

## Les unités de bases du système international

On peut lire sur le site du Bureau International des Poids et mesures :

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

*"Lors d'un vote historique, les États Membres du BIPM ont adopté, le 16 novembre 2018, la révision du Système international d'unités (SI), modifiant ainsi la définition mondiale du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole.*

*La révision du SI, adoptée par la Conférence générale des poids et mesures (CGPM) à sa 26<sup>e</sup> réunion, a pour conséquence qu'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."*

Les définitions des unités du SI sont ainsi établies à partir d'un ensemble de sept constantes de la physique. À partir des valeurs **fixées** de ces sept constantes, exprimées en unités SI, il est possible de déduire toutes les unités du système. Ces sept constantes sont ainsi l'élément le plus essentiel de la définition de tout le système d'unités.

Les sept constantes définissant le SI sont les suivantes :

- la fréquence de la transition hyperfine du césium  $\Delta\nu_{\text{Cs}} = 9\,192\,631\,770$  Hz ;
- la vitesse de la lumière dans le vide  $c = 299\,792\,458$  m.s<sup>-1</sup> ;
- la constante de Planck  $h = 6,626\,070\,15 \cdot 10^{-34}$  J.s ;
- la charge élémentaire  $e = 1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19}$  C ;
- la constante de Boltzmann  $k_B = 1,380\,649 \cdot 10^{-23}$  J.K<sup>-1</sup> ;
- la constante d'Avogadro  $N_A = 6,022\,140\,76 \cdot 10^{23}$  mol<sup>-1</sup> ;
- l'efficacité lumineuse d'un rayonnement monochromatique de fréquence  $540 \cdot 10^{12}$  Hz est égale à  $K_{\text{cd}} = 683$  lm.W<sup>-1</sup>.

Les sept unités de base du système international sont

- La **seconde** (*symbole s*) est l'unité de temps définie en prenant la valeur numérique fixée de la fréquence,  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ , de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 égale à 9 192 631 770 lorsqu'elle est exprimée en Hz, unité égale à s<sup>-1</sup>.

*Une horloge atomique au césium standard du commerce (Hewlett Packard 5071A) présente une précision relative de  $2 \cdot 10^{-13}$ . Les meilleures horloges actuelles (horloges optiques à atomes froids) atteignent pratiquement une précision relative de  $10^{-18}$ , ce qui les ferait dériver d'une seconde sur l'âge de l'univers.*<sup>1</sup>

- Le **mètre** (*symbole m*) est l'unité de longueur définie en prenant la valeur numérique fixée de la vitesse de la lumière dans le vide,  $c$ , égale à 299 792 458 lorsqu'elle est exprimée en m.s<sup>-1</sup>, la seconde étant définie en fonction de  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .
- Le **kilogramme** (*symbole kg*) est l'unité SI de masse. Il est défini en prenant la valeur numérique fixée de la constante de Planck,  $h$ , égale à  $6,626\,070\,15 \cdot 10^{-34}$  lorsqu'elle est exprimée en J.s, unité égale à kg.m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>, le mètre et la seconde étant définis en fonction de  $c$  et  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .
- L'**ampère** (*symbole A*) est l'unité SI de courant électrique. Il est défini en prenant la valeur numérique fixée de la charge élémentaire,  $e$ , égale à  $1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19}$  lorsqu'elle est exprimée en C, unité égale à A.s, la seconde étant définie en fonction de  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .

*Il résulte de cette définition qu'un ampère est le courant électrique correspondant au flux de  $1/(1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19})$  charges élémentaires par seconde.*

- Le **kelvin** (*symbole K*) est l'unité SI de température.

Il est défini en prenant la valeur numérique fixée de la constante de Boltzmann,  $k_B$ , égale à  $1,380\,649 \cdot 10^{-23}$  lorsqu'elle est exprimée en  $\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$ , unité égale à  $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , le kilogramme, le mètre et la seconde étant définis en fonction de  $h$ ,  $c$  et  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .

*Il résulte de cette définition qu'un kelvin est égal au changement de la température thermodynamique résultant d'un changement de l'énergie thermique  $k_B T$  de  $1,380\,649 \cdot 10^{-23}$  J.*

- La **mole** (*symbole mol*) est l'unité SI de quantité de matière. Une mole contient exactement  $6,022\,140\,76 \cdot 10^{23}$  entités élémentaires. Ce nombre, appelé « nombre d'Avogadro », correspond à la valeur numérique fixée de la constante d'Avogadro,  $N_A$ , lorsqu'elle est exprimée en  $\text{mol}^{-1}$ .

*Il résulte de cette définition que la mole est la quantité de matière d'un système qui contient  $6,022\,140\,76 \cdot 10^{23}$  entités élémentaires spécifiées.*

- La **candela** (*symbole cd*) est l'unité SI d'intensité lumineuse. Elle est définie en prenant la valeur numérique fixée de l'efficacité lumineuse d'un rayonnement monochromatique de fréquence  $540 \cdot 10^{12}$  Hz,  $K_{\text{cd}}$ , égale à 683 lorsqu'elle est exprimée en  $\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$ , unité égale à  $\text{cd} \cdot \text{sr} \cdot \text{W}^{-1}$ , ou  $\text{cd} \cdot \text{sr} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^3$ , le kilogramme, le mètre et la seconde étant définis en fonction de  $h$ ,  $c$  et  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ .  
*Il résulte de cette définition que la candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence  $540 \cdot 10^{12}$  Hz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est  $(1/683)$  W/sr.*

*La candela est une unité de photométrie dont l'objectif est de mesurer l'intensité lumineuse en tenant compte de la sensibilité de l'œil humain. Nous n'aurons pas à utiliser cette unité dans le cadre de notre cours.*

Grandeur physique de base	Symbole dimensionnel	Unité SI
Longueur	$L$	m
Masse	$M$	kg
Temps	$T$	s
Intensité électrique	$I$	A
Température thermodynamique	$\Theta$	K
Quantité de matière	$N$	mol
Intensité lumineuse	$J$	cd



Liens utiles :

Le cycle de conférences du LNE (Laboratoire National d'Essai) sur le thème "Évolution et unités de mesure : une révolution" ayant eu lieu de mai à novembre 2018 est visible sur :

[www.lne.fr/index.php/fr/actualités/videos-conférences-SI-unites-mesure](http://www.lne.fr/index.php/fr/actualités/videos-conférences-SI-unites-mesure)

Articles de la revue *Reflète de la physique* sur le nouveau SI juin 2019 accessibles sur :

<https://www.refletsdelaphysique.fr/articles/refdp/abs/2019/02/contents/contents.html>

1. Pour plus de détails sur la mesure du temps voir l'ouvrage : "*Le temps : mesurable, réversible, insaisissable*", Mathias Fink, Michel Le Bellac et Michèle Leduc, EDP sciences.