

Le Système International ou SI

En 1960, la XI^e Conférence Générale des Poids et Mesures a défini les sept unités de base du Système international d'unités (SI), fondé sur le système métrique (décimal).

Les unités de mesure légales en France font l'objet du décret n°61-501 du 3 mai 1961 modifié par les décrets :

- n°66-16 du 5 janvier 1966,
- n°75-1200 du 4 décembre 1975,
- n°82-203 du 26 février 1982,
- n°85-1500 du 30 décembre 1985, *
- n°2003-165 du 27 février 2003.

Ces textes rendent **obligatoire** l'utilisation du système métrique décimal à sept unités de base, appelé « système international d'unité (SI) ». Ils abrogent les lois et décrets antérieurs pris en cette matière.

Ils sont conformes aux directives européennes, notamment la directive 80/181/CEE du 20 décembre 1979 concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux unités de mesure.

La directive 80/181/CEE a été modifiée par les directives :

- 85/1/CEE du 18 décembre 1984,
- 89/617/CEE du 27 novembre 1989,
- 1999/103/CE du 24 janvier 2000.

La proposition de directive 2007/0187/COD du 10 septembre 2007 a été discutée au Sénat fin 2007.

Le décret n°75-1200 du 4 décembre 1975 énumère les *unités de base* (art. 2) et donne la liste des *unités dérivées et supplémentaires* (art. 3) et les *unités hors système* (art. 4) qui constituent les seules unités légales. Ces unités forment un système cohérent.

(*) Le décret n°85-1500 a été abrogé par le décret n°2003-165 du 27 février 2003 qui supprime entre autres, la notion d'unités supplémentaires.

Sommaire

Introduction	1
Les sept unités de base du SI	2
Les unités dérivées	3
Les unités légales hors du SI	4
Unités en usage avec le SI	
Unités en usage avec le SI dont la valeur est obtenue expérimentalement	
Unités en usage avec le SI répondant à des besoins spécifiques	
Autres unités* en usage hors du SI qu'il est préférable de ne pas employer	
Les multiples et sous-multiples décimaux	6
Qualité d'une mesure ou d'une grandeur	7
Références	8

Les 7 unités de base

Quantité	Unité	Symbole	Définition
Longueur	mètre	m	Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant 1/299 792 458 de seconde. (1983)
Masse	kilogramme	kg	Le kilogramme est la masse du prototype en platine iridié, déposé au Bureau International des Poids et Mesures. (1889)
Temps	seconde	s	La seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyper fins de l'état fondamental de l'atome de césium 133. (1967) précision : 10^{-12}
Courant électrique	ampère	A	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 d'un mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces conducteurs, une force égale à $2 \cdot 10^{-7}$ newton par mètre de longueur. (1948)
Température	kelvin	K	Le kelvin est égal à la fraction 1/273,16 de la température thermodynamique du point triple de l'eau. (1967) Le degré Celsius est égal au kelvin.
Quantité de matière	mole	mol	La mole est la quantité de matière contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kg de carbone 12. (1971) La mole (mol) est l'abréviation de molécule par gramme.
Intensité lumineuse	candela	cd	La candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet une radiation monochromatique de fréquence $540 \cdot 10^{12}$ hertz (<i>longueur d'onde 0,555 μm</i>) et dont l'intensité énergétique dans cette direction est 1/683 watt par stéradian. (1979)

Les unités dérivées

Les unités dérivées s'expriment par des relations algébriques en fonction des unités de base (ex : la vitesse en m/s). Ces unités peuvent avoir un nom spécial (ex : la pression en pascal, $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$) et être une combinaison d'unité de base et d'unités dérivées (ex : l'éclairement en W/m^2).

Grandeur	Unité			
	nom	symbole	expression	
angle plan	radian	rad		1 m/m
angle solide	stéradian	sr		$1 \text{ m}^2/\text{m}^2$
fréquence	hertz	Hz		1 s^{-1}
force	newton	N		1 kg.m.s^{-2}
pression, contrainte	pascal	Pa	1 N/m^2	$1 \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-2}$
énergie, travail, quantité de chaleur	joule	J	1 N.m	$1 \text{ kg.m}^2.\text{s}^{-2}$
puissance, flux énergétique	watt	W	1 J/s	$1 \text{ kg.m}^2.\text{s}^{-3}$
charge électrique, quantité d'électricité	coulomb	C		1 A.s
potentiel électrique, différence de potentiel, tension, force électromotrice	volt	V	1 W/A	$1 \text{ kg.m}^2.\text{s}^{-3}.\text{A}^{-1}$
capacité électrique	farad	F	1 C/V	$1 \text{ kg}^{-1}.\text{m}^{-2}.\text{s}^2.\text{A}^2$
résistance électrique	ohm	Ω	1 V/A	$1 \text{ kg.m}^2.\text{s}^{-3}.\text{A}^{-1}$
conductance électrique	siemens	S	$1 \Omega^{-1}$	$1 \text{ kg}^{-1}.\text{m}^{-2}.\text{s}^3.\text{A}^{-1}$
flux d'induction magnétique	weber	Wb	1 V.s	$1 \text{ kg.m}^2.\text{s}^{-2}.\text{A}^{-1}$
induction magnétique	tesla	T	1 Wb/m^2	$1 \text{ kg.s}^{-2}.\text{A}^{-1}$
inductance	henry	H	1 Wb/A	$1 \text{ kg.m}^2.\text{s}^{-2}.\text{A}^{-2}$
température Celsius	degré Celsius	$^{\circ}\text{C}$		1 K
flux lumineux	lumen	Lm	1 cd/sr	1 cd.m/m
éclairement	lux	Lx	1 lm/m^2	1 cd.m^{-2}
activité d'un radionucléide	becquerel	Bq		1 s^{-1}
dose absorbée, énergie massique communiquée, kerma, indice de dose absorbée	gray	Gy	1 J/kg	$1 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$
équivalent de dose, indice d'équivalent de dose	sievert	Sv	1 J/kg	$1 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$

Exemple : le tesla :

$$\begin{aligned}
 1\text{T} &= 1 \text{ Wb.m}^{-2} \\
 &= 1 \text{ V.s.m}^{-2} \\
 &= 1 \text{ W.A}^{-1}.\text{s.m}^{-2} \\
 &= 1 \text{ J.s}^{-1}.\text{A}^{-1}.\text{s.m}^{-2} \\
 &= 1 \text{ N.m.s}^{-1}.\text{A}^{-1}.\text{s.m}^{-2} \\
 &= 1 \text{ kg.m}^2.\text{s}^{-2}.\text{s}^{-1}.\text{A}^{-1}.\text{s.m}^{-2}
 \end{aligned}$$

Après simplification,

$$1\text{T} = 1 \text{ kg.s}^{-2}.\text{A}^{-1}$$

Les unités légales hors du SI

L'emploi de certaines unités hors système est légal en raison de leur importance et de leur domaine d'utilisation particulier. (Décision du Comité international de 1996)

Unités en usage avec le SI

Grandeur	Unités		
	Nom	Symbole	Valeur en unités SI
temps	minute	min	1 min = 60 s
	heure	h	1 h = 60 min = 3600 s
	jour	d	1 d = 24 h = 86 400 s
angle plan	degré ⁽¹⁾	°	1° = (π/180) rad
	minute	'	1 ' = (1/60) ° = (π/10 800) rad
	seconde	"	1 " = (1/60) ' = (π/648 000) rad
volume	litre ⁽²⁾	L, l	1 L = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
masse	tonne	t	1 t = 10 ³ kg
	neper ⁽³⁾	Np	1 Np = 1
	bel ⁽⁴⁾	B	1 B = (1/2) ln 10 (Np)

1 - Il est recommandé d'utiliser une subdivision décimale du degré plutôt que d'utiliser les minutes et les secondes.

2 - Il est préférable d'utiliser le symbole "L" pour éviter la confusion avec le chiffre "1".

3 - Le neper est cohérent avec le SI, mais il n'a pas été encore adopté par la CGPM comme unité SI. Il exprime la valeur de grandeurs logarithmiques comme le niveau de puissance ou de pression acoustique...

4 - Il exprime la valeur de grandeurs logarithmiques comme le niveau de puissance ou de pression acoustique, d'amplification ou d'atténuation... Le décibel est plus couramment utilisé.

Unités en usage avec le SI dont la valeur est obtenue expérimentalement

Grandeur	Unités		
	Nom	Symbole	Valeur en unités SI
énergie	électronvolt ⁽⁵⁾	eV	1 eV = 1,602 177 33.10 ⁻¹⁹ J
masse	unité de masse atomique unifiée ⁽⁶⁾	u	1 u = 1,660 540 2.10 ⁻²⁷ kg
longueur	unité astronomique ⁽⁷⁾	ua	1 ua = 1,495 978 706.10 ⁻¹¹ m

5 - L'électronvolt est l'énergie cinétique acquise par un électron en traversant une différence de potentiel de 1 volt dans le vide.

6 - L'unité de masse atomique unifiée est égale à 1/12 de la masse d'un atome de carbone ¹²C .

7 - L'unité astronomique est égale à la distance moyenne entre la Terre et le soleil. Lorsqu'elle est utilisée pour décrire les mouvements des corps dans le système solaire, la constante gravitationnelle héliocentrique est de (0,017 202 098 95)2 ua³.d⁻².

Unités en usage avec le SI répondant à des besoins spécifiques

Grandeur	Unités		
	Nom	Symbole	Valeur en unités SI
longueur	mille marin ⁽¹⁾		1 mille = 1 852 m
	angström ⁽²⁾	Å	1 Å = 10 ⁻¹⁰ m
vitesse	nœud ⁽¹⁾		1 mille/h = (1852/3600) m/s
aire	are ⁽³⁾	A	1 a = 10 ² m ²
	hectare ⁽³⁾	ha	1 ha = 10 ⁴ m ²
Section efficace	barn ⁽⁴⁾	b	1 b = 10 ⁻²⁸ m ²
pression	bar	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa

1 - Le mille et le nœud sont seulement autorisés pour le domaine de la navigation maritime ou aérienne.

2 - L'angström est utilisé pour mesurer des distances inter-atomiques.

3 - Ces unités sont utilisées pour mesurer les superficies agraires.

4 - Le barn est une unité spéciale employée en physique nucléaire.

Autres unités* en usage hors du SI qu'il est préférable de ne pas employer

Certaines unités sont toujours employées occasionnellement pour la compréhension de textes anciens rédigés à l'époque où le système CGS était en vigueur, comme :

l'erg, la dyne, la poise, le stokes, le gauss, l'œrsted, le maxwell, le stilb, le phot et le gal

ou, à une époque où une normalisation n'était pas encore définie, c'est le cas de :

le curie, le röntgen, le rad, le rem, l'unité X, le gamma, le jansky, le carat métrique, le fermi, le torr, l'atmosphère normale, la calorie et le micron.

(*) La correspondance en unités SI est donnée dans le chapitre "Toutes les unités".

Cas particuliers :

Le décret 2003-1565 du 27 février 2003 autorise l'emploi des unités suivantes avec certaines restrictions :

Grandeur	Unités		
	Nom	Symbole	Valeur en unités SI
angle plan	tour	tr	1 tr = 2π
	grade ⁽¹⁾	gon	1 gon = π/200
masse	carat métrique ⁽²⁾		1 carat = 2.10 ⁻⁴ kg
énergie	wattheure	Wh	1 Wh = 3600 J
pression	millimètre de mercure ⁽³⁾	mm Hg	1 mm Hg = 133,322 Pa
vergences des systèmes optiques	dioptrie ⁽⁴⁾	δ	1 δ = 1 m ⁻¹

1 – Le grade est aussi appelé "gon".

2 – Son utilisation est restreinte au domaine des pierres précieuses.

3 – Cette unité n'est utilisée que pour mesurer la pression sanguine ou des autres fluides corporels.

4 – La vergence des systèmes optiques s'exprime en dioptrie par l'inverse de leur distance focale donnée en mètre. Lorsqu'elle est positive, elle s'appelle convergence, sinon elle prend le nom de divergence.

La poise, le stokes, le curie, le rad, le röntgen et le rem sont interdits

Les multiples et sous-multiples décimaux

Les préfixes ci-dessous servent à former les multiples et les sous-multiples décimaux des unités SI.

Valeur	Préfixe	Symbole légal (O/N)	année	Observations	origine
10^{33}	vendeka	V			
10^{30}	weka	W			
10^{27}	xenna	X			
10^{24}	yotta	Y	1991	octo*, huit (10^{3n} n=8)	
10^{21}	zetta	Z	1991	hepta*, sept (10^{3n} n=7)	
10^{18}	exa	E	1975	hexa, six (10^{3n} n=6)	
10^{15}	peta	P	1975	penta, cinq (10^{3n} n=5)	
10^{12}	tera	T	1960	teras, monstre ou tetra quatre	
10^9	giga	G	1960	gigas, géant	grecque
10^6	méga	M	1870	megas, grand	
10^3	kilo	k	1795	khilioi, mille	
10^2	hecto	h	1795	hekaton, cent	
10^1	déca	da	1795	deka, dix	
10^{-1}	déci	d	1795	decimus, deci	
10^{-2}	centi	c	1795	centimus, centi	latine
10^{-3}	milli	m	1795	millesimus, milli	
10^{-6}	micro	μ	1870	mikros, petit	grecque
10^{-9}	nano	n	1960	nannos, nain	
10^{-12}	pico	p	1960	piccolo, petit	italienne
10^{-15}	femto	f	1964	femten, 15 (même racine que <i>fifteen</i>)	danoise
10^{-18}	atto	a	1964	atten, 18 (même racine que <i>eighteen</i>)	
10^{-21}	zepto	z	1991	même racine que zetta	
10^{-24}	yocto	y	1991	même racine que yotta	
10^{-27}	xenno	x			
10^{-30}	weko	w			
10^{-33}	vendeko	v			
10^4	myria		1795	myriade : <i>urias</i> , mille et <i>-ados</i> , dix	grecque
10^5	hectokilo		1919	non légal depuis 1961	
10^{140}	asankhyeya			origine bouddhique	
10^{600}	centillion				
10^{100}	gogol		1938	Kasner et Newman	
10^{gogol}	gogolplex				

(*) Le mot zepto (préfixe z) a été choisi à la place de hepto pour éviter la confusion avec le h de hecto, de même, le O de octa aurait été confondu avec le chiffre zéro.

Remarques :

À l'origine, les préfixes avaient des racines latines pour les puissances négatives et grecques pour les puissances positives.

Aujourd'hui, les lettres symboles des préfixes des puissances négatives s'écrivent en minuscule alors que celles correspondant aux puissances positives sont en caractères majuscules sauf déca, hecto et kilo. La XXIII^e CGPM d'octobre 2003 propose une résolution visant à leur donner des symboles majuscules D, H et K. À suivre...

MISE EN GARDE :

Lorsqu'une unité munie d'un préfixe est affectée d'une puissance, c'est à l'ensemble que la puissance s'applique.

$$1 \text{ cm}^2 = 1 (\text{cm})^2$$

Certains auteurs commettent l'erreur de "traduire" par exemple le débit d'un fleuve en millions de m^3/h par Mm^3/h .

$$1 \text{ Mm}^3/\text{h} = 1 (\text{Mm})^3/\text{h} = 10^{18} \text{ m}^3/\text{h} \text{ soit un milliard de milliards de } \text{m}^3/\text{h}.$$

Qualité d'une mesure ou d'une grandeur

Incertitude : Limites de l'intervalle de confiance d'une grandeur mesurée ou calculée (défaillance ou erreur systématique des appareils, insuffisance de l'expérimentation, ...). Il faut donc indiquer les valeurs maximales et minimales du grand nombre (*rarement réalisé*) de mesures entre lesquelles se trouve probablement le résultat de la mesure.

Soit deux valeurs x et y connues à dx et dy près en plus ou en moins, avec $dx > 0$ et $dy > 0$.

Somme :

la valeur exacte $S = x + y$ appartient à $[S - dS] [S + dS]$ avec une incertitude absolue $dS = dx + dy$.

Différence :

$D = x - y$: $dD = dx + dy$

Produit :

$P = xy$: $dP = xdy + ydx$

La probabilité des limites de confiance doit être spécifiée, de préférence par un écart-type σ . Pour des grandeurs appartenant à un processus gaussien, un écart-type σ (1 sigma) correspond à un niveau de confiance de 68,3 % et 2σ à 95 %.

Précision : Degré de concordance dans une série de mesures individuelles ; souvent mais pas nécessairement exprimée par l'écart-type.

La précision est attachée à la mesure d'une grandeur, pas à la grandeur elle-même ou à l'étalon qui engendre la grandeur. La précision dépend de l'instrument de mesure et du procédé de mesure.

Références

[- Le Bureau International des Poids et Mesures](#)

<http://www.bipm.fr/>

[- Édition BIMP](#)

- **[Le Système International d'Unités \(7^e édition -1998\)](#)**

<http://www.utc.fr/~tthomass/Themes/Unites/ref/pdf/si-brochure1998.pdf>

- **[Le Système International d'Unités \(supplément 2000\)](#)**

<http://www.utc.fr/~tthomass/Themes/Unites/ref/pdf/si-supplement2000.pdf>

[- Liste des arrêtés, directives, décrets et circulaires se rapportant aux unités et contrôles des instruments de mesure.](#)

http://www.industrie.gouv.fr/metro/reglemen/t_1.htm

[- Les résolutions des CGPM](#)

<http://www1.bipm.org/fr/convention/cgpm/resolutions.html>

[- Décrets successifs relatifs aux unités](#)

- **[n°61-501 du 3 mai 1961,](#)**

<http://www.industrie.gouv.fr/metro/reglemen/textes/decr-61-0501.pdf>

<http://www.admi.net/jo/decr61-501.html>

- **[n°66-16 du 5 janvier 1966,](#)**

<http://www.industrie.gouv.fr/metro/reglemen/textes/decr-66-0016.pdf>

<http://www.admi.net/jo/decr66-16.html>

- **[n°75-1200 du 4 décembre 1975,](#)**

<http://www.industrie.gouv.fr/metro/reglemen/textes/decr-75-1200.pdf>

- **[n°82-203 du 26 février 1982](#)**

<http://www.industrie.gouv.fr/metro/reglemen/textes/decr-82-0203.pdf>

- **[n°85-1500 du 30 décembre 1985,](#)**

<http://www.industrie.gouv.fr/metro/reglemen/textes/decr-85-1500.pdf>

<http://www.admi.net/jo/decr85-1500.html>

- **[n°2003-165 du 27 février 2003.](#)**

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000418787>

<http://www.utc.fr/~tthomass/Themes/Unites/ref/pdf/2003-165.pdf> (*copie non officielle*)

<http://www.adminet.com/jo/20030301/INDI0301011D.html>

<http://www.adminet.com/jo/2003/03638.html>

- **[n°61-501 du 3 mai 1961 consolidé non officiel,](#)**

<http://www.utc.fr/~tthomass/Themes/Unites/ref/pdf/61-501%20consolide.pdf>

[- Directives européennes relatives aux unités de mesure](#)

- **[80/181/CEE du 20 décembre 1979,](#)**

<http://www.industrie.gouv.fr/metro/reglemen/textes/dir-80-181-cee.pdf>

- **[85/1/CEE du 18 décembre 1984,](#)**

<http://www.industrie.gouv.fr/metro/reglemen/textes/dir-85-1-cee.pdf>

- **[89/617/CEE du 27 novembre 1989,](#)**

<http://www.industrie.gouv.fr/metro/reglemen/textes/dir-89-617-cee.pdf>

- **[1999/103/CE du 24 janvier 2000,](#)**

<http://www.industrie.gouv.fr/metro/reglemen/textes/dir-1999-103-ce.pdf>

- **[2007/0187/COD du 10 septembre 2007 \(proposition\).](#)**

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0510:FIN:FR:PDF>

http://www.palais-bourbon.fr/europe/pdf/doc_e/e3631.pdf

<http://www.senat.fr/ue/pac/E3631.html>

- **[80/181/CEE du 20 décembre 1979 consolidée non officielle,](#)**

http://www.utc.fr/~tthomass/Themes/Unites/ref/pdf/80-181-CEE_consolide.pdf

Cette page est extraite d'un site concernant les unités de mesure dont l'adresse est :

<http://www.utc.fr/~tthomass/Themes/Unites>

dernière mise à jour : 14/09/2008