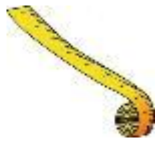
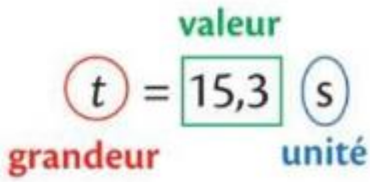


I. <u>Mesure d'une grandeur</u>

1. Grandeur et unités

Les Sciences Physiques sont des sciences expérimentales qui impliquent donc des prises de mesures avec divers appareils et diverses techniques. On mesure des valeurs de grandeurs. Le résultat comporter trois notions distinctes : Grandeur ; Valeur ; **Unité !!**



Système International d'unités (appelé également SI)

Grandeur	**Longueur**	**Masse**	**Temps**	**Intensité du courant électrique**	**Température**	**Quantité de matière**	**Intensité lumineuse**
Unité							cd

Pour simplifier l'écriture et la lecture du résultat d'une mesure, on peut utiliser des multiples ou sous multiples d'une unité.

Téra			**Giga**			**Méga**			**kilo**	**hecto**	**déca**		**déci**	**centi**	**milli**			**micro**			**nano**			**pico**			**femto**
T			G			M			k	h	da	…	d	c	m			µ			n			p			f
10^{12}			10^{9}			10^{6}			10^{3}	10^{2}	10^{1}	10^{0}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}			10^{-6}			10^{-9}			10^{-12}			10^{-15}
Echelle cosmique									*Echelle humaine*							*Echelle microscopique*											

2. Comment compter les chiffres significatifs d'une mesure ?

Lors de la mesure d'une grandeur, on conserve uniquement les chiffres qui sont utiles, c'est-à-dire les chiffres qui sont cohérents avec **la précision de l'instrument** de mesure utilisé. Ces chiffres sont appelés **chiffres significatifs.**

Il y a trois règles pour déterminer les chiffres significatifs :

- Les chiffres différents de zéro sont toujours significatifs.
- Les zéros à gauche ne sont jamais significatifs.
- Les zéros à droite sont toujours significatifs.

<u>Exemples</u> : Indiquer le nombre de chiffres significatifs de chacun des cas.

m = 87,12 g …….. *chiffre(s) significatif(s)*

B = 0,00005 T …….. *chiffre(s) significatif(s)*

E = 2000 V.m^{-1} …….. *chiffre(s) significatif(s)*

v = 299 792 458 m.s^{-1} …….. *chiffre(s) significatif(s)*

v = 3,0 x 10^{8} m.s^{-1} …….. *chiffre(s) significatif(s)*

Rappel : Notation scientifique

Nombre entier négatif, positif ou nul

$a \times 10^{n}$

Nombre décimal compris entre 1 et 10

3. Doit-on écrire un résultat avec tous les chiffres donnés par la calculatrice ?

Dans un résultat, on n'écrit pas systématiquement tous les chiffres donnés par la calculatrice.
Par exemple c'est une erreur de noter h_{maison} = 8,431603774 m car ça n'a strictement aucun sens de donner la hauteur d'une maison au milliardième de mètre près.

En général, à partir de 4 chiffres significatifs (et surtout au-delà), un résultat devient absurde car son extrême précision n'a plus de sens au regard de la précision des appareils de mesure.
A l'inverse, un résultat qui ne contient qu'un seul chiffre significatif n'est souvent pas assez précis.

- **<u>Pour une multiplication ou une division</u>**, le résultat ne doit pas avoir plus de chiffres significatifs que la donnée qui en a le moins.

- **<u>Pour une addition ou une soustraction</u>**, le résultat ne doit pas avoir plus de décimales que la donnée qui en a le moins.

Se tester

<u>Exemples</u> : Calcul d'une surface rectangulaire

a = 190 cm …….. chiffres significatifs

b = 9,4 cm …….. chiffres significatifs

S = a x b = …………….

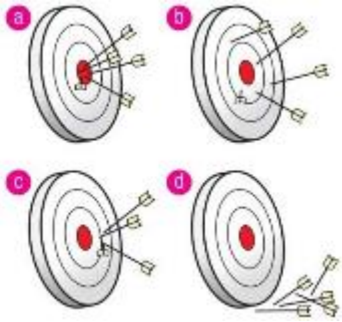
doit être écrite avec …… chiffres significatifs

Soit S= ……………………………..

II. <u>Les sources d'erreurs</u>

En Sciences Physiques il n'y a jamais de mesure exacte. Elle est entachée par différentes sources d'erreurs.

Il existe différents types d'erreur : Les **erreurs aléatoires** et les **erreurs systématiques**. Par analogie à un tir sur une cible, on peut comprendre la différence entre une erreur systématique forte et une erreur aléatoire forte.



a : juste et fidèle

b : fortes erreurs aléatoires -> juste mais pas fidèle

c : fortes erreurs systématiques -> fidèle mais pas juste

d : fortes erreurs systématiques et aléatoires

> *La **fidélité** d'un instrument de mesure est son aptitude à donner des indications très proches lors de mesures répétées d'un même échantillon.*
>
> *La **justesse** d'un instrument de mesure est son aptitude à donner des indications exemptes d'erreurs.*

On parle de variabilité ou de de dispersion d'une mesure. Pour prendre en compte les différentes fluctuations possibles, on note la mesure avec son **incertitude type** ou on indique la mesure sous la forme d'un **intervalle de confiance** dans lequel la valeur « vraie » se trouve probablement.

III. Précision d'une mesure

1. Notion d'incertitude type

Le résultat d'une mesure ou d'un calcul est souvent présenté avec son incertitude, qui rend compte des erreurs. La valeur *x* d'une grandeur, résultant d'une mesure ou d'un calcul, peut être présentée comme une valeur obtenue $x_{obtenue}$ associée à son incertitude absolue U(x) (notée aussi Δx) .

Incertitude type (ou incertitude absolue)

Résultat de la mesure → $\boxed{x = x_{obtenue} \pm U(x) \quad \text{ou} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \leq x \leq \ldots\ldots\ldots\ldots}$

Valeur obtenue par calcul ou expérimentalement

Remarques :

- L'incertitud[e] ... catif par excès.
- Le dernier chiffre de la mesure $x_{obtenue}$ doit s'arrêter au même endroit que le dernier chiffre de son incertitude **U(x)**.
- On indique qu'une seule fois l'unité à la fin.

[**Capsule Vidéo**]

Bien écrire un résultat de mesure

Remarque : On indique qu'une seule fois l'unité

Mesure d'une longueur

L ± U(L) = (21,2 ± 0,6) cm ou bien **L ± Δ (L) = (21,2 ± 0,6) cm**

*Incertitude absolue : **U(L) = 0,6 cm***

Le résultat de la mesure peut être présenté sous la forme d'un intervalle de confiance :

20,6 cm < L < 21,8 cm

Exemples : *Les mauvaises écritures :* | *Les bonnes écritures :*

L ± U(L) = (21 ± 0,5) cm | *L ± U(L) =*

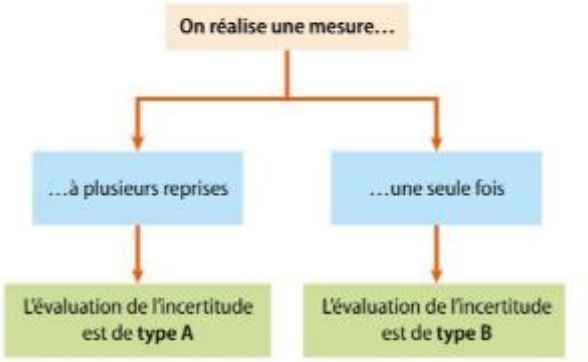
m ± U(m) = (523,35 ±1) g | *m ± U(m) =*

2. Incertitude relative

L’incertitude relative donne la précision de la mesure. Elle s’exprime en pourcentage et n’a pas d’unité. Plus elle est faible, plus la mesure est précise.

$$\frac{U(x)}{x} \times 100$$

3. *Evaluation d’une incertitude*



Il existe 2 types d’incertitude de mesure :

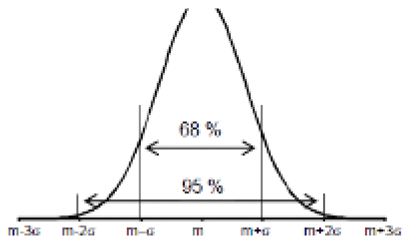
a. *Incertitude de type A*

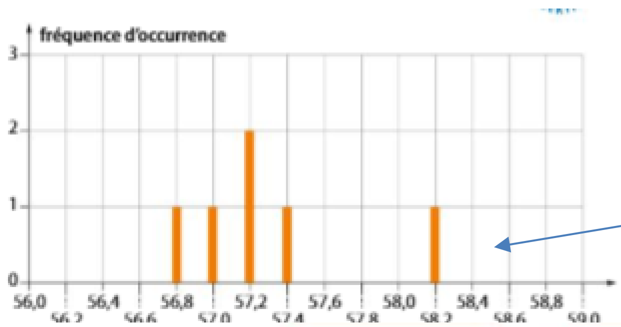
L’incertitude de type A est évaluée lorsque :

- **un même manipulateur réalise plusieurs fois une mesure** dans les mêmes conditions expérimentales
- ou **plusieurs manipulateurs réalisent simultanément la même mesure** avec du matériel similaire (mesure de pH d’une solution par plusieurs binômes de TP par exemple).

[Capsule Vidéo]

Le calcul d’incertitudes consiste à estimer, en supposant que la distribution est gaussienne, sa moyenne et son écart-type à partir des résultats d’une série de mesures. La valeur recherchée (valeur conventionnellement vraie) est estimée par la moyenne des résultats à condition que le processus de mesure soit exempt d’erreurs systématiques.

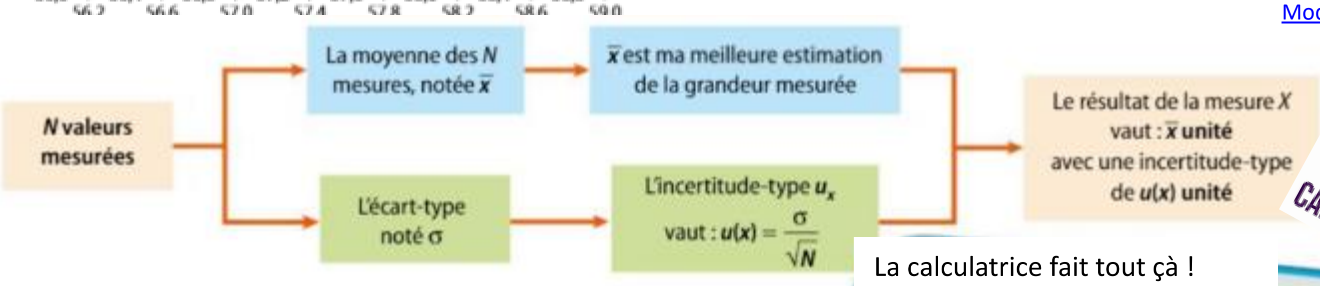




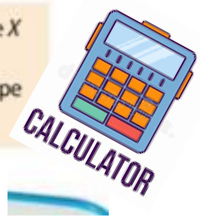
<u>Exemple</u> : Série de mesures de masses

Mesure trop éloignée -> mesure aberrante

[Mode d’emploi]

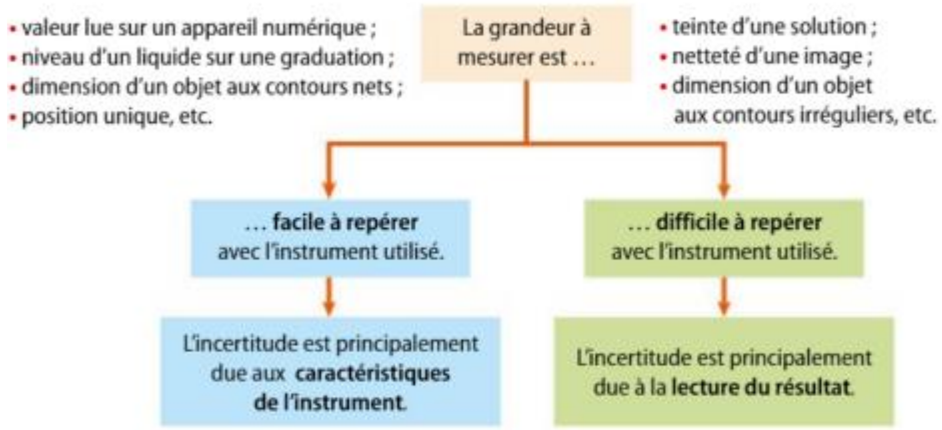


La calculatrice fait tout çà !



b. *Incertitude de type B*

L’évaluation d’une incertitude de type B s’effectue lors d’une **mesure unique**.



[Capsule Vidéo]

c. *Incertitude composée*

Dans le cas d'un calcul de la valeur d'une grandeur physique à partir de données d'incertitudes connues, l'incertitude du résultat est obtenue à partir d'une relation qui sera toujours fournie dans les exercices.

Exemple : $$\frac{U(v)}{v}=\sqrt{\left(\frac{U(\tau)}{\tau}\right)^2+\left(\frac{U(d)}{d}\right)^2}$$

d. *Comparaison à une valeur de référence*

[Capsule vidéo]

Il arrive que l'on dispose d'une valeur de référence, par exemple une valeur théorique attendue, une indication du fabricant, etc … La qualité de la mesure est évaluée à l'aide du quotient :

$$\boxed{Q=\frac{|x_{mes}-x_{ref}|}{U(x)}}$$

Si ce nombre est assez faible (typiquement en dessous de 2) la mesure est dite conforme à la valeur de référence. Sinon elle n'est pas conforme : il faut alors tenter d'expliquer pourquoi.

Application : Mesure la résistance d'un conducteur ohmique

Conducteur ohmique étudié

En vous aidant des notions vues précédemment et des documents mis à disposition, déterminer la valeur de la résistance et évaluer son incertitude par les différentes méthodes proposées.

<table>
<tr><td>Valeur de référence : Utilisation du code couleur</td><td>Première méthode : Mesure à l'ohmmètre réalisée une seule fois</td></tr>
<tr><td></td><td>On lit sur l'appareil R = 1005 Ω et la notice est jointe ci-dessous :
Résistance
<table>
<tr><th>Gamme</th><th>Résolution</th><th>Précision</th></tr>
<tr><td>200.0Ω</td><td>0.1Ω</td><td>±1.0% affich.± 4 dgts</td></tr>
<tr><td>2.000kΩ</td><td>1Ω</td><td>±1.0% affich.± 2 dgts</td></tr>
<tr><td>20.00kΩ</td><td>10Ω</td><td>±1.2% affich.± 2 dgts</td></tr>
<tr><td>200.0kΩ</td><td>100Ω</td><td></td></tr>
<tr><td>2.000MΩ</td><td>1kΩ</td><td></td></tr>
<tr><td>20.00MΩ</td><td>10kΩ</td><td>±2.0% affich.± 5 dgts</td></tr>
<tr><td>200.0 MΩ</td><td>100kΩ</td><td>±5.0% (aff.-10 dgts) ± 10 digits</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Deuxième méthode : Mesures à l'ohmmètre réalisées plusieurs fois</td><td>Troisième méthode : Par la loi d'Ohm</td></tr>
</table>

➔ Voir fichier tableur fourni ➔ Fonctions à utiliser : Pour faire une moyenne : =MOYENNE(B6:B35) Pour calculer un écart type : = ECARTYPE(B6 :B35) Pour déterminer le nombre de répétitions d'une valeur (ici 1000) dans une série : =NB.SI(B6:B35;1000)	On mesure la valeur de la tension U aux bornes du conducteur ohmique et l'intensité du courant I qui le traverse : U = (10,12 ± 0,04) V et I = (10,10 ± 0,09) mA ➔ Loi d'Ohm : U = R x I ➔ Formule de calcul de l'incertitude : $U(R) = R \times \sqrt{\left(\frac{u(U)}{U}\right)^2 + \left(\frac{u(I)}{I}\right)^2}$

Retrouve-t-on par les trois méthodes une valeur qui appartient à l'intervalle des valeurs probables de la valeur de référence ?