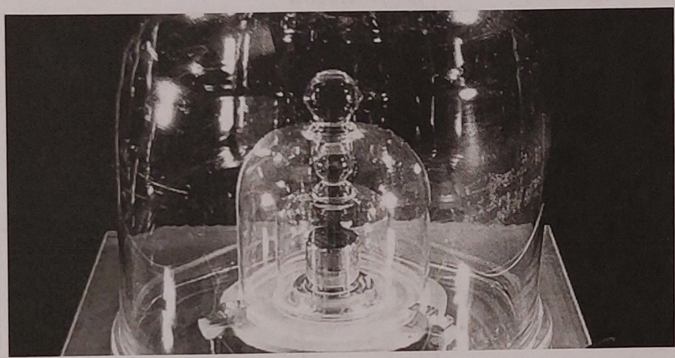
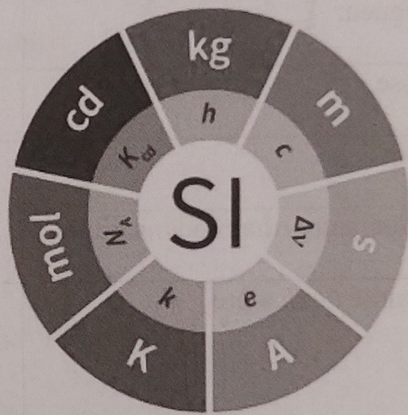
GM. Les grandeurs mesurables.

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





Les 7 unités du Système international

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 : grandeur : masse d'une pièce mécanique
unité : le Kg (chimie : g)
mesure x (nb décimal) tq $m = x \times 1\,\mathrm{Kg}$

II Le système international d'unités. (seul système en vigueur) (sauf anglo saxons & chimistes)

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.

****

Grandeur fondamentale	Unité S.I. : nom (symbole)	Dimension
Longueur ℓ	u_ℓ = m (mètre)	$[\ell] = L$
Masse m	u_m = Kg (kilogramme)	$[m] = M$
Temps τ	u_τ = s (seconde)	$[\tau] = T$
Température (thermodynamique)	Kelvin (K)	Θ (non normalisé)
Quantité de matière n	u_n = mole (mol)	$[n] = N = 1$ sans dimension (nombre)
Intensité de courant électrique	Ampere (A)	I
Intensité lumineuse	candela (cd)	$I\phi$ (non normalisé)

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 $\mathcal{N}_A$ quand elle est exprimée en mol^{-1}.

7 Constantes fondamentales	Valeur approximatives
Vitesse de la lumière (vide) c	3.10^8 m.s^{-1}
Constante d'Avogadro $\mathcal{N}_A$	$6,022\ 10^{23}$ mol^{-1}
Charge élémentaire e	$1,6\ 10^{-19}$ C

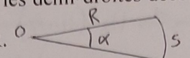
Constante de Planck h	6,63 10^{-34} J.s
Constante de Boltzmann k (ou k_B)	1,38 10^{-23} $J.K^{-1}$
Fréquence de la transition hyperfine du césium $\Delta\nu_{Cs}$	9.10^9 Hz
Efficacité lumineuse d'un rayonnement monochromatique K_{cd}	683 $lm.W^{-1}$

Autre constantes	**Valeur**
Constante de gravitation $\mathcal{G}$	6,7 10^{-11} $m^3.kg^{-1}.s^{-2}$
Constante molaire des gaz parfaits R	8,314 $J.K^{-1}.mol^{-1}$

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 $\alpha = [\theta] = 1$
Angle solide	stéradian (sr)	sans $\Omega = 1$

2.) Les unités dérivées

Elles sont définies à partir de relations entre les unités fondamentales.

Ex : relation de définition d'une grandeur

- vitesse : $v = \frac{l}{t}$ – distance parcourue, – durée   unité de v : $u_v = \frac{u_l}{u_t} = \frac{m}{s} = m.s^{-1}$
- accélération : $a = \frac{v}{t}$ $u_a = \frac{u_v}{u_t} = ms^{-2}$

force : $f = m.a$ $u_f = u_m \times u_a = kg\,ms^{-2}$

Equation aux dimensions :

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

ex : $[f] = [m][a]$

$= MLT^{-2}$

xxx (savoir refaire)

Grandeur dérivée	Unité S.I.	Dimension
Surface $S = l^2$	m^2	L^2
Volume $V = Sl$	m^3	L^3
Masse volumique $\rho = \frac{m}{V}$	$Kg.m^{-3}$	ML^{-3}
Vitesse $v = \frac{l}{t}$	$m.s^{-1}$	LT^{-1}
Accélération $a = \frac{V}{t}$	$m.s^{-2}$	LT^{-2}
Fréquence $f = \frac{1}{t}$	$s^{-1} = Hz$ (Hertz)	T^{-1}
Vitesse angulaire $\omega = \frac{2\pi}{t}$	$rad.s^{-1}$	$\alpha T^{-1} = T^{-1}$ car $\alpha = 1$ (nb)
Force $f = ma$	$Kg.ms^{-2}$ (N)	MLT^{-2}
Travail, énergie $E_c = \frac{1}{2}mv^2$	Joule (J) $Kgm.s^{-2} = J$	ML^2T^{-2}
Puissance $P = \frac{E}{t}$	(W) Watt $Kgm^2s^{-3} = W$	ML^2T^{-3}
Moment d'une force $C = F \times d$	$Nm = Kgm^2s^{-2}$	ML^2T^{-2}
Pression $P = \frac{F}{S}$	Pascal (Pa) $N.m^{-2} = Kgm^{-1}s^{-2}$	$ML^{-1}s^{-2}$
Quantité d'électricité $Q = I \times t$	Coulomb (C) $As = C$	IT
Potentiel électrique (ou tension) $U = \frac{P}{I}$	Volt (V) $Kgm^2A^{-1}s^{-3} = V$	$ML^2T^3I^{-1}$
Résistance électrique $U = RI \Rightarrow R = \frac{U}{I}$	Ohm (Ω) $Kgm^2A^{-2}s^{-3} = \Omega$	$ML^2I^{-2}T^3$

Capacité électrique $U = \frac{Q}{C} \Rightarrow C = \frac{Q}{U}$	Farad (F) $\frac{As}{Kg\,m^2\,A^{-1}s^{-3}} = A^2 s^4 Kg^{-1} m^{-2}$	$I^2 T^4 M^{-1} L^{-2}$
Champ magnétique champ $f = qvB \Rightarrow B = \frac{f}{qv}$ charge vit	Tesla (T) $\frac{Kg\,m\,s^{-2}}{As\,m\,s^{-1}} = Kg\,A^{-1}s^{-2}$	$M I^{-1} T^{-2}$

Un <u>système d'unités</u> 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			Sous-multiples		
10^{12}	Tera	T	10^{-1}	déci	d
10^{9}	Giga	G	10^{-2}	centi	c
10^{6}	Mega	M	10^{-3}	milli	m
10^{3}	Kilo	K	10^{-6}	micro	μ
10^{2}	Hecta	h	10^{-9}	nano	n
10^{1}	deca	da	10^{-12}	pico	p

4.) Unités particulières

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

⚠ le litre $1\,L = 1\,dm^3 = 10^{-3}\,m^3$ en chimie.

III Applications

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

$$q_1 \quad q_2$$
$$\times \longleftrightarrow \times$$

Norme de la force d'interaction $f = \frac{1}{4\pi \varepsilon_0} \times \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$ Loi de Coulomb

$(k \simeq 9.10^9)$

- exprimer ε_0 en fonction des autres grandeurs

$\Rightarrow U_\varepsilon$ puis $[\varepsilon_0]$ a l'inverse

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi f} \times \frac{|q_1 - q_2|}{r^2}$$

$$U_{\varepsilon_0} = \frac{1}{U_{4\pi} \times U_f} \times \frac{U_{q^2}}{U_{r^2}}$$

$U_{4\pi} = 1$ (nb)

$f = ma$ (2^{nd} LdN

$\rightarrow U_f = Kg\,m\,s^{-2}$

$U_q = As$

$U_r = m$

$$U_{\varepsilon_0} = \frac{A^2 s^2}{Kg\,m\,s^{-2}\,m^2} = A^2 s^4 Kg^{-1} m^{-3}$$

$$[\varepsilon_0] = I^2 T^4 M^{-1} L^{-3}$$

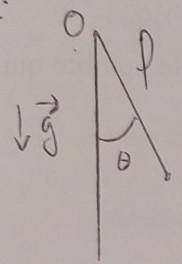
2.) Vérification de l'homogénéité d'une relation

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.

Ex :



Periode d'oscillation du pendule simple

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

$$[T_0] = T$$

$$\left[2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}\right] = \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{LT^{-2}}}$$

P = mg or P est une force

$$[P] = [f] \Rightarrow [mg] = [ma] \text{ donc } [g] = [a] = LT^{-2}$$

$$[2\pi] = 1$$

$$[\ell] = L$$

$$\left[2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}\right] = \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{LT^{-2}}} = \frac{1}{\sqrt{T^{-2}}} = T$$

Les 2 termes ont la m̂ dimension

=> La relation est homogène

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).

Ex : $0{,}00326 = \underbrace{3{,}26}_{3\ c.s.} . 10^{-3}$ not scient.

Propriétés :

chiffres après la virgule

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

$\underbrace{220{,}2}_{1d} + \underbrace{1{,}11}_{2d} = 221{,}31 \simeq \underbrace{221{,}3}_{1d}$

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

$\underbrace{36{,}54}_{4\ c.s} \times \underbrace{58{,}4}_{3.cs} = 2{,}1339 . 10^{3} \simeq 2{,}13 \ \ 3\ c.s$

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

ex : on en prend 2x plus. n = 2 = 2,000...

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.

Rq : "On prend 3 moles"
↳ on choisit de prendre 3 c.s : 3,00.

⚠ Pas d'unité sur formules littérales.