

Les unités de mesure en physique

1 Système international d'unité (SI)

Pour créer un système d'unités, il faut définir des unités de base, leurs valeurs et définir les unités dérivées. Pour les unités mécaniques le choix le plus courant est de prendre la longueur, la masse et le temps mais d'autres options sont possibles comme longueur, force et temps ou masse, vitesse et temps...

Le système international (SI) a été mis en place par la 11^e Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) qui fixa en 1960 des règles pour les préfixes, les unités dérivées et d'autres indications. Le SI est fondé sur un choix de sept unités de base bien définies et considérées par convention comme indépendantes du point de vue dimensionnel : le mètre, le kilogramme, la seconde, l'ampère, le kelvin, la mole et la candela. Les unités dérivées sont formées en combinant les unités de base d'après les relations algébriques qui lient les grandeurs correspondantes. Les noms et les symboles de certaines de ces unités peuvent être remplacés par des noms (comme le Newton ou le Volt) et des symboles spéciaux (N et V) qui peuvent être utilisés pour exprimer les noms et symboles d'autres unités dérivées.

2 Tableau des unités fondamentales du SI

Grandeur	Nom	Symbole	Dimension
Longueur	mètre	m	L
Masse	kilogramme	kg	M
Temps	seconde	s	T
Intensité du courant électrique	ampère	A	I
Température thermodynamique	kelvin	K	Q
Quantité de matière	mole	mol	N
Intensité lumineuse	candela	cd	J

3 Équations aux dimensions

Dans une relation entre grandeurs, on remplace chaque terme par la grandeur fondamentale correspondante L pour une longueur, M pour une masse, T pour un temps, I pour une intensité électrique...

On obtient ainsi l'équation aux dimensions.

Cette équation permet :

- De déterminer l'unité composée d'une grandeur en fonction des grandeurs fondamentales.
- De tester si une formule est homogène.

Exemple d'unité composée :

De la formule : $x = \frac{1}{2}gt^2$, on tire la dimension de $g = \text{L.T}^{-2}$: accélération en m.s^{-2} .

Homogénéité :

De la formule : $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$, on tire $\text{M}(\text{L.T}^{-1})^2 = \text{M.L.T}^{-2}.\text{L}$

La dimension d'une énergie est donc : $\text{M.L}^2.\text{T}^{-2}$

4 Définitions des unités fondamentale du SI

Ces définitions ont été copiées sur le site du Bureau international des poids et mesure : www.bipm.org/fr/si

4.1 Définition du mètre adoptée en 1983

Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de 1/299 792 458 de seconde.

Il en résulte que la vitesse de la lumière dans le vide est égale à 299 792 458 mètres par seconde, exactement, $c_0 = 299\,792\,458 \text{ m/s}$.

4.2 Définition du kilogramme :

Le kilogramme est l'unité de masse ; il est égal à la masse du prototype international du kilogramme.

Le terme *poids* désigne une grandeur de la même nature qu'une force ; le poids d'un corps est le produit de la masse de ce corps par l'accélération de la pesanteur ; en particulier, le poids normal d'un corps est le produit de la masse de ce corps par l'accélération normale de la pesanteur ; le nombre adopté dans le Service international des Poids et Mesures pour la valeur de l'accélération normale de la pesanteur est $980,665 \text{ cm/s}^2$, nombre sanctionné déjà par quelques législations.

Le kilogramme est actuellement défini comme la masse d'un cylindre en platine iridié (90% de platine et 10% d'iridium) de 39 mm de diamètre et 39 mm de haut déclaré unité SI de masse depuis 1889 par le Bureau international des poids et mesures (BIPM).

Cette unité de mesure est la dernière du SI à être définie au moyen d'un étalon matériel fabriqué par l'homme. Celui-ci est conservé sous trois cloches de verre scellées (en France au pavillon de Breteuil) dont il n'est extrait que pour réaliser des étalonnages (opération qui n'a eu lieu que trois fois depuis sa création).



4.3 Définition de la seconde adoptée en 1967

La seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.

Il en résulte que la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium est égale à 9 192 631 770 hertz exactement, $\nu(\text{hfs Cs}) = 9\,192\,631\,770 \text{ Hz}$.

Lors de sa session de 1997, le Comité international a confirmé que : "Cette définition se réfère à un atome de césium au repos, à une température de 0 K".

4.4 Définition de l'ampère adoptée en 1948

L'ampère est l'intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces conducteurs une force égale à 2×10^{-7} newton par mètre de longueur.

Il en résulte que la constante magnétique, aussi connue sous le nom de perméabilité du vide, est égale à $4\pi \cdot 10^{-7}$ henrys par mètre exactement, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$.

4.5 Définition du kelvin adoptée en 1967

Le kelvin, unité de température thermodynamique, est la fraction $1/273,16$ de la température thermodynamique du point triple de l'eau.

Il en résulte que la température thermodynamique du point triple de l'eau est égale à 273,16 kelvins exactement, $T_{tpw} = 273,16 \text{ K}$.

4.6 Définition de la mole

La mole est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12 ; son symbole est "mol".

Lorsqu'on emploie la mole, les entités élémentaires doivent être spécifiées et peuvent être des atomes, des molécules, des ions, des électrons, d'autres particules ou des groupements spécifiés de telles particules. Dans cette définition, il est entendu que l'on se réfère à des atomes de carbone 12 non liés, au repos et dans leur état fondamental.

Il en résulte que la masse molaire du carbone 12 est égale à 0,012 kilogramme par mole exactement, $M(^{12}\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$.

4.7 Définition de la candela adoptée en 1979

La candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence 540×10^{12} hertz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est $1/683$ watt par stéradian.

Il en résulte que l'efficacité lumineuse spectrale d'un rayonnement monochromatique de fréquence 540×10^{12} hertz est égale à 683 lumens par watt soit $K = 683 \text{ lm/W} = 683 \text{ cd sr/W}$.

5 Tableau des préfixes

Nom	Symbole	Facteur	Nom	Symbole	Facteur
yotta	Y	10^{24}	deci	d	10^{-1}
zetta	Z	10^{21}	centi	c	10^{-2}
exa	E	10^{18}	milli	m	10^{-3}
peta	P	10^{15}	micro	μ	10^{-6}
tera	T	10^{12}	nano	n	10^{-9}
giga	G	10^9	pico	p	10^{-12}
mega	M	10^6	femto	f	10^{-15}
kilo	k	10^3	atto	a	10^{-18}
hecto	h	10^2	zepto	z	10^{-21}
deca	da	10^1	yocto	y	10^{-24}

6 Conventions d'écriture

6.1 Écriture des unités

- **Les noms d'unités sont des noms communs** : donc pas de majuscule et variation au pluriel.
Mais il faut écrire degrés Celsius car l'unité est degré
Si les noms d'unités composées sont séparés par un trait d'union, les deux noms s'accordent.
Exemple : des newtons-mètres mais des voltampères.
- Noms d'unités avec des préfixes
Le préfixe est accolé au nom de l'unité. Si le nom de l'unité commence par une voyelle, il peut y avoir élision (mégohm et pas mégaohm)

6.2 Écriture des symboles des unités

Ils s'écrivent en principe en minuscule sauf s'ils dérivent d'un nom propre (Ampère, Newton...)
Ils sont toujours invariables. Quand les symboles sont préfixés, le préfixe doit être collé au symbole. Il faut écrire hPa et non pas h Pa.
Pour les quotients, on peut écrire m/s² mais pas m/s/s. Il est préférable d'écrire m.s⁻².

6.3 Écriture des valeurs numériques

En France, le séparateur décimal est la virgule.
On peut découper les grands nombres en tranches de trois chiffres séparées par un blanc.
Le nom ou le symbole de l'unité est écrit à la fin de la valeur numérique :
Il faut écrire 12,54 W et pas 12 W 54.
Écrire un nombre de décimales compatible avec la précision de la mesure :
Pour une mesure réalisée avec une précision de 10^{-2} écrire 5,23 et pas 5,2289.

7 Constantes de la physique

Constante	Valeur	Unité	Précision
Avagadro N_A	$6,022\ 141\ 79 \times 10^{23}$	mol ⁻¹	5×10^{-8}
Masse électron m_e	$9,109\ 382\ 15 \times 10^{-31}$	kg	5×10^{-8}
Masse du proton	$1,672\ 621\ 637 \times 10^{-27}$	kg	5×10^{-8}
Charge élémentaire e	$1,602\ 176\ 487 \times 10^{-19}$	C	$2,5 \times 10^{-8}$
Gravitation G	$6,674\ 28 \times 10^{-11}$	m ³ .kg ⁻¹ .s ⁻²	1×10^{-4}
Vitesse de la lumière dans le vide c	299 792 458	m.s ⁻¹	Exact

Les valeurs de ce tableau proviennent du site :

<http://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html>