



INTRODUCTION À LA MÉTROLOGIE ET À LA BIOMÉTRIE

PACES - UE4 - BIOSTATISTIQUES - TTR - Cours n°1 - Pr. Staccini

Plan du cours

2

Introduction

I. Définitions

II. Grandeurs et unités

- A. Unités de base
- B. Préfixes

III. Incertitudes et erreurs de mesure

- A. Incertitudes
- B. Erreurs de mesure
- C. Caractéristiques

IV. Présentation des résultats

- A. Notation scientifique
- B. Arrondis

V. Éléments de biométrie

- A. Types de caractères
- B. Classification des variables
- C. Variables quantitatives
- D. Codage numérique

QRU

Introduction

3

- En médecine, les décisions sont prises à partir de plusieurs sources d'information : écoute du patient, constats du médecin, résultats de mesures et d'analyses biologiques.
- Durant l'examen physique du patient, le clinicien et ses 5 sens font office de méthode et d'outil de mesure.

I. DÉFINITIONS

4

- BIOMÉTRIE = mesure des phénomènes biologiques pour l'étude quantitative et/ou qualitative des êtres vivants
- MESURER = comparer une grandeur inconnue à une référence dont la traçabilité est établie
 - Il faut disposer d'une référence (un étalon).
 - Il faut assurer la traçabilité avec des unités de référence (généralement le SI).

- GRANDEUR PHYSIQUE = attribut susceptible d'être distingué qualitativement et déterminé quantitativement = attribut repérable et mesurable
 - *ex: pression, température*
 - Les grandeurs comparables forment des ensembles : masses, longueurs,...
- UNITÉ = grandeur particulière choisie comme référence à laquelle toutes les autres sont comparées
 - Chaque unité est nommée, et un symbole lui est attribué.
 - *ex: longueurs mesurées en les comparant au mètre*

- MESURE = valeur numérique accompagnée de son unité (placée à droite)

→ 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 ++

$$\text{MESURE} = \text{VALEUR} * \text{UNITÉ}$$

- MESURAGE = ensemble des opérations ayant pour but de déterminer la valeur d'une grandeur physique
- ÉTALONNAGE = ensemble des opérations établissant, dans des conditions spécifiées, la relation entre la qté indiquée par un appareil ou un système de mesure et la valeur vraie de la variable mesurée, réalisée par des étalons

II. GRANDEURS & UNITÉS

7

En 1960, le SI (système international) d'unités s'instaure et remplace tous les systèmes précédents.

Les unités en usage sont ramenées à des fonctions de **7 unités de base**, théoriquement **indépendantes** les unes des autres.

Les autres unités du SI sont appelées « unités dérivées ».

A. Unités de base

8

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 (m)
Intensité lumineuse (I)	Candela (cd)

B. Préfixes : multiples et sous-multiples

FACTEURS	NOMS	SYMBOLES
10^{24}	Yotta	Y
10^{21}	Zetta	Z
10^{18}	Exa	E
10^{15}	Peta	P
10^{12}	Téra	T
10^9	Giga	G
10^6	Méga	M
10^3	Kilo	k
10^2	Hecto	H
10^1	Déca	da
10^{-1}	Déci	d
10^{-2}	Centi	c
10^{-3}	Milli	m
10^{-6}	Micro	μ
10^{-9}	Nano	n
10^{-12}	Pico	p
10^{-15}	Femto	f
10^{-18}	Atto	a
10^{-21}	Zepto	z
10^{-24}	Yocto	y

III. INCERTITUDES & ERREURS DE MESURE

10

A. Incertitudes

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

X = valeur vraie

x = valeur lue, mesurée

dx = incertitude de x

L'incertitude peut être due à la mesure et permet de quantifier la qualité du résultat, et donner la fiabilité du résultat.

- ERREUR ABSOLUE = différence entre le résultat d'un mesurage et la valeur vraie de la grandeur physique. S'exprime dans l'unité de la mesure.

$$e = |x - X|$$

- ERREUR RELATIVE = rapport entre l'erreur de mesure et la valeur vraie. S'exprime en pourcentage (%).

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

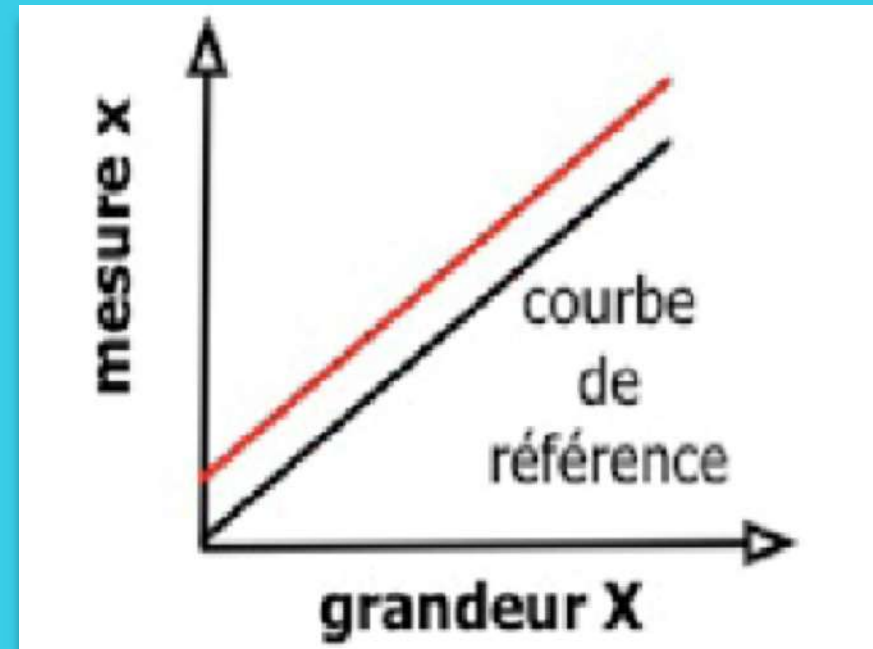
B. Erreurs de mesure

- ☞ **Erreurs SYSTÉMATIQUES ou BIAIS** = erreurs reproductibles, reliées à leur cause par une loi physique, susceptibles d'être éliminées
- ☞ **Erreurs ALÉATOIRES** = erreurs non reproductibles, obéissant à des lois statistiques (= hasard)
- ☞ **Erreurs ACCIDENTELLES** = erreurs dues à une fausse manœuvre, un mauvais emploi, ou un dysfonctionnement de l'appareil
 - non prises en compte lors de la détermination de la mesure
 - il en existe 5

1. Erreurs de zéro (offset)

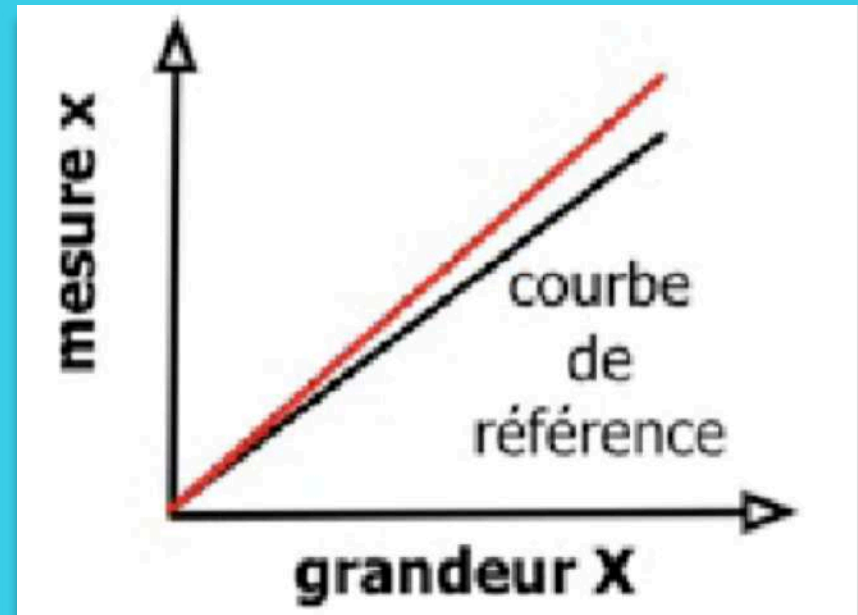
Ne dépend PAS de la
valeur mesurée

$x \neq 0$ alors que $X = 0$



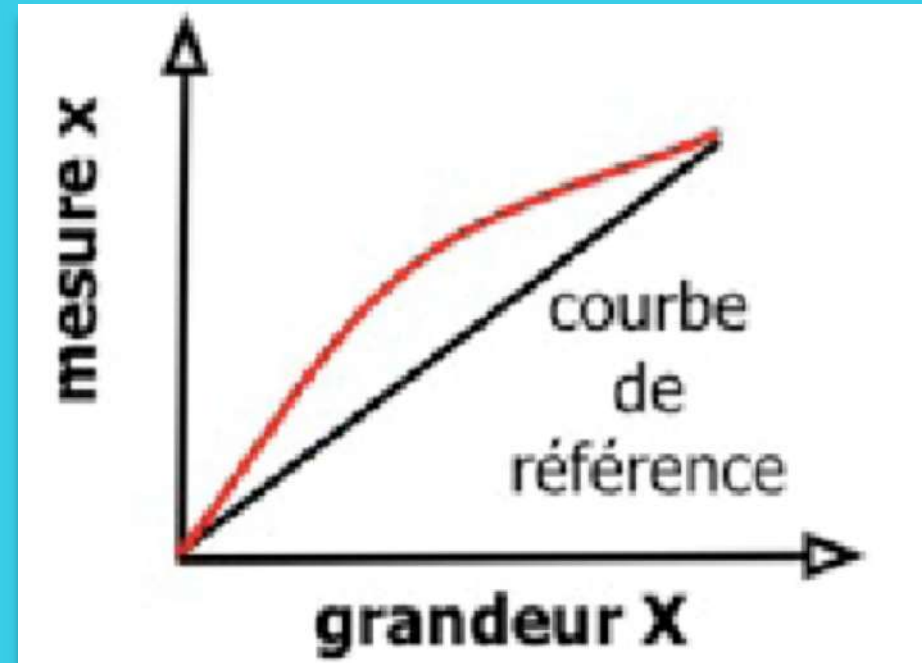
2. Erreurs d'échelle (gain)

Dépend de façon linéaire
de la valeur mesurée



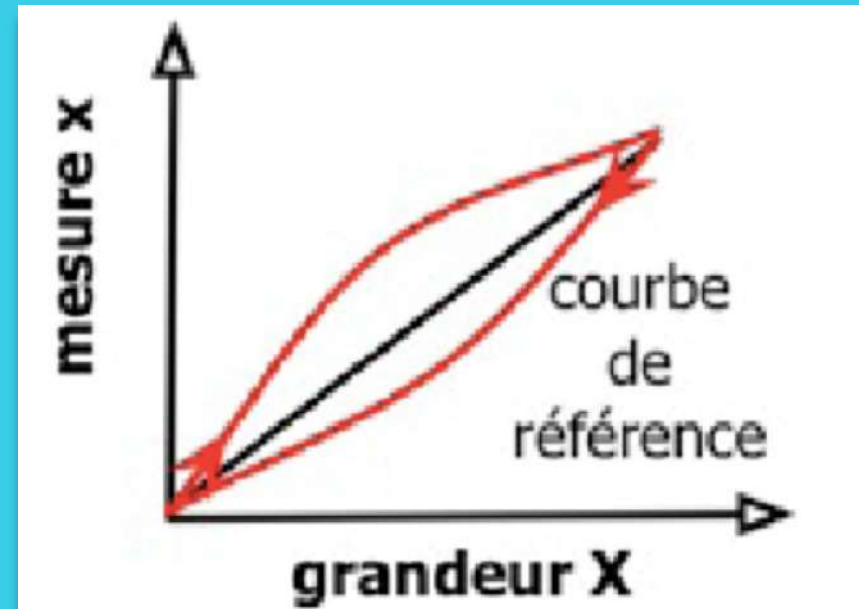
3. Erreurs de linéarité

La caractéristique n'est pas une droite.



4. Erreurs dues au phénomène d'hystérésis

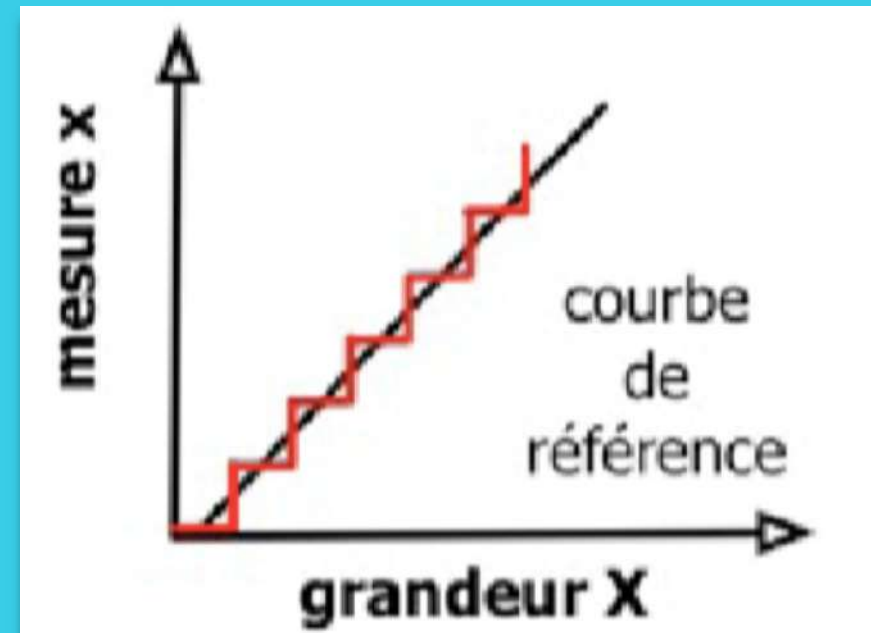
Le résultat de la mesure dépend de la mesure précédente.



5. Erreurs de mobilité

La caractéristique est en escalier.

Souvent due à une numérisation du signal.



B. Caractéristiques lors d'une série de mesures

18

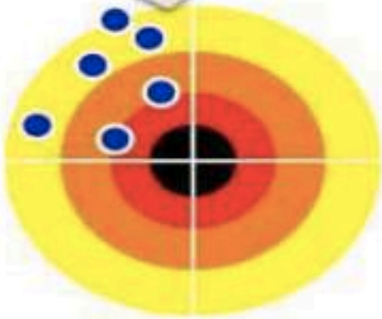
👉 **FIDÉLITÉ** = étroitesse entre une série de mesures et la moyenne des valeurs.

→ Donne une indication sur les erreurs aléatoires.

👉 **JUSTESSE** = étroitesse entre la valeur trouvée et la valeur de référence.

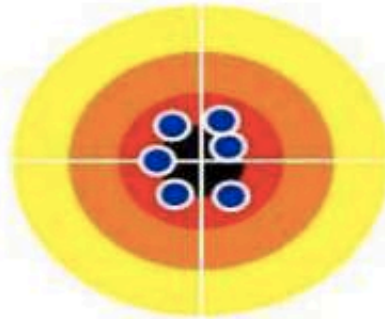
→ Donne une indication sur les erreurs systématiques (biais).

Fidélité : on regarde
les points entre eux

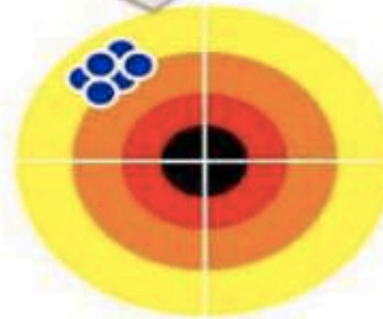


pas fidèle
et
pas juste :
imprécis

Justesse : on regarde
les points avec la
référence



pas fidèle
mais
juste



fidèle
mais
pas juste



fidèle
et
juste :
précis

IV. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

20

A. Notation scientifique

La notation scientifique est la représentation d'un nombre décimal sous la forme d'un produit de 2 facteurs :

- un seul chiffre non nul à gauche de la virgule, avec un nombre variable de décimales après la virgule, qui dépend de la précision
- une puissance entière de 10

La précision du résultat est indiquée par le nombre de chiffres significatifs de la donnée : + il y en a et + c'est précis.

Les 0 à la fin du nombre sont significatifs, mais pas ceux en amont.
Tous les chiffres autre que 0 sont significatifs.

Ex: $0,12 = 2 \text{ CS}$ mais $1,20 = 3 \text{ CS}$

$$324 = 3,24 \cdot 10^2$$

$$0,000456 = 4,56 \cdot 10^{-4}$$

B. Arrondis

22

☞ **Par excès.** *ex: $3,7 \rightarrow 4$*

☞ **Par défaut.** *ex: $2,3 \rightarrow 2$*

☞ **Addition / soustraction** = le résultat ne doit pas avoir + de décimales que la donnée qui en contient le moins. *ex: $1,12 + 1,4 = 2,5$*

☞ **Multiplication / division** = le résultat ne doit pas avoir + de chiffres significatifs que la donnée qui en contient le moins. *ex: $25,42 \times 72,5 = 1,84.10^3$*

☞ **Logarithme** = on conserve autant de chiffres décimaux qu'il y a de chiffres significatifs. *ex: $\log(139) = 2,143$*

☞ **Exponentielle** = on conserve autant de chiffres significatifs qu'il y a de chiffres décimaux. *ex: $10^{-3,972} = 1,06.10^{-4}$*

V. ÉLÉMENTS DE BIOMÉTRIE

23

A. Types de caractères

MORPHOLOGIQUES → Forme des individus	PHYSIOLOGIQUES → Fonctionnement des individus
MÉTRIQUES → mesurables par rapport à une unité déterminée <i>Ex: taille, poids en g, température, ...</i>	MÉTRIQUES → mesurables par rapport à une unité déterminée <i>Ex: dosages sanguins, pression artérielle, spirométrie,...</i>
NUMÉRIQUES → dénombrables <i>Ex: nombre de grains de beauté</i>	APPRÉCIATION NUMÉRIQUE → unité arbitraire <i>Ex: adiposité, calvitie,...</i>

B. Classification des variables

24

VARIABLE QUANTITATIVE	VARIABLE QUALITATIVE
<p>Mesurée ou dénombrée</p> <p><i>Ex : poids, taille, nombre de médicaments pris par jour</i></p>	<p>Ne peut pas être mesurée, mais peut être susceptible de classement.</p> <ul style="list-style-type: none">- Binaire (oui/non)- Multiple• Non ordonnée (<i>statut marital</i>)• Ordonnée (<i>gravité maladie</i>)

VARIABLE QUANTITATIVE	
INTERVALLE	RELATIVE
Valeur nulle arbitraire	Zéro non arbitraire, signifiant l'absence ou la nullité
La distance séparant les catégories est connue	Il existe une égalité d'intervalles et de rapport
<i>Ex: température mesurée en °C</i>	<i>Ex: température mesurée en Kelvin</i>

VARIABLE QUALITATIVE	
NOMINALE (catégorielle)	ORDINALE
Valeurs collectivement exhaustives et mutuellement exclusives	Valeurs classées en rang ou ordonnées selon un critère connu
L'ordre des catégories et les distances existant entre elles sont ignorés. Chaque valeur doit être bien définie.	La distance entre 2 catégories est inconnue et variable d'une paire de catégories à une autre
<i>Ex: homme / femme</i>	<i>Ex: degré de douleur, score d'Apgar</i>

C. Variables quantitatives

☞ **DISCRÈTE** (discontinue) = ne prend que des valeurs isolées, généralement entières, appartenant à un certain intervalle.

→ Les valeurs sont issues d'un **dénombrement**.

→ *ex: nombre d'enfants, âge civil*

☞ **CONTINUE** = susceptible de prendre toute valeur dans un certain intervalle.

→ Les valeurs sont issues d'une **mesure**.

→ *ex: poids, taille, distance, âge réel*

D. Codage numérique

👉 **Variable CONTINUE** : peut être discrétisée en étant regroupée en classes, de manière non arbitraire. L'objectif est de conserver à la distribution sa forme générale.

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

👉 **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 qté objectivable).

⚠️ **La numérisation d'une variable qualitative ne la transforme pas en variable quantitative ! +++**

QRU SOCRATIVE

29

Nom de la salle : **BIOSTATDUFEU**

A propos des unités, donnez la réponse vraie :

- A. Le kilogramme mesure le poids.
- B. Le Newton est une unité de base.
- C. Le °C est une unité de base qui mesure la température.
- D. Le mètre est une grandeur de base.
- E. Les propositions A, B, C et D sont fausses.

Réponse E

- A. Faux : Le kilogramme mesure ~~le poids~~ la masse.
- B. Faux : Le Newton est une unité ~~de base~~ dérivée.
- C. Faux : Le $^{\circ}\text{C}$ Kelvin est une unité de base qui mesure la température.
- D. Faux : Le mètre est une ~~grandeur~~ unité de base.
- E. Vrai : Les propositions A, B, C et D sont fausses.

A propos des erreurs de mesure, donnez la réponse vraie :

- A. L'erreur absolue s'exprime dans l'unité de la mesure.
- B. L'erreur relative exprime la différence entre l'erreur de mesure et la valeur vraie.
- C. L'erreur de linéarité dépend de façon linéaire de la valeur mesurée.
- D. Les erreurs aléatoires sont reliées à leur cause par une loi physique.
- E. Les propositions A, B, C et D sont fausses.

Réponse A

- A. Vrai : L'erreur absolue s'exprime dans l'unité de la mesure.
- B. Faux : L'erreur relative exprime ~~la différence~~ le rapport entre l'erreur de mesure et la valeur vraie.
- C. Faux : L'erreur ~~de linéarité~~ d'échelle (gain) dépend de façon linéaire de la valeur mesurée.
- D. Faux : Les erreurs aléatoires sont reliées à leur cause par ~~une loi~~ physique des lois statistiques.

Parmi les propositions suivantes, donnez la vraie :

- A. La fidélité caractérise l'étroitesse entre la valeur trouvée et celle de référence.
- B. La justesse donne une indication sur les erreurs aléatoires.
- C. Si toutes les valeurs trouvées sont proches de celle de référence, le résultat est juste.
- D. Si le résultat est juste mais n'est pas fidèle, on dit qu'il est imprécis.
- E. Les propositions A, B, C et D sont fausses.

Réponse C

- A. Faux : La ~~fidélité~~ **justesse** caractérise l'étroitesse entre la valeur trouvée et celle de référence.
- B. Faux : La justesse donne une indication sur les erreurs ~~aléatoires~~ **systematiques**.
- C. Vrai : Si toutes les valeurs trouvées sont proches de celle de référence, le résultat est juste.
- D. Faux : Si le résultat ~~est juste~~ **n'est pas juste** et n'est pas fidèle, on dit qu'il est imprécis.

A propos des variables, donnez la réponse vraie :

- A. L'âge réel d'un individu est une variable quantitative discrète.
- B. La taille d'un individu est une variable quantitative continue.
- C. Le stade d'une tumeur (1, 2, 3, 4) est une variable quantitative discrète.
- D. La couleur des yeux est une variable qualitative ordinale.
- E. Les propositions A, B, C et D sont fausses.

Réponse B

- A. Faux : L'âge réel d'un individu est une variable quantitative ~~discrète~~ continue.
- B. Vrai : La taille d'un individu est une variable quantitative continue.
- C. Faux : Le stade d'une tumeur (1, 2, 3, 4) est une variable ~~quantitative discrète~~ qualitative ordinale.
- D. Faux : La couleur des yeux est une variable qualitative ~~ordinaire~~ nominale.

On définit le diabète par une glycémie à jeun supérieure à 1,30 g/L.
On utilise un appareil avec une incertitude de 5% pour mesurer un taux de glucose.
On obtient une glycémie de 1,35 g/L. Donnez la proposition juste :

- A. Le résultat de la mesure de la glycémie comporte 2 chiffres significatifs.
- B. La concentration de glucose dans le sang est une variable physiologique quantitative discrète.
- C. Le résultat de 1,35 g/L étant supérieur au seuil de 1,30 g/L, on peut conclure au fait que le patient est diabétique.
- D. Avec une valeur vraie de 1,33 g/L, l'erreur relative est de 0,02 g/L.
- E. Les propositions A, B, C et D sont fausses.

A. Faux : Le résultat de la mesure de la glycémie comporte ~~deux~~ **trois** chiffres significatifs.

1,35 g/L → 3 chiffres significatifs

B. Faux : La concentration de glucose dans le sang est une variable physiologique quantitative ~~discrète~~ **continue**.

C. Faux : Le résultat de 1,35 g/L étant supérieur au seuil de 1,30 g/L, on peut conclure au fait que le patient est diabétique.

$$1,35 \times 0,05 = 0,0675$$

La valeur vraie X est comprise entre : $1,30 - 0,0675 < X < 1,30 + 0,0675$
c'est-à-dire entre : $1,23 < X < 1,37$

La valeur vraie de la glycémie peut possiblement être en-dessous du seuil de 1,30 g/L, donc on ne peut pas conclure au fait que ce patient soit diabétique avec un intervalle de confiance à 5%.

D. Faux : Avec une valeur vraie de 1,33 g/L, l'erreur ~~relative~~ absolue est de 0,02 g/L.

$$e = x - X = 1,35 - 1,33 = 0,02 \text{ g/L}$$

$$er = e / X = 0,02 / 1,33 = \text{environ } 0,015 \%$$

E. Vrai : Les propositions A, B, C et D sont fausses



FIN ! MERCI POUR VOTRE ATTENTION <3