



# Jeux olym'tut

BIOSTATISTIQUE

---

Introduction à la métrologie  
et à la biométrie



# Sommaire



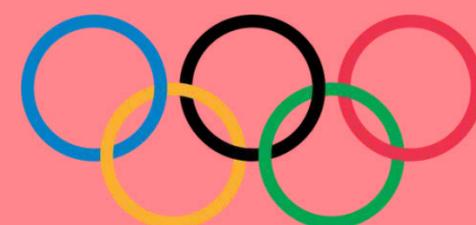
**I**

**Définition,  
Grandeurs et  
unité**



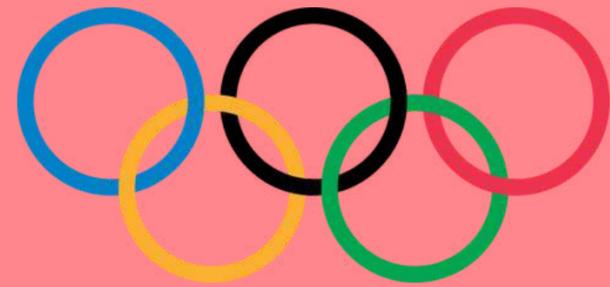
**II**

**Erreurs et  
incertitudes,  
fidélité et  
justesse**



**III**

**Variable,  
codage et  
biométrie**



I

**Définition,  
Grandeurs et  
unité**

# I

## Définition

**Métrologie** : science de la mesure

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

**Mesurer** : comparer une grandeur inconnue à une référence (de même nature, prise pour unité) dont la traçabilité est établie. Il faut avoir une référence, un étalon qui soit fiable.

**Mesure** : valeur numérique accompagnée de son unité, placée à droite.

**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.

# I

## Grandeur et unité

**Grandeur physique** : attribut susceptible d'être distingué qualitativement et déterminé quantitativement = repérable et mesurable. *Ex : pression, température.*

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

# I

## Grandeur et unité

En 1960, le système international (SI) d'unités s'instaure et remplace tous les systèmes précédents. Les unités d'usage ont été ramenées à 7 unités de base, qui sont théoriquement **indépendantes** les unes des autres.

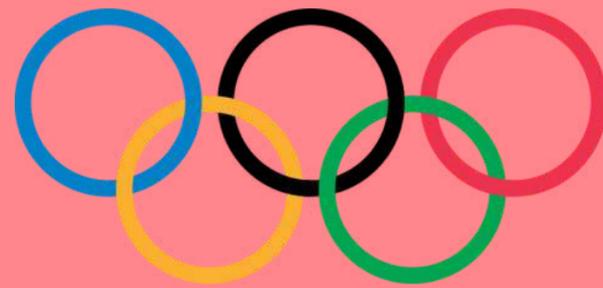
| GRANDEUR            | UNITÉ      |
|---------------------|------------|
| Longueur            | Mètre      |
| Masse               | Kilogramme |
| Temps               | Seconde    |
| Courant électrique  | Ampère     |
| Température         | Kelvin     |
| Quantité de matière | Mole       |
| Intensité lumineuse | Candela    |



# I Grandeur et unité

De ces unités de base dérivent des unités dites "dérivées", qui sont des combinaisons de celles de base.

| Grandeur              | Unité   | Symbol <sup>e</sup>        | 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                          | <u><math>\text{A}\cdot\text{s}</math></u>              |
| Potentiel électrique  | Volt    | V                          | $\text{kg}\cdot\text{m}^2/(\text{A}\cdot\text{s}^3)$   |
| Résistance électrique | Ohm     | <u><math>\Omega</math></u> | $\text{kg}\cdot\text{m}^2/(\text{A}^2\cdot\text{s}^3)$ |
| 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                          | $\text{kg}\cdot\text{m}^2/(\text{s}^2\cdot\text{A}^2)$ |



# II

**Erreurs et  
incertitudes,  
fidélité et  
justesse**

# II

## Incertitude

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

**X = valeur vraie ; x = valeur lue, mesurée ; dx = incertitude de x**

L'incertitude peut être due à la mesure, elle permet de quantifier la qualité d'un résultat (une petite incertitude garantit un résultat précis). Elle certifie la fiabilité du résultat.

# II

## Erreurs

**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.

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

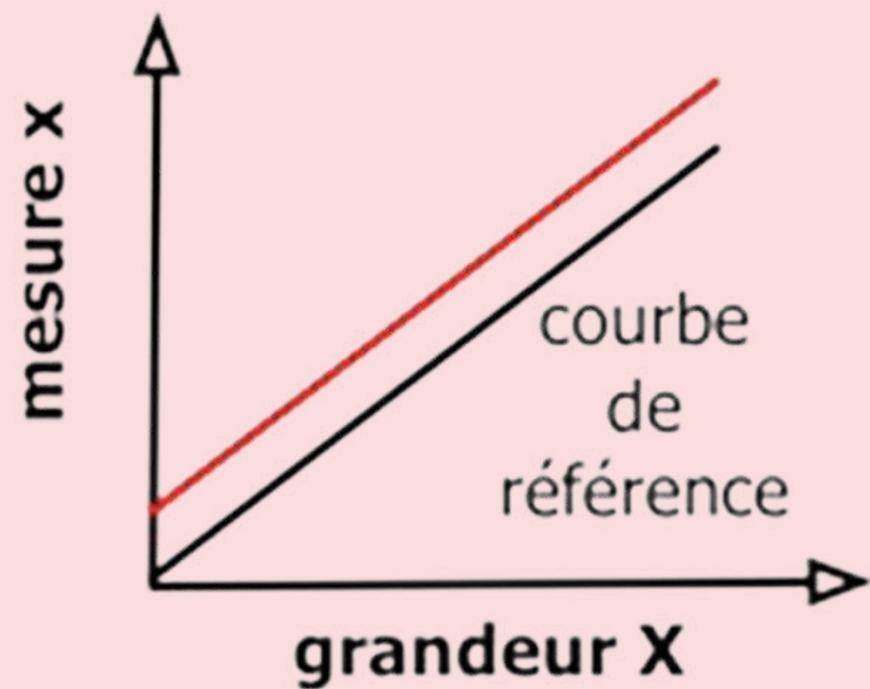
# II

## Erreurs

**Erreurs systématiques (ou biais) :** erreurs reproductibles, reliées à leur cause par une loi physique, susceptibles d'être éliminées (correction par un calcul approprié).

**Erreurs aléatoires :** erreurs non reproductibles, qui obéissent à des lois statistiques (hasard).

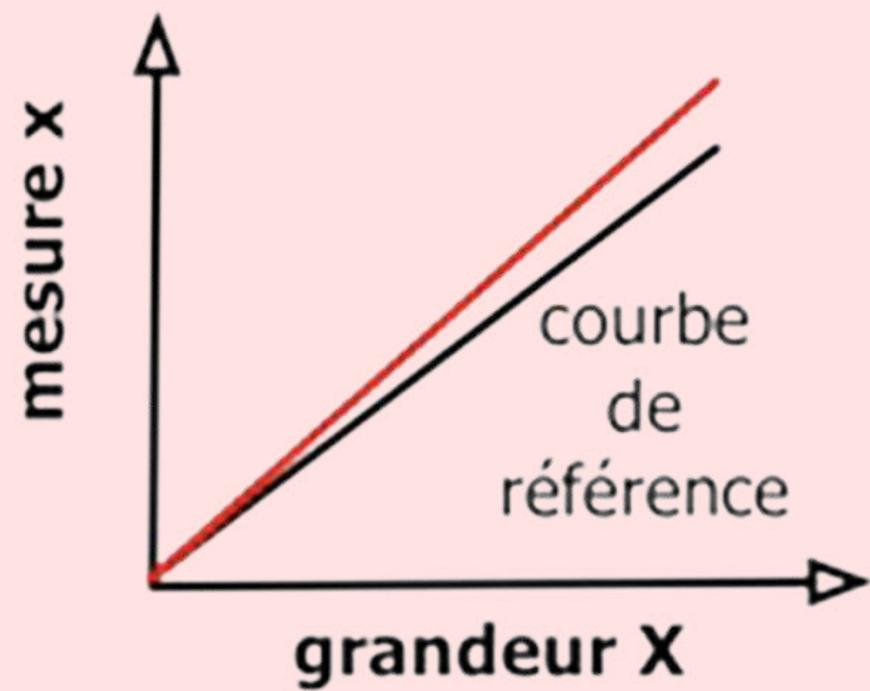
**Erreurs accidentelles :** erreurs dues à une fausse manœuvre, à un mauvais emploi ou à un dysfonctionnement de l'appareil. Elles ne sont pas prises en compte lors de la détermination de la mesure.



## Erreur de zéro (offset)

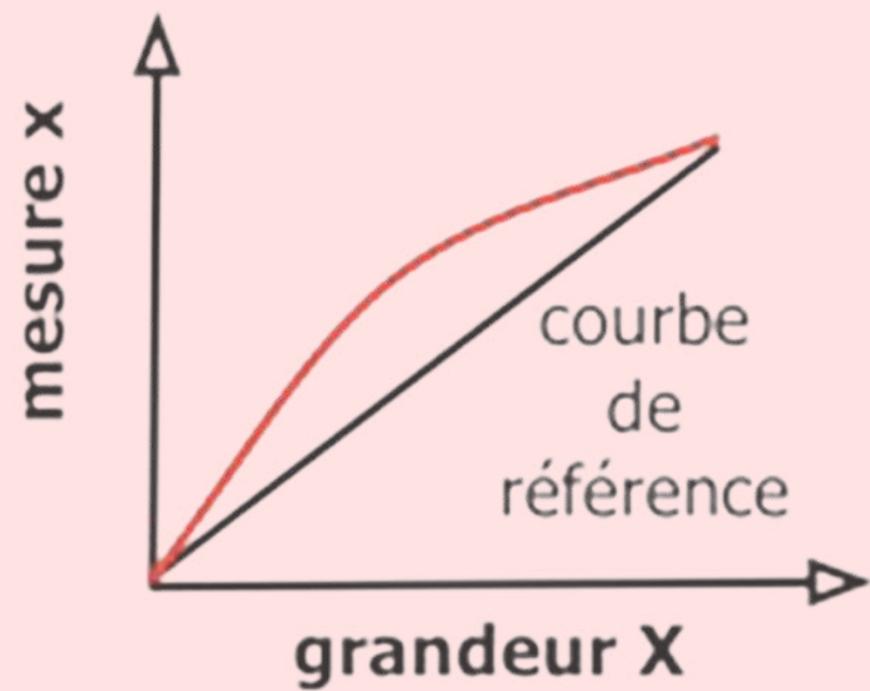
∝ Ne dépend pas de la valeur de la grandeur mesurée

∝ Erreur de zéro = valeur de  $x$  quand  $X=0$



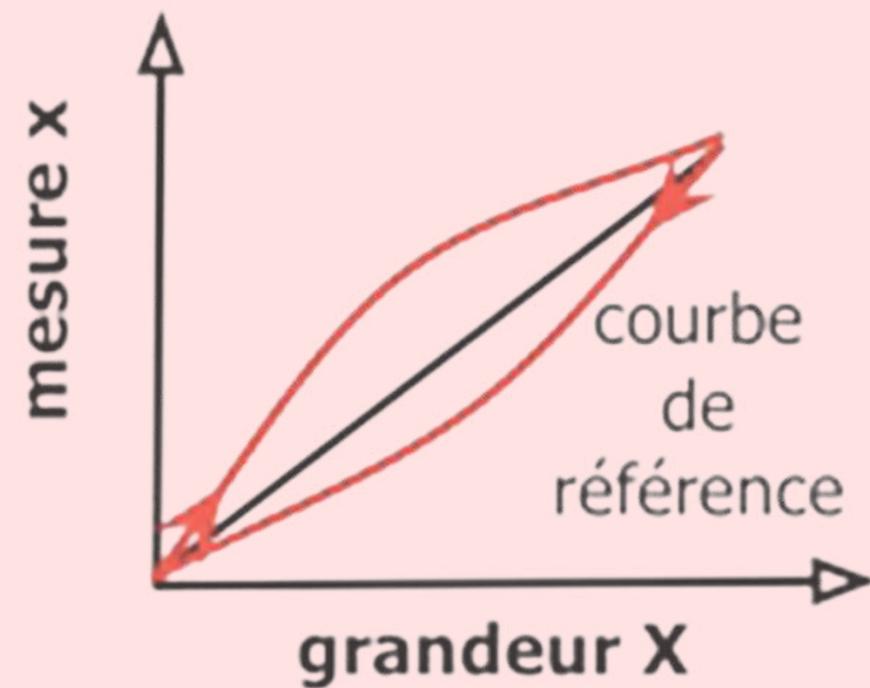
## **Erreur d'échelle (gain)**

∝ Dépend de façon linéaire de la valeur de la grandeur mesurée



## Erreur de linéarité

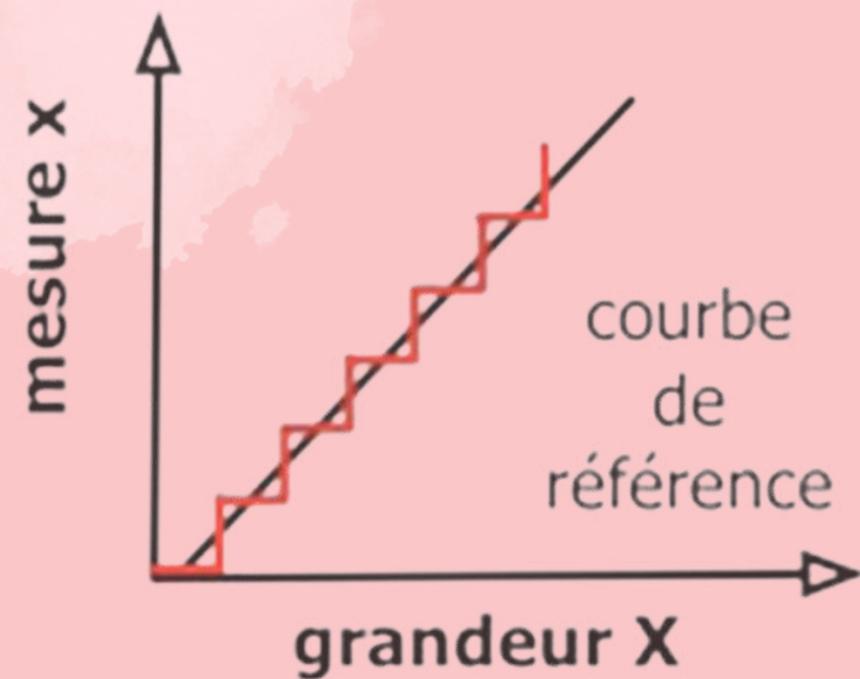
∝ La caractéristique n'est pas une droite



## 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



## Erreur de mobilité

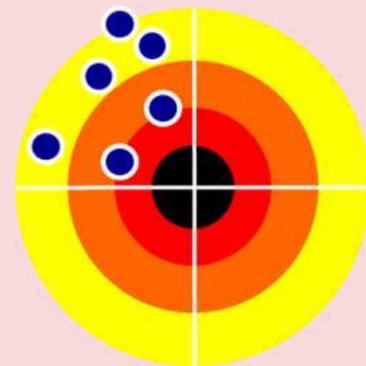
∝ La caractéristique est en escalier. Cette erreur est souvent due à une numérisation du signal (discrétisation d'une valeur continue en classes)

# II

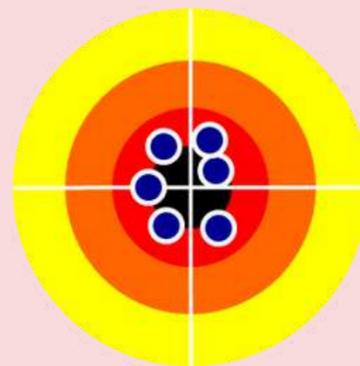
## Fidélité et justesse

**Fidélité** : étroitesse entre une série de mesures et la moyenne des valeurs. Donne une indication sur les erreurs aléatoires.

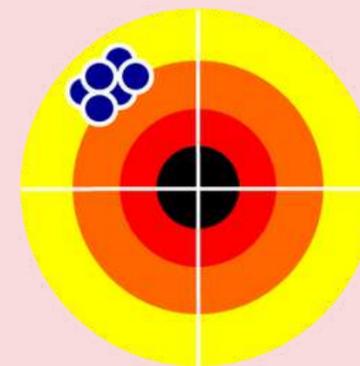
**Justesse** : étroitesse entre la valeur trouvée et la valeur de référence. Donne une indication sur les erreurs systématiques.



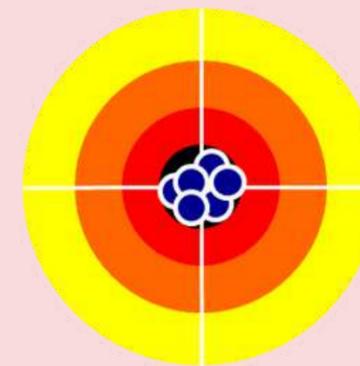
pas fidèle  
et  
pas juste :  
**imprécis**



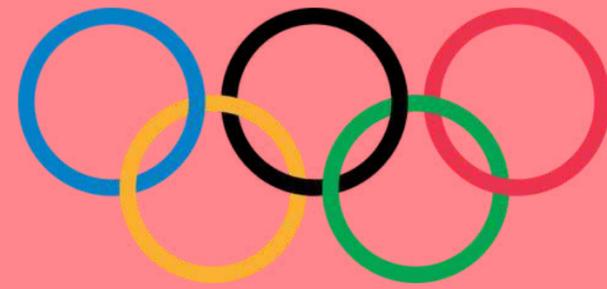
pas fidèle  
mais  
juste



fidèle  
mais  
pas juste



fidèle  
et  
juste :  
**précis**



# III

**Variable,  
codage et  
biométrie**

# III

## Variables

### VARIABLE QUANTITATIVE

-Mesurée ou dénombrée  
Ex : taille, poids, nombre de cigarettes fumées par jour, ...

### VARIABLE QUALITATIVE

-Ne peut être mesurée, mais susceptible de classement  
-Binaire (oui/non) ou Multiple  
-Non ordonnée (ex : statut marital) ou ordonnée (ex : gravité d'une maladie)

# III

## Variables

Parmi les variables **quantitatives**, on retrouve :

### Par intervalle

- Il existe une valeur nulle arbitraire.
- La distance qui sépare 2 catégories est connue.

Ex : température mesurée en °C

### Relative

- Le zéro n'est pas arbitraire et signifie l'absence ou la nullité.
- Il existe une égalité d'intervalles et de rapports.

Ex : température mesurée en Kelvin

# III

## Variables

**DISCRÈTE (discontinue)** : ne prend que des valeurs isolées, généralement entières, appartenant à un certain intervalle. Valeurs issues d'un dénombrement. *Ex : nombre d'enfants, âge civil*

**CONTINUE** : susceptible de prendre toute valeur dans un certain intervalle. Valeurs issues d'une mesure. *Ex : poids, taille, distance, âge réel*

# III

## Variables

Parmi les variables **qualitatives**, on retrouve :

### NOMINALE

-Les Catégories sont collectivement exhaustives et mutuellement exclusives. *En gros, chaque personne peut être classé mais que dans une seule catégorie*

-L'ordre et les distances entre les catégories sont ignorés Ex : homme / femme ou Célibataire/marié/pacsé

Ex : homme / femme

### ORDINALE

-Les valeurs sont classées en rang ou ordonnées selon un critère connu.

-La distance existant entre 2 catégories adjacentes n'est pas connue et peut varier d'une paire de catégories à l'autre.

Ex : degré de douleur (pas mal / mal / très mal),  
score d'Apgar (= état initial d'un nouveau-né)

# III

## Codage

**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 ni **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 classes) → l'effectif de chaque classe et la répartition est trop **aléatoire**.

*Ex : discrétisation de l'âge des individus en classe d'âge : 1) 0-2ans ; 2) 2-6ans ; ...*

# III

## Codage

**Variable nominale** → le codage permet de faciliter le traitement informatique des données, mais il ne **modifie pas** la nature qualitative de la variable. +++

*Ex : 0 = homme ; 1 = femme*

# III

## Codage

**Variable ordinale** → le codage permet de désigner la variable par un nombre ou un score, qui définit un **rang/degré/niveau**, et non pas une quantité objectivable. Ce nombre est moins arbitraire, car il montre une progression. En général, l'absence de caractéristique ou le niveau le plus bas est codé par un 0.

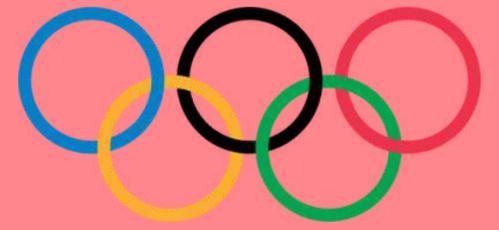
*Ex : satisfaction : 0=non satisfait, 1=satisfait, 2=très satisfait*

# III

## Biométrie

**Il existe 3 grandes biométries :**

- La biométrie clinique : l'échelle de l'individu (*examen clinique, tension artérielle, tension oculaire...*)
- La biométrie biologique : Plus petite échelle : cellule, molécule, etc..  
(*liquides biologiques : sang, urines, fèces et hématologie*)
- La biométrie composite : Indices cliniques : IMC, Indice de Karnofsky  
Indices biologiques : Temps de Quick



QRU

## QRU 1

Parmi les réponses suivantes, indiquez la proposition exacte :

- A) Le nombre d'humain sur terre est une variable quantitative continue
- B) Le Celsius est l'unité internationale pour la température
- C) le codage permet de faciliter le traitement informatique des données en modifiant la nature qualitative des variables nominales
- D) L'erreur relative s'exprime dans l'unité de la mesure
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

## QRU 1

## E

Parmi les réponses suivantes, indiquez la proposition exacte :

- A) Le nombre d'humain sur terre est une variable quantitative continue **discrète**
- B) Le ~~Celsius~~ **Kelvin** est l'unité internationale pour la température
- C) le codage permet de faciliter le traitement informatique des données ~~en modifiant~~ **sans modifier** la nature qualitative des variables nominales
- D) L'erreur relative s'exprime dans l'unité de la mesure ~~en %~~
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses**

## QRU 2

Parmi les réponses suivantes, indiquez la proposition exacte :

- A) Les erreurs accidentelles sont des erreurs non reproductibles, qui obéissent à des lois statistiques (hasard).
- B) On retrouve dans la biométrie clinique des indices tels que l'IMC
- C) La justesse donne une indication sur les erreurs systématiques
- D) La fidélité donne une indication sur les erreurs accidentelles
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

## QRU 2



Parmi les réponses suivantes, indiquez la proposition exacte :

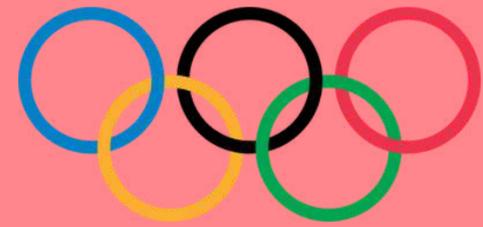
A) Les erreurs ~~accidentelles~~ **Aléatoire** sont des erreurs non reproductibles, qui obéissent à des lois statistiques (hasard).

B) On retrouve dans la biométrie ~~clinique~~ **composite** des indices tels que l'IMC

**C) La justesse donne une indication sur les erreurs systématiques**

D) La fidélité donne une indication sur les erreurs ~~accidentelles~~ **aléatoire**

E) Les propositions A, B, C et D sont fausses



# Jeux

Classez les différentes variables

**Degré de fatigue auto rapporté - sexe d'un individu - nationalité - distance parcourue - nombre de bonne réponse à un examen - classement à un examen - nombre de lit dans un hôpital**

**Variables  
qualitatives  
nominales**

**Variables  
qualitatives  
ordinales**

**Variables  
quantitatives  
discrètes**

**Variables  
quantitatives  
continues**