantitatives
- Il n'y a pas de règles universelles, que des solutions empiriques et pragmatiques. 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 (car fonction du découpage)
  - ▣ découpage trop grossier (trop petit nombre de classes) avec une perte d'information et une schématisation extrême





# Biométrie clinique 1 / 5

- Examen clinique
  - Poids (Kg ou g pour les nouveaux-nés)
  - Taille (m ou cm chez les enfants)
  - Périmètre crânien (cm chez les nouveaux-nés)
  - Périmètre abdominal (cm)
  - Pli cutané tricipital (cm)
  - Fréquence cardiaque (battements par minute)
  - Fréquence respiratoire (mouvements par minute)
  - ...





# Biométrie clinique 2a/5

- Tension artérielle
  - ▣ La pression du sang dans les artères est mesurée en millimètres de mercure (mmHg).
  - ▣ Le médecin à l'aide de son stéthoscope relève deux valeurs :
    - Le premier chiffre, le plus élevé reflète la pression artérielle systolique (PAS), c'est la valeur de la pression au moment de la contraction ventriculaire
    - Le second chiffre, le plus bas, correspond à la pression diastolique (PAD) c'est la valeur de la pression au moment de la diastole cardiaque, c'est à dire durant la relaxation ventriculaire
  - ▣ Cette méthode avec détection par le médecin des sons de « Korotkoff » est dite méthode auscultatoire.





# Biométrie clinique 2b/5

- Tension artérielle (2)
  - L'étalonnage de l'instrument se fait avec un manomètre étalon sans aucune difficulté
  - La détection est liée à la qualité d'écoute du médecin
  - Les médecins arrondissent les résultats et les expriment en cmHg, par exemple 14/8
  - Ce manque de résolution perturbe les études épidémiologiques et empêche de déceler des évolutions lentes au sein des populations
  - Utilisation de tensiomètres « électroniques » avec une résolution de l'affichage en mmHg
    - Méthode oscillométrique : cette technique se fonde sur l'analyse des oscillations de la paroi artérielle. Dans un brassard en surpression les oscillations de la pression sont captées





# Biométrie clinique 3/5

- Tension oculaire
  - ▣ La mesure de la tension intraoculaire est un bon indicateur pour la détection du glaucome
  - ▣ Mais il existe des problèmes d'étalonnage des tonomètres à flux d'air

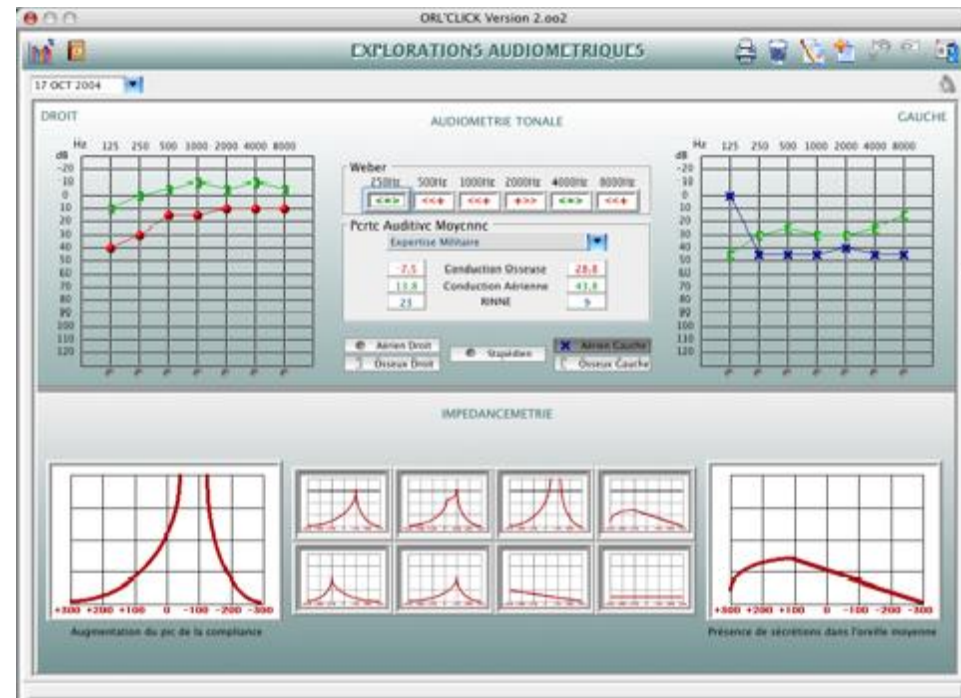




# Biométrie clinique 4/5

## □ 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





# Biométrie clinique 5/5

- Spirométrie
  - ▣ Mesure des volumes pulmonaires et des débits ventilatoires au cours de mouvements respiratoires
    - Spirométrie lente (CV et courbe volume-temps)
    - Spirométrie forcée (VEMS et courbe débit-volume)
  - ▣ Examen simple et difficile
    - Dont la reproductibilité dépend de l'exactitude des appareils utilisés, des compétences de l'opérateur et de la participation active et volontaire du patient
    - Interprétation de la « normalité » des paramètres ventilatoires





# Biométrie biologique 1 / 2

- Analyses de biologie médicale
- Liquides biologiques : sang, urines, fèces, liquide céphalo-rachidien, liquide intra-articulaire
- Hématologie
  - Numération et formule sanguine (NFS)
- Chimie analytique
  - Natrémie (sodium)
  - Kaliémie (potassium)
- Troubles lipidiques
  - Cholestérolémie (C-LDL, C-HDL)
  - Triglycéridémie
- Diabète :
  - Glycémie (glucose)
  - Hémoglobine glyquée HbA1c





# Biométrie biologique 2/2

- Insuffisance rénale : Créatininémie
- Marqueur cardiaque (IDM) : Troponine
- Marqueurs tumoraux (prostate) : PSA
- Processus inflammatoire : Protéine C-réactive
- Techniques de biologie moléculaire : techniques de PCR (polymerase chain reaction) sont des méthodes d'amplification génétique in vitro.
  - Détection du VIH et des hépatites
  - Les résultats résultats d'une PCR quantitative sont exprimées dans 3 unités équivalentes : xxx copies/ml de sang = xx UI (unités internationales)/ml de sang = x logs
    - EXEMPLE : une charge virale de 12 000 copies/ml s'exprime en log de la façon suivante :  $12\ 000 \text{ copies} = \log(2 \times 6 \times 1000) = \log 2 + \log 6 + \log 1000 = 0,3 + 0,78 + 3 = 4,08 \text{ logs}$
  - le rapport de laboratoire donne la conversion d'UI/mL en copies/mL





# Biométrie composite 1 / 2

## □ Indices cliniques

### ▣ Indice de masse corporelle (IMC)

■ Rapport Poids (en Kg) / Taille (cm) 2

### ▣ Indice de Karnofsky : échelle pour évaluer la dépendance

Description simple	%	Critères
Peut mener une activité normale Pas de prise en charge particulière	100 %	Etat général normal – Pas de plaintes, ni de signes de maladie
	90 %	Activité normale – Symptômes mineurs – Signes mineurs de maladie
	80 %	Activité normale avec difficultés – Symptômes de la maladie
Incapable de travailler Séjour possible à la maison Soins personnels possibles	70 %	Capable de s'occuper de lui-même – Incapable de travailler normalement
	60 %	Nécessite une aide occasionnelle, mais peut prendre en charge la plupart de ses soins personnels
	50 %	Besoin constant d'une assistance avec des soins médicaux fréquents
Incapable de s'occuper de lui-même Soins institutionnels souhaitables	40 %	Handicapé, nécessite une aide et des soins particuliers
	30 %	Sévèrement handicapé, l'hospitalisation est indiquée – Pas de risque imminent de mort
	20 %	Très invalide – Hospitalisation nécessaire – Nécessite un traitement de soutien actif
Etats terminaux	10 %	Moribond, processus fatal évoluant rapidement
	0 %	Décédé





# Biométrie composite 2/2

## □ Indices biologiques

### ■ INR (International Normalized Ratio) – Temps de Quick

- le temps de Quick est le temps nécessaire à la coagulation du plasma traité dans certaines conditions
- INR est rapport entre le temps du malade sur celui du témoin (dans des conditions bien définies)
- dosage fréquemment utilisé pour la surveillance thérapeutique des patients traités par anti-vitamine K (anti-coagulant)

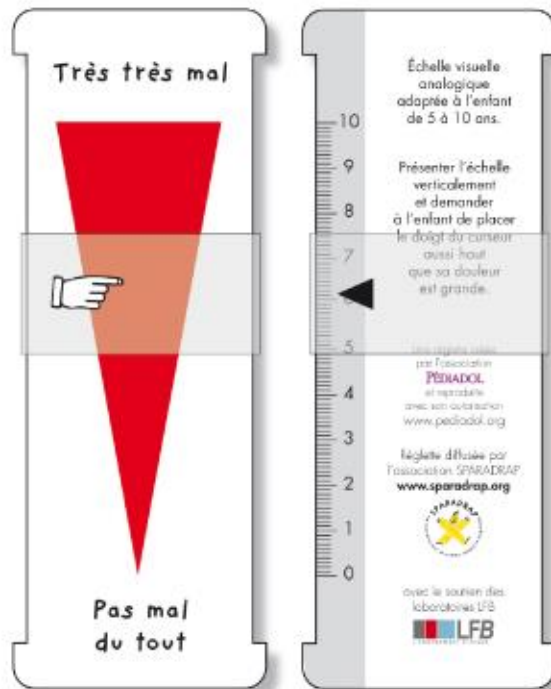


# Exercices





# Exercice 1



© Association SPARADRAP

Chez les enfants comme chez les adultes, l'évaluation de l'intensité de la douleur utilise une échelle visuelle analogique (EVA). Le patient indique son ressenti sur la face dessinée. Le praticien lit sur l'autre face, la correspondance numérique sur une règle graduée en cm et allant de 0 à 10 cm. La graduation la plus fine est le mm. Quelles sont les propriétés de cette mesure ?

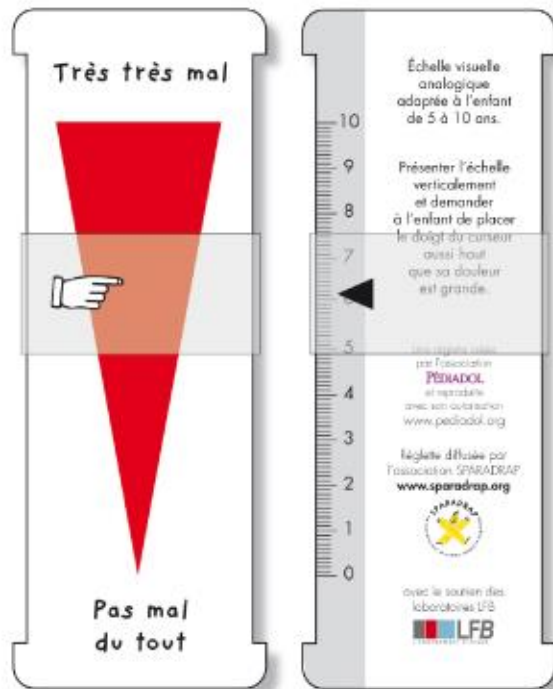
1. Echelle nominale
2. Echelle ordinale
3. Zéro absolu
4. Zéro arbitraire
5. Variable continue

A : 1,3 B : 2,4 C : 3,5 D : 2 E : 4





# Exercice 1



© Association SPARADRAP

Chez les enfants comme chez les adultes, l'évaluation de l'intensité de la douleur utilise une échelle visuelle analogique (EVA). Le patient indique son ressenti sur la face dessinée. Le praticien lit sur l'autre face, la correspondance numérique sur une règle graduée en cm et allant de 0 à 10 cm. La graduation la plus fine est le mm. Quelles sont les propriétés de cette mesure ?

1. Echelle nominale
2. Echelle ordinale
3. Zéro absolu
4. Zéro arbitraire
5. Variable continue

A : 1,3 B : 2,4 C : 3,5 **D : 2** E : 4





# Exercice 2

La version 41 du questionnaire Qualeffo d'auto-évaluation de la qualité de vie comporte plusieurs questions concernant l'évaluation de la douleur. Une de ces questions est la suivante :

Combien de fois avez-vous eu mal au dos au cours de la dernière semaine ?

- jamais
- un jour par semaine au moins
- 2-3 jours par semaine
- 4-6 jours par semaine
- tous les jours

Quel(s) codage(s) numérique(s) le(s) plus pertinent(s) peut-on proposer pour cette variable (la succession des nombres respecte l'ordre des items de la question) ?

- A. 0 ; 1 ; 2 ; 3 ; 4
- B. 0 ; 10 ; 20 ; 30 ; 40
- C. 10 ; 20 ; 25 ; 35 ; 50
- D. 0 ; 5 ; 10 ; 15 ; 20
- E. 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5





# Exercice 2

La version 41 du questionnaire Qualeffo d'auto-évaluation de la qualité de vie comporte plusieurs questions concernant l'évaluation de la douleur. Une de ces questions est la suivante :

*Combien de fois avez-vous eu mal au dos au cours de la dernière semaine ?*

- jamais*
- un jour par semaine au moins*
- 2-3 jours par semaine*
- 4-6 jours par semaine*
- tous les jours*

Quel(s) codage(s) numérique(s) le(s) plus pertinent(s) peut-on proposer pour cette variable (la succession des nombres respecte l'ordre des items de la question) ?

- A. **0** ; 1 ; 2 ; 3 ; 4
- B. 0 ; 10 ; 20 ; 30 ; 40
- C. 10 ; 20 ; 25 ; 35 ; 50
- D. 0 ; 5 ; 10 ; 15 ; 20
- E. 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5

**A**

Pour les variables ordinales, il existe une relation d'ordre entre les modalités, mais la différence entre deux modalités successives n'est pas quantifiable, elle correspond toujours à l'unité. Le 0 signifie l'absence d'expression de la caractéristique.





# Exercice 3

Parmi les associations suivantes, indiquez celles qui sont exactes :

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| a. Glycémie                                  | 1. Variable quantitative discrète |
| b. Survenue ou non d'une maladie             | 2. Variable quantitative continue |
| c. Nombre de métastases d'une tumeur         | 3. Variable à échelle nominale    |
| d. Satisfaction du malade (0;+;++;+++)       | 4. Variable dichotomique          |
| e. Auto-évaluation de la douleur (de 0 à 10) | 5. Variable à échelle ordinale    |

A : a2, b3, b4, c1, d5, e5

B : a1, b3, b4, c1, d3, e1

C : a2, b4, c1, d5, e5

D : a2, b3, c1, d3, e5

E : a1, b3, b4, c2, d5, e2





# Exercice 3

Parmi les associations suivantes, indiquez celles qui sont exactes :

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| a. Glycémie                                  | 1. Variable quantitative discrète |
| b. Survenue ou non d'une maladie             | 2. Variable quantitative continue |
| c. Nombre de métastases d'une tumeur         | 3. Variable à échelle nominale    |
| d. Satisfaction du malade (0;+;++;+++)       | 4. Variable dichotomique          |
| e. Auto-évaluation de la douleur (de 0 à 10) | 5. Variable à échelle ordinale    |

**A : a2, b3, b4, c1, d5, e5**

B : a1, b3, b4, c1, d3, e1

C : a2, b4, c1, d5, e5

D : a2, b3, c1, d3, e5

E : a1, b3, b4, c2, d5, e2





# Exercice 4

Parmi les propositions suivantes, la(les)quelle(s) est(sont) exacte(s) ?

- A. Le taux de glucose dans le sang est une variable quantitative continue
- B. Le taux de glucose dans le sang partitionné en moins de 1 g/L et plus de 1 g/L est une variable quantitative discrète
- C. Le nombre de grossesses est une variable qualitative ordinale
- D. L'intensité de la douleur mesurée sur l'échelle suivante : 0 = pas de douleur ; + = douleur minime ; ++ = douleur moyenne ; +++ = douleur intense, est une variable qualitative ordinale
- E. L'intensité de la douleur mesurée sur l'échelle suivante : 0 = pas de douleur ; 1 = douleur minime ; 2 = douleur moyenne ; 3 = douleur intense, est une variable quantitative discrète





# Exercice 4

Parmi les propositions suivantes, la(les)quelle(s) est(sont) exacte(s) ?

- A. Le taux de glucose dans le sang est une variable quantitative continue
- B. Le taux de glucose dans le sang partitionné en moins de 1 g/L et plus de 1 g/L est une variable quantitative discrète
- C. Le nombre de grossesses est une variable qualitative ordinale
- D. L'intensité de la douleur mesurée sur l'échelle suivante : 0 = pas de douleur ; + = douleur minime ; ++ = douleur moyenne ; +++ = douleur intense, est une variable qualitative ordinale
- E. L'intensité de la douleur mesurée sur l'échelle suivante : 0 = pas de douleur ; 1 = douleur minime ; 2 = douleur moyenne ; 3 = douleur intense, est une variable quantitative discrète

**A,D**





# Exercice 5

Les grandeurs des unités de base du système d'unités internationales sont :

- A. Longueur
- B. Masse
- C. Temps
- D. Volume
- E. Intensité électrique





# Exercice 5

Les grandeurs des unités de base du système d'unités internationales sont :

- A. **Longueur**
- B. **Masse**
- C. **Temps**
- D. ~~Volume~~
- E. **Intensité électrique**

*Le volume ( $m^3$ ) est une unité dérivée*





# Sources - Crédits

- Decruynaere C, Plaghki L. Mesurer la douleur : les apports de l'analyse de Rasch. *Doul. et Analg.* 2007;2:85–90
- Cornélis André, Gertsmans André (2004). Combien de chiffres après la virgule ? [http://www2.ulg.ac.be/sciences/pedagogique/dossierpds2004/dossier\\_signif.pdf](http://www2.ulg.ac.be/sciences/pedagogique/dossierpds2004/dossier_signif.pdf)
- Groupe des Sciences physiques et chimiques de l'IGEN (2010). Nombres, mesures et incertitudes. MEN/DGESCO. [http://media.eduscol.education.fr/file/PC/66/3/Ressources\\_PC\\_nombres\\_mesures\\_incertaines\\_144663.pdf](http://media.eduscol.education.fr/file/PC/66/3/Ressources_PC_nombres_mesures_incertaines_144663.pdf)
- Institut National de Métrologie – CNAM. Présentation du kilogramme étalon. [http://inm.cnam.fr/jsp/fiche\\_pagelibre.jsp?CODE=47289861&LANGUE=0&STNAV=&RUBNAV=](http://inm.cnam.fr/jsp/fiche_pagelibre.jsp?CODE=47289861&LANGUE=0&STNAV=&RUBNAV=)
- Fiesher Marc (2010) Métrologie appliquée dans un laboratoire du secteur de la santé.
- Le Gall Jean (1938). La biométrie dans ses applications à l'industrie des pêches maritimes. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 11(1), 45-51.
- Lerais I, Durant ML, Gardella F, Hofliger Ph, Pradier C, Giordanengo V, Bevançon F. Enquête sur les connaissances, opinions et comportements des lycéens autour des Human Papilloma Virus (HPV), France, Alpes-Maritimes, 2009. *BEH* 2010;11. [http://www.invs.sante.fr/beh/2010/11/beh\\_11\\_2010.pdf](http://www.invs.sante.fr/beh/2010/11/beh_11_2010.pdf)
- Priel Marc (2010) La métrologie peut-elle être utile à la santé ? Apports des concepts de base de la métrologie à la biologie médicale. Laboratoire national de métrologie et d'essais. *Prospective 2100 – Métrologie et santé*
- Sabot Thierry (2000). Les poids et mesures sous l'Ancien Régime. Les principales unités. <http://www.histoire-genealogie.com/spip.php?article396>
- Score d'Apgar. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Score\\_d'Apgar](http://fr.wikipedia.org/wiki/Score_d'Apgar)
- Sherrer Bruno (1984). *Biostatistique*. 1<sup>ère</sup> édition Montréal : Gaëtan Morin Editeur. 850 pages
- Visa Frédéric. Système international d'unités. [http://www.cours-genie-civil.com/IMG/pdf/01.systeme\\_international\\_d\\_unites.pdf](http://www.cours-genie-civil.com/IMG/pdf/01.systeme_international_d_unites.pdf)
- [http://www.metas.ch/root\\_legnet/Web/Dokumentation/Publikationen/Download/Naturkonstanten\\_f.pdf](http://www.metas.ch/root_legnet/Web/Dokumentation/Publikationen/Download/Naturkonstanten_f.pdf)





# Mentions légales

- L'ensemble de ce document relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle.
- Tous les droits de reproduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.
- Ce document est interdit à la vente ou à la location par un tiers autre que l'Université Côte d'Azur.
- La diffusion, la duplication, la mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), la mise en réseau, de tout ou partie de ce document, sont strictement réservées à l'Université Côte d'Azur.
- L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits aux cours et au tutorat organisés par l'UFR de Médecine de l'Université Côte d'Azur, et non destinée à toute autre utilisation privée ou collective, gratuite ou payante.

