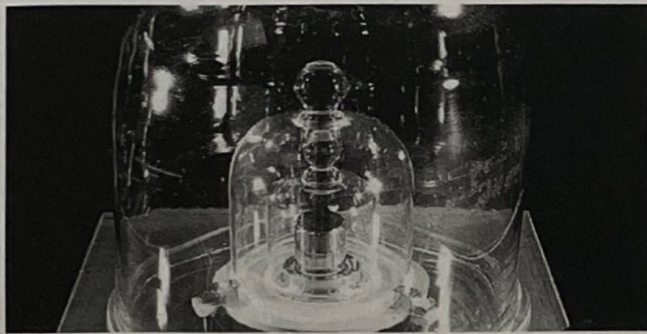


GM. Les grandeurs mesurables.

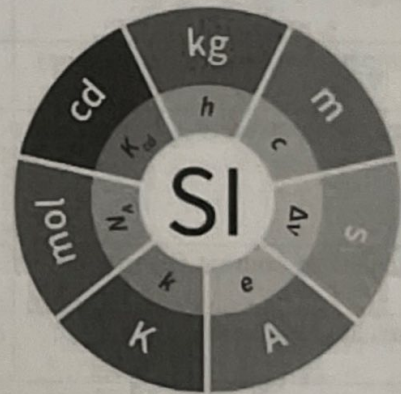
I Définitions.	2
II Le système international d'unités.	2
1.) Les unités fondamentales	2
2.) Les unités dérivées	3
3.) Multiples et sous-multiples	6
4.) Unités particulières	6
III Applications	6
1.) Recherche de l'unité d'une grandeur	6
2.) Vérification de l'homogénéité d'une relation	7
3.) Nombre de chiffres significatifs	8

<https://www.bipm.org/fr/measurement-units>

Le Système international d'unités (reconnu au niveau international sous l'abréviation **SI**) est le système pratique d'unités de mesure recommandées. À compter du 20 mai 2019, toutes les unités du SI sont définies à partir de constantes de la nature, ce qui permet d'assurer la stabilité du SI dans le futur et ouvre la voie à l'utilisation de nouvelles technologies, y compris celles quantiques, pour mettre en pratique les définitions.



Ancien étalon du kilogramme



**Les 7 unités du
Système
international**

En novembre 2018, la Conférence générale des poids et mesure (CGPM) a voté la nouvelle définition de l'unité de masse. Non plus fondée sur un artefact matériel, elle est désormais définie à partir de la constante de Planck, constante de la mécanique quantique, h . En 2017, les scientifiques du LNE, du Cnam et de l'Observatoire de Paris, ainsi que d'autres laboratoires à travers le monde, ont mesuré cette constante fondamentale avec une précision sans précédent. Ils ont ouvert ainsi la voie à une définition désormais immatérielle du kilogramme.

<https://www.lne.fr/fr/comprendre/systeme-international-unites/kilogramme>

I Définitions.

- Grandeur : Propriété d'un phénomène ou d'un corps pouvant être déterminée quantitativement par l'expérience.
- Unité d'une grandeur : grandeur finie, prise comme terme de comparaison avec des grandeurs de même espèce. La mesure résulte de la comparaison de la grandeur à l'unité.

Exemple : $\frac{\text{grandeur}}{\text{unité}} = \text{masse d'un cylindre métallique.}$
 $\frac{\text{mesure}}{n} : m = x \times 1 \text{ kg.} \Rightarrow u_m = \text{kg.}$

II Le système international d'unités. *saut chimistes et pays anglosaxons.*

1.) Les unités fondamentales

Elles sont au nombre de 7 correspondants à 7 grandeurs de base, ou grandeurs fondamentales.

La dimension d'une grandeur donne sa nature. Elle est notée [grandeur].

Si la grandeur est un nombre, on dit que la grandeur est sans dimension ou de dimension 1.

On a alors [grandeur] = 1. *Trq Hé*

Grandeur fondamentale	Unité S.I. : nom (symbole)	Dimension
Longueur l	mètre (m)	L
Masse m	kilogramme (kg)	M
Temps t	seconde (s)	T
Température (thermodynamique)	Kelvin (K)	θ (non normalisée).
Quantité de matière n	Mole (mol)	$N = 1$. Δ <i>garder le N si on veut retrouver l'unité à la fin du calcul.</i>
Intensité de courant électrique	Ampère (A)	I
Intensité lumineuse	Candela (cd)	I_ϕ (non normalisée).

Ces unités sont définies de façon absolue à partir de considérations liées à l'univers.

Exemples :

- La seconde est la durée d'un certain nombre de périodes de la radiation correspondant à la transition entre deux niveaux de l'atome de Césium.
- Le mètre est égal à la distance parcourue par la lumière dans le vide pendant une durée de $1/c$ seconde.
- La quantité de matière d'un système représente un nombre d'entités élémentaires spécifiées. Sa valeur est définie en fixant la valeur numérique du nombre d'Avogadro N_A quand elle est exprimée en mol^{-1} .

7 Constantes fondamentales (pas à connaître)

Vitesse de la lumière (vide) c

Constante d'Avogadro N_A

Charge élémentaire e

Constante de Planck h

Constante de Boltzmann k (ou k_B)

Fréquence de la transition hyperfine du césium $\Delta\nu_{\text{Cs}}$

Efficacité lumineuse d'un rayonnement monochromatique K_{cd}

Valeur approximative

$3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$

$9 \cdot 10^9 \text{ Hz}$

683 lm.W^{-1}

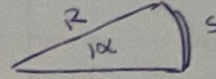
Autre constantesConstante de gravitation $\mathcal{G}$ Constante molaire des gaz parfaits R Valeur $6,7 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ $8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ Deux unités supplémentaires sont utilisées pour les angles. Ce sont des unités sans dimension.

- angle plan entre deux demi-droites :

Sur un cercle de centre O, de rayon R, les demi-droites découpent un arc de longueur s, alors l'angle

est défini par $\alpha = \frac{s}{R}$, indépendant de R.

- angle solide : hors programme en sup (angle dans l'espace).



Grandeur supplémentaire	Unité S.I.	Dimension
Angle plan	radian (rad)	sans
Angle solide	stéradian (sr)	sans

2.) Les unités dérivéesElles sont définies à partir de relations entre les unités fondamentales.

Vitesse: $\left[v = \frac{l}{t} \right] \quad u_v = \frac{u_l}{u_t} = \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Accélération: $\left[a = \frac{v}{t} \right] \quad u_a = \frac{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{s}} = \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Force: LFD ou 2^e loi de Newton:

$\left[F = m a \right] \quad u_F = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} = \text{N (Newton)}$

Equation aux dimensions :

Relation symbolique donnant le lien entre une grandeur et les grandeurs fondamentales.

dimension de F : $[F] = [m][a]$

$$\boxed{[F] = \text{MLT}^{-2}}$$

Grandeur dérivée	Unité S.I.	Dimension
Surface $S = l^2$	m^2	L^2
Volume $V = S \times l$	m^3	L^3
Masse volumique $\rho = \frac{m}{V}$	$kg \cdot m^{-3}$	$M \cdot L^{-3}$
Vitesse $v = \frac{l}{t}$	$m \cdot s^{-1}$	$L \cdot T^{-1}$
Accélération $a = \frac{v}{t}$	$m \cdot s^{-2}$	$L \cdot T^{-2}$
Fréquence $f = \frac{1}{T}$	$Hz = s^{-1}$	T^{-1}
Vitesse angulaire $\omega = \frac{2\pi}{T}$	$rad \cdot s^{-1}$	T^{-1}
Force $F = m \cdot a$	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$	$M L T^{-2}$
Travail, énergie $E = \frac{1}{2} m v^2$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$ $= J \text{ (Joule)}$	$M \cdot L^2 T^{-2}$
Puissance $P = \frac{E}{t}$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$ $= W \text{ (Watt)}$	$M \cdot L^2 \cdot T^{-3}$
Moment d'une force (couple) $M = F \times d$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$ $= N \cdot m$	$M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$ m dim. que l'énergie.

Pression $P = \frac{F}{S}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ $= \text{Pa (Pascal)}$	$\text{M} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{T}^{-2}$
Quantité d'électricité = charge $q = i \times t$ ($i = \frac{dq}{dt}$)	$\text{A} \cdot \text{s}$ $= \text{C (Coulomb)}$	$\text{I} \cdot \text{T}$
Potentiel électrique (ou tension) U $P = U \times I$ $\Rightarrow U = \frac{P}{I}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$ $= \text{V (Volt)}$	$\text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{I}^{-1} \cdot \text{T}^{-3}$
Résistance électrique R $U = R I$ $\Rightarrow R = \frac{U}{I}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{A}^{-2} \cdot \text{s}^{-3}$ $= \Omega \text{ (ohm)}$	$\text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{I}^{-2} \cdot \text{T}^{-3}$
Capacité électrique C $C u = q$ $\Rightarrow C = \frac{q}{u}$	$\text{A}^2 \cdot \text{s}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ $= \text{AsV}^{-1}$ $= \text{F (Farad)}$	$\text{I}^2 \text{T}^4 \text{M}^{-1} \text{L}^{-2}$
Champ électrique magnétique B $F = q v B$ $\Rightarrow B = \frac{F}{q v}$	$\text{kg} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ $= \text{T (Tesla)}$	$\text{M} \cdot \text{I}^{-1} \cdot \text{T}^{-2}$

↳ A savoir redémontrer :

Un système d'unités est défini par le choix :

- d'unités fondamentales.
- de relations de définitions des unités dérivées

3.) Multiples et sous-multiples

Ils sont utilisés afin de s'adapter aux grandeurs. On peut s'en passer en utilisant la notation scientifique

Multiples	Nom	Symbole	Sous-multiples	Nom	Symbole
10^{12}	Tera	T	10^{-1}	Déci	d
10^9	Giga	G	10^{-2}	Centi	c
10^6	Méga	M	10^{-3}	Milli	m
10^3	Kilo	k	10^{-6}	Micro	μ
10^2	Hecto	h	10^{-9}	Nano	n
10^1	Déca	da	10^{-12}	Pico	p

4.) Unités particulières

Unités ni multiples ni sous-multiples des unités du système international.

$$\Delta \text{ 1 litre : } 1L = 1dm^3 = 10^{-3}m^3$$

$$1 \text{ atmosphère : } 1 \text{ atm} = (101325 \text{ Pa}) \approx 10^5 \text{ Pa.}$$

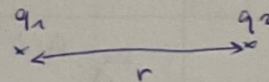
$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

III Applications

1.) Recherche de l'unité d'une grandeur

Force d'interaction coulombienne.

$$f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \quad (\text{norme de } \vec{f}).$$



$$\Rightarrow \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi f} \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$$\mu_{\epsilon_0} = \frac{\mu_q^2}{\mu_f \times \mu_r^2}$$

$$\vec{u} = \frac{q}{\tau} \Rightarrow q = i \tau.$$

$$\mu_q = A \cdot s.$$

$$f = m \cdot a.$$

$$\mu_f = \mu_m \mu_a$$

$$= kg \cdot m \cdot s^{-2}.$$

$$\mu_{\epsilon_0} = \frac{A^2 \cdot s^2}{kg \cdot m \cdot s^{-2} \cdot m^2}$$

$$= A^2 m^3 kg^{-1} s^4$$

$$= A^2 s^4 kg^{-1} m^{-3}$$

ϵ_0 : Permittivité absolue du vide.

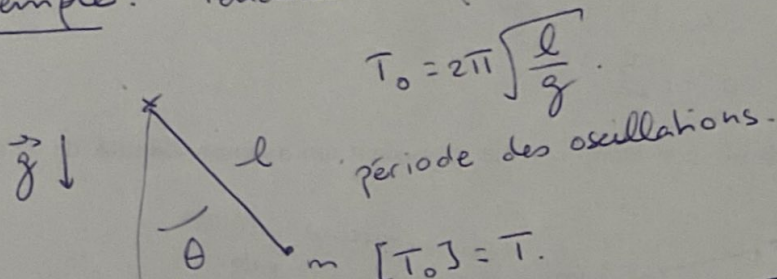
2.) Vérification de l'homogénéité d'une relation

Définition : Une relation traduisant une loi physique est homogène quand les deux membres de la relation possèdent la même unité ou ont la même dimension.

Propriétés : - Une relation est fausse si elle n'est pas homogène, mais une relation homogène n'est pas forcément juste.

- Pour une somme $z = x + y$, les trois termes doivent être homogènes. Si x et y ne sont pas homogènes, la relation est fausse.

Exemple : Pendule simple :



$$[T_0] = T.$$

$$\left[2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \right] = [2\pi] \times \sqrt{\frac{[l]}{[g]}} = \sqrt{\frac{L}{L \cdot T^{-2}}} = \sqrt{T^2} = T.$$

$$F_a = ma = mg \Rightarrow [a] = [g].$$

Les deux termes ont la même dimension, donc ils sont homogènes.

3.) Nombre de chiffres significatifs

★ Définition : On appelle chiffres significatifs tous les chiffres dont on est sûr, et le premier chiffre incertain (se mettre en notation scientifique).

Propriétés :

1. Après addition ou soustraction, le résultat ne doit pas avoir plus de décimales que le nombre qui en comporte le moins.

Ex: $220,2 + 1,11 = 221,31$
 1 décimale 2d. $\approx 221,3$
 1 décimale } en arrondissant au plus près.

2. Après multiplication ou division, le résultat ne doit pas avoir plus de chiffres significatifs que la valeur la moins précise.

Ex: $\frac{36,54 \times 53,4}{4cs \quad 3cs} = 2,1333 \cdot 10^2$
 $\approx 2,13 \cdot 10^3$
 3cs.

3. Un nombre entier naturel est considéré comme possédant un nombre illimité de chiffres significatifs.

Ex: Vergence $V = +3$.
 $f' = \frac{1}{3} = 0,3333...m = 33,3cm$. } On mesure précisément au millimètre près.

Remarque :

Lorsqu'un calcul nécessite une suite d'opérations, elles sont faites en utilisant les données avec tous leurs chiffres significatifs.

La détermination du nombre de chiffres significatifs du résultat final s'effectue à la fin de toutes les opérations.