

# LES UNITÉS

## Table des matières

Petite histoire de la définition des unités .....	3
Règles d'emploi des unités .....	6
Préfixes .....	7
Alphabet grec .....	7
GRANDEURS .....	8
UNITÉS DE MESURE .....	8
Grandeurs fondamentales .....	8
LE SYSTÈME INTERNATIONAL .....	9
UNITÉS GÉOMÉTRIQUES .....	10
LONGUEUR .....	10
AIRE ou SUPERFICIE .....	10
VOLUME et CAPACITÉ .....	11
ANGLE PLAN .....	12
ANGLE SOLIDE .....	12
UNITÉS DE MASSE .....	13
MASSE .....	13
MASSE VOLUMIQUE .....	14
CONCENTRATION .....	14
UNITÉS DE TEMPS .....	14
TEMPS .....	14
UNITÉS MÉCANIQUES .....	15
VITESSE LINÉAIRE .....	15
VITESSE ANGULAIRE .....	15
ACCÉLÉRATION LINÉAIRE .....	15
ACCÉLÉRATION ANGULAIRE .....	15
FRÉQUENCE .....	15
FORCE .....	16
MOMENT .....	16
ÉNERGIE, TRAVAIL, QUANTITÉ de CHALEUR .....	16
PUISSANCE .....	17
PRESSION et CONTRAINTE .....	17
VISCOSITÉ DYNAMIQUE .....	18
VISCOSITÉ CINÉMATIQUE .....	18
UNITÉS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES .....	18
INTENSITÉ DE COURANT ÉLECTRIQUE .....	18
QUANTITÉ d'ÉLECTRICITÉ .....	19
TENSION ou DIFFÉRENCE DE POTENTIEL .....	19
FORCE ÉLECTROMOTRICE .....	19
CHAMP ÉLECTRIQUE .....	19
RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE .....	19
CONDUCTANCE ÉLECTRIQUE .....	19
CAPACITÉ ÉLECTRIQUE .....	20
INDUCTANCE ÉLECTRIQUE .....	20
FLUX MAGNÉTIQUE .....	20
INDUCTION MAGNÉTIQUE .....	20
FORCE MAGNÉTOMOTRICE .....	20
CHAMP MAGNÉTIQUE .....	21
UNITÉS DE TEMPÉRATURE .....	21
TEMPÉRATURE .....	21
UNITÉS OPTIQUES .....	21
INTENSITÉ LUMINEUSE .....	21
LUMINANCE .....	22
FLUX LUMINEUX .....	22
ÉCLAIREMENT .....	22
VERGENCE des SYSTÈMES OPTIQUES .....	22
UNITÉS DE LA RADIOACTIVITÉ .....	22
ACTIVITÉ NUCLÉAIRE .....	22
QUANTITÉ de RAYONNEMENT X ou $\gamma$ .....	23

UNITÉ d'EXPOSITION, DOSE ABSORBÉE.....	23
UNITÉS de TRANSMISSION.....	23
TRANSMISSION .....	23
Avez-vous bien compris les tableaux des unités ?.....	24
Problème de masse sur la Lune .....	24
D'une pomme et d'une plume, qui arrive le premier au sol ? .....	24
Quelquefois, 1 kg de plumes pèse plus lourd que 1 kg de plomb ; pourquoi ? .....	24
Quelques questions et réponses .....	25
Comment définir et mesurer le « mètre » ?.....	25
Mesurer le Kelvin et, par la même occasion, le degré Celsius : .....	25
Mesurer les intensité lumineuses .....	25
Bibliographie .....	26
INDEX.....	27

## Petite histoire de la définition des unités

Dans mon vieux

« Manuel Physique ou manière courte et facile d'expliquer les phénomènes de la nature »

par M. Jean Ferapie Dufieu, Maître es arts édité à Paris chez Jean-Thomas Herissant, rue St.Jacques en MDCCLVIII (1758) avec Approbation et Privilège du Roi, il est écrit, dans le Premier Traité « Traité de la Porosité et de l'Élasticité », paragraphe 9 :

« L'élasticité est l'effort par lequel certains corps comprimés tendent à se rétablir dans leur premier état. L'hypothèse des petits tourbillons renfermés & comprimés dans les corps, fournit, ce semble, une idée assez naturelle de la cause de l'élasticité. Ils sont eux-mêmes autant de petits ressorts invisibles qui agissent avec d'autant plus de force qu'ils se trouvent plus resserrés.

Les partisans de l'attraction la donne encore ici pour cause. Mais c'est surtout dans les phénomènes de la gravité ou pesanteur qu'elle joue, à les entendre, le plus beau rôle. Qu'on admette, disent-ils, une action réciproque entre les corps quoique éloignés & plongés dans le vide : que les uns attirent les autres avec d'autant plus de force qu'ils auront plus de masse & qu'ils en seront plus voisins ; ou pour me servir du langage ordinaire, que l'attraction varie en raison directe des masses et en raison inverse, non de la simple distance, mais du carré de la distance ».

Bien que les « partisans de l'attraction » soient traités avec ironie, ils avaient déjà raison. Les phénomènes physiques commençaient à être expliqués, mais avec un chaos de valeurs disparates parmi lesquelles les physiciens et chimistes et même le commerce avaient bien du mal à accorder leurs calculs.

Vers le milieu du XVIIe siècle, une seule mesure quasiment universelle existait (elle datait des Chaldéens) : le degré d'angle. L'angle droit est divisé en 90 degrés de 60 minutes chacun. Les navigateurs et les astronomes font des relevés d'une grande précision avec des cercles gradués, tant et si bien que Kepler découvrira en 1619 les lois des orbites.

Mais ces lois sont fonction des distances, et faute d'une unité de longueur commune à tous les pays, pas de mesures scientifiques possibles. Entre les provinces d'un même royaume, il n'y a pas de références fixes, et pas seulement pour les longueurs : les unités de surface, de volume ou de poids ont des valeurs aussi diverses que variées d'une ville à l'autre. Pour ajouter à la confusion, ces unités portent le même nom malgré leurs différences : les longueurs s'appellent toujours pieds ou toises, les volumes boisseaux ou tonneaux, les poids livres ou grains.

Le système des poids et mesures est complètement incohérent, que ce soit en France ou dans les autres pays d'Europe. L'étalon de longueur est en principe la toise qui fait 6 pieds-de-Roi ; mais ce pied n'est pas la longueur comprise entre le talon et les orteils, mais celle couverte par quatre paumes, la paume étant la largeur de quatre doigts posés à plat.

Comme ces doigts peuvent être longs et fins, ou courts et boudinés, la paume est à géométrie variable ; il en résulte que la valeur d'un pied varie de 20 % d'une province à une autre. Il en va de même de l'aune ou de la lieue. Quant aux unités de volume, bichets, boisseaux et autres muids, c'est pire encore : avec 10 boisseaux d'une ville on en remplit 15 de la cité voisine. De plus, bien que portant le même nom, les boisseaux, setiers et autres unités de volume ont des contenances différentes suivant qu'ils servent aux liquides ou aux grains.

En 1666, Colbert fonde l'Académie des sciences où se regroupent astronomes et géographes pour lesquels cette diversité des mesures est un obstacle majeur à toute recherche un peu précise, et, à partir de là, de nombreuses propositions d'unités vont être effectuées :

En 1670, le père Gabriel Mouton propose la " virga " qui sera la millième partie de la distance découpée sur le méridien terrestre par une minute d'angle (le millième du mille marin actuel).

En 1671, l'abbé Jean Picard, opte pour la longueur d'un pendule d'une période de une seconde.

En 1718, après avoir mesuré la longueur du méridien entre Dunkerque et Collioure, Jacques Cassini propose le centième d'un arc d'une seconde, soit un peu plus de 30 cm.

En 1740 l'Académie envoie au Pérou Charles de La Condamine avec pour tâche de mesurer la longueur du pendule simple battant la seconde à l'équateur.

En 1774 Turgot, contrôleur des Finances, propose au marquis de Condorcet le travail difficile d'unification des mesures ; en 1776, Turgot est remplacé par Necker et la réforme est abandonnée.

En 1789, de nombreux cahiers de doléances, réclament l'uniformisation des poids et mesures, surtout pour ne plus dépendre dans le paiement des impôts en nature de mesures arbitraires propres à chaque seigneur.

En juin 1789 Condorcet, reprend le travail interrompu en 1776. Une commission, composée des plus grands savants de l'époque, Coulomb, Laplace, Lavoisier et autres, est chargée d'uniformiser les poids et mesures. C'est Talleyrand, qui donnera l'impulsion décisive le 9 mars 1790 en proposant un projet de réforme qui abolit toutes les anciennes unités féodales.

Reste à trouver l'étalon de longueur dont seront dérivées les unités de surface, de volume, et même de poids par pesée d'un volume unitaire d'eau distillée ; c'est le pendule qui est choisi.

Le 8 mai 1790, l'Assemblée nationale donne autorité à l'Académie des Sciences pour fixer les nouvelles unités. Condorcet réunit une nouvelle équipe, approuvée par le roi Louis XVI le 6 juin 1790, et par l'Assemblée le 12 juin. Dès le 27 octobre la commission choisit l'échelle décimale pour toutes les mesures. Décision très importante qui met fin aux toises divisées en 6 pieds de 12 pouces de 12 lignes, aux livres divisées en 2 marcs de 8 onces de 8 gros, etc.

Le 16 février 1791, Charles de Borda forme une nouvelle commission avec Condorcet, Laplace, Lagrange et Monge ; elle repousse le pendule, et décide de prendre à la place comme étalon de longueur un arc de méridien. La triangulation, base de la mesure des arcs de méridien, est d'une grande fiabilité et bien plus précise que ne peuvent l'être les mesures sur le pendule et la précision de la seconde.

Le décret du 26 mars 1791 adopte donc le quart du méridien terrestre comme base du nouveau système ; on se contentera de mesurer un arc de 9 degrés et demi entre Dunkerque et Barcelone pour en déduire la longueur d'un arc de 90 degrés (quart de méridien), et la dix-millionième partie de cette longueur.

Des relevés sont effectués par Cassini, Legendre, Méchain, Monge et le général Meusnier puis Delambre. Méchain et Delambre effectueront tous les travaux de triangulation. La Convention, la Terreur, la guerre entre la France et l'Espagne rendent le travail très aléatoire. Les travaux reprennent en juillet 1795 et seront achevés en 1798.

La Convention exige en décembre 1792 que l'Académie fixe des étalons provisoires. Le 29 mai 1793, Borda, Condorcet, Laplace et Lagrange présentent une première série de valeurs : la longueur du mètre découle des mesures de méridien faites quarante ans plus tôt par l'abbé de La Caille. Ce mètre, terme proposé par Borda (de *metrum*, mesure de longueur), divisé en décimètres, centimètres et millimètres, mesure 0,513243 toises. L'unité de poids est le grave, poids d'un décimètre cube d'eau distillée, subdivisé en décigrave, centigrave et milligrave. C'est Lavoisier et Haüy qui l'ont déterminé au début 1793. La Convention adopte ces valeurs par la loi du 1er août 1793. L'article premier de cette loi stipule que " le nouveau système des poids et mesures, fondé sur la mesure du méridien de la Terre et la division décimale, servira uniformément dans toute la République. "

Le 8 août la Convention supprime toutes les académies, ce qui oblige à nommer une Commission temporaire des poids et mesures.

Le 28 novembre Lavoisier est arrêté ; Borda, Laplace, Coulomb, Brisson et Delambre protestent : ils sont exclus de la Commission. Lavoisier, le plus grand chimiste du XVIIIe siècle, sera guillotiné le 8 mai 1794. La Commission cesse toute activité à la fin juin 1794.

Le 7 avril 1795, la loi entérine définitivement le nouveau système métrique : mètre pour les longueurs, are pour les surfaces, stère et litre pour les volumes, gramme pour les masses, et franc pour les monnaies. La fabrication des anciennes mesures est interdite. Et, comme pour l'Euro en fin d'année 2001, en fin d'année 1795, la France entière est obligée de passer au système métrique.

Delambre et Méchain n'ont toujours pas terminé leurs mesures du méridien. Fin octobre 1798 ils se rejoignent à Carcassonne. Cette fois le mètre est égal à 0,513074 toises, et cette longueur est matérialisée par une règle en platine. Le kilogramme, dont la mesure a été reprise par Lefèvre-Gineau et Fabroni, est de son côté défini par un cylindre de platine et, en juin 1799, les deux étalons sont remis au garde des Archives de la République - ils seront remplacés en 1889 par deux autres étalons beaucoup plus précis en alliage platine/iridium qui sont conservés au pavillon de Breteuil, à Sèvres.

Malgré la définition moderne de l'unité de longueur, et même si le mètre n'a plus aujourd'hui pour référence internationale la règle en platine iridié du pavillon de Breteuil, mais " la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant  $1/299\,792\,458$  de seconde ", la base de toute mesure scientifique reste néanmoins l'arc de méridien mesuré par Delambre et Méchain.

Dans mon autre *moins vieux*

« Dictionnaire Général des Sciences Théoriques et Appliquées »

par MM. Jules GAY et Louis MANGIN Docteurs es Sciences, professeurs au lycée Louis Le Grand, 5<sup>e</sup> édition de 1905 voici ce qu'il est écrit au sujet du kilogramme :

**KILOGRAMME (Phys.).** - Unité pratique de masse. Le kilogramme-étalon en platine a été déposé aux archives le 4 messidor AN VII (23 juin 1799). Ce bloc de platine est resté jusqu'en 1889 l'étalon du kilogramme. Depuis le 26 septembre 1889, le kilogramme international, est représenté par son prototype déposé au Bureau international des poids et mesures, au Pavillon de Breteuil, à Sèvres. Ce prototype est constitué par un cylindre en platine iridié à 10%, dont la hauteur est égale au diamètre, et dont les arêtes sont arrondies. La plupart des Etats ayant adhéré à la convention du mètre ont reçu une ou plusieurs copies du kilogramme international.

Dans les différentes éditions du dictionnaire de l'Académie Française, voilà ce qui est écrit au sujet du « mètre ».

Déjà, on peut voir que le mot « mètre » existait bien avant qu'il soit employé comme unité de longueur et ceci est corroboré par le Dictionnaire Littré et l'Encyclopédie Diderot et d'Alembert.

**MÈTRE.** s. m. Il se dit, dans la Versification grecque et dans la Versification latine, d'un pied déterminé par la quantité, comme le dactyle, le spondée, etc. *Le dactyle est un mètre que l'on multiplie lorsqu'on veut exprimer la légèreté, la rapidité.* Il se dit aussi de la nature et du nombre de pieds nécessaires à la formation de chaque genre de vers. *On a fait un traité sur les mètres employés par Horace. Le mètre du vers français de dix syllabes est favorable au récit familier. Il y a une harmonie propre à chaque mètre. Vers du même mètre. Changement de mètre.*

Édition de 1798, dans le supplément contenant les mots nouveaux en usage depuis la révolution :

**MÈTRE.** s. m. Unité principale des mesures républicaines. Le mètre est égal à la dix-millionième partie de l'arc du méridien terrestre, compris entre le pôle boréal et l'équateur, ce qui équivaut à-peu-près à trois pieds 11 lignes et demie.

Édition de 1835 :

**MÈTRE,** se dit encore de L'unité fondamentale des nouvelles mesures, laquelle est égale à la dix-millionième partie de l'arc du méridien terrestre, compris entre le pôle boréal et l'équateur, et à-peu-près équivalente à trois pieds onze lignes et demie des anciennes mesures. *Mètre carré. Mètre cube. Le mètre est l'élément de toutes les autres mesures, et même des poids.*

L'édition de 1878 donne exactement la même définition que celle de 1835

Édition de 1932-1935

**MÈTRE** se dit encore de la Longueur, à la température de 0°, du prototype international, en platine, déposé au Bureau international des Poids et Mesures, à Sèvres. *Le mètre est l'unité principale de longueur, il est sensiblement égal à la dix-millionième partie de la distance du pôle à l'équateur. Mètre carré, Unité de surface équivalant à un carré d'un mètre de côté. Mètre cube, Unité de volume équivalant à un cube d'un mètre de côté. Se dit, par extension, de l'Instrument (règle, ruban d'étoffe ou de métal, etc.) qui reproduit la longueur-type et permet de mesurer.*

[Retour table des matières](#)

## Règles d'emploi des unités

### Noms d'unités

Tous les noms d'unités, mêmes ceux qui dérivent de noms de savants, sont considérés comme des **noms communs** :

volt, ampère, henry, weber, watt, joule, pascal, newton, hertz, coulomb, etc.

les initiales s'écrivent en **minuscules** et ils prennent la marque du **pluriel** s'ils suivent un nombre égal ou supérieur à 2 :

1,9 volt, 3 ampères, 1,4 newton, 5 watts, 3 henrys

Les noms des unités dérivées de noms de savants sont du genre **masculin** (un joule, un ampère, un henry). Aucun qualificatif ne doit être ajouté à un nom d'unité (on ne dit pas *mètre linéaire*).

Lorsqu'une grandeur est le produit de deux autres, dont aucune n'est un quotient, le nom de l'unité est obtenu en réunissant les deux unités correspondantes par un trait d'union (et surtout pas en plaçant une barre oblique, symbole d'un quotient). Par exemple, l'énergie électrique qui est le produit d'une puissance et d'un temps peut être exprimée en tant que *watt-heure*. Dans le cas d'unités très courantes, les deux noms peuvent être accolés : *un wattheure ou un watt-heure*. La marque du pluriel s'ajoute aux deux noms composants en cas de trait d'union et au seul dernier en cas de noms accolés : *des watts-heures ou des wattheures, des mètres-newtons*.

Lorsqu'une grandeur est le quotient de deux autres, qui ne sont pas elles-mêmes des quotients, le nom est obtenu en intercalant *par* (et non pas le symbole de la division) entre les unités du dividende et celles du diviseur : *kilomètre par heure, mètre par seconde*.

### Symboles d'unités

À la suite d'un nombre, un nom d'unité peut être remplacé par son symbole : on peut écrire *5 mètres ou 5 m* mais il faut écrire *cinq mètres* (et non pas cinq m).

Un symbole d'unité de doit pas être modifié ; en particulier, il ne prend jamais la marque du pluriel : *15 kg* (et non pas 15 kgs) et il ne doit pas être suivi d'un point, sauf à la fin d'une phrase.

Un symbole est disposé obligatoirement à la suite du résultat numérique lorsqu'il s'agit d'unités décimales : *26,3 m* (et non pas 26 m,3). Cette règle ne s'applique pas aux unités qui ne sont pas décimales : *12<sup>h</sup> 15<sup>mn</sup> 30<sup>s</sup>*.

### Symboles composés

Dans le cas d'unités composées, le symbole est figuré par une expression algébrique dans laquelle chacun des symboles joue le même rôle que la grandeur correspondante de l'équation de définition; ainsi dans le cas de produit (vectoriel ou scalaire) ou de quotient, le symbole est le produit (vectoriel ou scalaire) ou le quotient des symboles des unités composantes. Par exemple à l'unité d'énergie électrique le wattheure correspond le symbole Wh.

Une vitesse, quotient d'une longueur et d'un temps, peut s'exprimer avec une unité dont le symbole est m÷s (barre horizontale) ou m/s (barre oblique) ou m·s<sup>-1</sup>.

Le moment d'une force étant numériquement égal au produit vectoriel de l'intensité d'une force et d'une longueur, le symbole de l'unité de moment du peut s'écrire m ^ N ou N.m. Il est à noter que selon l'ISO 31, le point situé entre les deux symboles devrait être à mi hauteur : N·m

Il est à noter que l'expression obtenue peut être transformée en appliquant les règles de l'algèbre ; la résistivité électrique étant définie par l'expression  $RS/l$  où  $R$  est une résistance,  $S$  une surface et  $l$  une longueur, l'unité correspondante a pour symbole  $(\Omega \cdot m^2)/m$  ou  $\Omega \cdot m$  après simplification. Des exposants positifs ou négatifs peuvent également être employés dans ces expressions : la masse volumique est le quotient d'une masse et d'un volume, l'unité a pour symbole  $kg/m^3$  ou  $kg \cdot m^{-3}$ .

[Retour table des matières](#)

## Préfixes

Préfixes à utiliser devant le nom des unités pour en multiplier la valeur (kilomètre, centilitre, gigahertz). Les symboles sont à utiliser devant les symboles des unités (km, cl, GHz).

Préfixe	Symbole	Facteur	Remarques
yotta	Y	$10^{24}$	<p>Si l'un de ces préfixes est accolé au nom d'une unité simple à la première puissance il doit être considéré comme un multiplicateur de cette unité; sa valeur est la puissance de 10 indiquée dans le tableau (ex. : 1 km = <math>10^3</math> m). Si l'unité, à laquelle est accolée le préfixe, se trouve élevée à une puissance déterminée (ex. : un kilomètre carré), il faut considérer que c'est l'unité multiple ou sous-multiple qui doit être élevée à cette puissance: <math>1 \text{ km}^2 = (1 \text{ km})^2 = (10^3 \text{ m})^2 = 10^6 \text{ m}^2</math> (et non pas <math>10^3 \text{ m}^2</math>).</p> <p>Le préfixe « myria », utilisé autrefois et qui correspondait au facteur <math>10^4 = 10\,000</math>, n'est plus mentionné et ne doit donc plus être employé.</p>
zetta	Z	$10^{21}$	
exa	E	$10^{18}$	
peta	P	$10^{15}$	
téra	T	$10^{12}$	
giga	G	$10^9$	
méga	M	$10^6$	
kilo	k	$10^3$	
hecto	h	$10^2$	
déca	da	$10^1$	
-	-	$10^0$	
déci	d	$10^{-1}$	
centi	c	$10^{-2}$	
milli	m	$10^{-3}$	
micro	$\mu$	$10^{-6}$	
nano	n	$10^{-9}$	
pico	p	$10^{-12}$	
femto	f	$10^{-15}$	
atto	a	$10^{-18}$	
zepto	z	$10^{-21}$	
yocto	y	$10^{-24}$	

## Alphabet grec

Les lettres de l'alphabet grec étant très fréquemment employées, il est nécessaire de les rappeler.

Lettre grecque	Nom	Correspondance	Lettre grecque	Nom	Correspondance
A α	alpha	A ou a	N ν	nu	N ou n
B β	bêta	B ou b	Ξ ξ	xi	X ou x ou cs
Γ γ	gamma	G ou g	Ο ο	omicron	O ou o
Δ δ	delta	D ou d	Π π	pi	P ou p
E ε	epsilon	É ou é	Ρ ρ	rhô	R ou r
Z ζ	dzêta	DZ ou dz	Σ σ ζ	sigma	S ou s
H η	êta	Ê ou ê	Τ τ	tau	T ou t
Θ θ	thêta	T ou th	Υ υ	upsilon	U ou u
I ι	iota	I ou i	Φ φ	phi	F ou f
K κ	kappa	K ou k	Χ χ	khi	K ou k
Λ λ	lambda	L ou l	Ω ω	oméga	Ô ou ô
M μ	mu	M ou N			

## GRANDEURS

Une grandeur est tout ce qui est susceptible d'augmentation ou de diminution comme, par exemple, une longueur, une surface, une puissance, etc. Mesurer une grandeur  $G$  (quelle que soit son espèce), c'est la comparer à une autre grandeur  $U$ , de même espèce, choisie pour unité. Le résultat de la mesure est un nombre entier (par ex. 5) si l'unité  $U$  est contenue un nombre entier de fois dans la grandeur  $G$  considérée (5 fois ici).

Une grandeur est directement mesurable quand nous pouvons définir le rapport ou l'égalité et la somme de deux valeurs de cette grandeur. Une longueur, une surface sont des grandeurs mesurables. En revanche, une température repérée au moyen de l'échelle thermométrique Celsius n'est pas une grandeur mesurable: nous pouvons définir l'égalité de deux températures mais nous ne pouvons pas en faire la somme.

## UNITÉS DE MESURE

Pour mesurer les diverses grandeurs physiques, un certain nombre d'unités ont été définies. Des relations géométriques ou physiques (relation entre une surface et une longueur, relation entre une force et une masse, etc.) font que la plupart de ces unités dépendent de quelques-unes d'entre elles. Pour cette raison, dans un système d'unités de mesure, il faut distinguer les unités de base ou unités principales qui sont choisies arbitrairement (elles constituent les bases du système d'unités) et les unités secondaires définies à partir des précédentes. Les premières correspondent aux grandeurs fondamentales et les secondes aux grandeurs dérivées. À un système d'unités sont également adjointes quelques unités hors système ou unités auxiliaires d'usage courant mais limité à certains corps de métiers (l'électronvolt et le mille marin, par exemple).

### Grandeurs fondamentales.

Les grandeurs fondamentales utilisées pour les divers systèmes réservés aux grandeurs géométriques et aux grandeurs mécaniques sont en général au nombre de trois : une longueur, une masse et un temps. Les unités correspondantes diffèrent selon le système: ce sont le mètre, le kilogramme et la seconde pour le Système International, le centimètre, le gramme et la seconde pour le système C.G.S. Ces systèmes ont dû être complétés pour définir des unités pour les grandeurs électriques, magnétiques, lumineuses, etc., et plusieurs grandeurs fondamentales supplémentaires ont souvent été nécessaires; par ex., pour le Système International, aux trois grandeurs fondamentales indiquées précédemment ont été ajoutées quatre autres: l'intensité du courant, la température thermodynamique, l'intensité lumineuse et la quantité de matière.

L'élaboration de systèmes cohérents d'unité de mesure s'est faite progressivement à partir des unités du système métrique. Bien que les définitions de ces unités aient dû être précisées pour la mise au point des systèmes d'unités utilisés de nos jours, elles conservent néanmoins un intérêt historique certain.

#### Remarque sur l'Unité de force :

Le poids d'un corps étant une force, il a été possible de prendre le poids du kilogramme étalon pour unité de force du système métrique (c'est la force avec laquelle cet étalon est attiré vers le centre de la Terre). Mais cette force d'attraction variant avec la latitude et l'altitude des points du globe, la Conférence générale des poids et mesures d'octobre 1907 a décidé que, par convention, cette unité de force n'était ainsi définie que pour tout point de latitude  $45^\circ$  et d'altitude zéro (niveau de la mer). La valeur correspondante de l'accélération de la pesanteur est  $g = 9,806\ 16\ \text{m/s}^2$  alors qu'à Paris, l'accélération de la pesanteur a pour valeur  $9,81\ \text{m/s}^2$ .

[Retour table des matières](#)



## LE SYSTÈME INTERNATIONAL

Un certain nombre de décrets précisent les dénominations, définitions et symboles des unités du système de mesures obligatoire en France. Ce système est le système métrique décimal à sept unités de base, appelé, par la Conférence générale des poids et mesures, système international SI.

Les unités de base sont:

le <u>mètre</u> , unité de longueur	le <u>kilogramme</u> , unité de masse
la <u>seconde</u> , unité de temps	l' <u>ampère</u> , unité d'intensité de courant électrique
le <u>kelvin</u> , unité de température	le <u>candela</u> , unité d'intensité lumineuse
la <u>mole</u> , unité de quantité de matière	

La **mole** n'étant pas définie ci-après dans les tableaux des différentes unités, voici la définition de cette grandeur qui intéresse toute la chimie, c'est dire toute son importance pratique et scientifique ; elle intervient aussi en physique.

L'unité de quantité de matière est la mole (mol), «quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kg de carbone 12». Une mole contient environ  $6.10^{23}$  entités élémentaires: atomes, molécules, ions, etc., dont la nature doit être précisée. L'étalon (isotope 12 du carbone) permet de mesurer une quantité de matière avec une précision qui dépasse parfois le dix-millionième. La masse de 12 grammes a été choisie pour conserver à l'unité la même valeur qu'à l'époque où la définition de la mole se référait à 1 gramme d'hydrogène.

Les unités dénommées et définies dans le décret (unités principales, secondaires et hors système) sont les seules unités légales. Néanmoins, d'anciennes unités ont la vie longue et sont toujours utilisées comme le *Cheval-Vapeur* ou le *kilogramme-force par cm<sup>2</sup>*.

Les unités secondaires et hors système peuvent être classées en :

[Retour table des matières](#)

unités <u>géométriques</u>	<u>longueur</u> , <u>aire</u> , <u>volume</u> , <u>angle plan</u> , <u>angle solide</u>
unités de <u>masse</u>	<u>masse</u> , <u>masse volumique</u>
unités de <u>temps</u>	
unités <u>mécaniques</u>	<u>accélération</u> , <u>vitesse</u> , <u>fréquence</u> , <u>force</u> , <u>moment</u> , <u>énergie</u> , <u>puissance</u> , <u>contrainte et pression</u> , <u>viscosité dynamique</u> , <u>viscosité cinématique</u>
unités <u>électriques</u> et <u>magnétiques</u>	<u>intensité électrique</u> , <u>quantité d'électricité</u> , <u>différence de potentiel</u> , <u>champ électrique</u> , <u>résistance électrique</u> , <u>capacité électrique</u> , <u>inductance électrique</u> , <u>flux magnétique</u> , <u>induction magnétique</u> , <u>force magnétomotrice</u> , <u>champ magnétique</u>
unités <u>calorifiques</u>	<u>température</u> , <u>quantité de chaleur</u>
unités <u>optiques</u>	<u>intensité lumineuse</u> , <u>luminance</u> , <u>flux lumineux</u> , <u>éclairage</u> , <u>vergence des systèmes optiques</u>
unités de <u>radioactivité</u>	<u>activité nucléaire</u> , <u>quantité de rayonnement</u> , <u>unité d'exposition</u>
unités de <u>transmission</u>	<u>néper</u> , <u>décibel</u>

dont les définitions et les tableaux sont sur les pages suivantes.

## UNITÉS GÉOMÉTRIQUES

LONGUEUR		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>mètre</b>	Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de 1/299 792 458 s.  Cela revient à attribuer à la vitesse de la lumière la valeur $c = 299\,792\,458$ m/s exactement. On peut donc considérer que la vitesse de la lumière joue le rôle d'étalon de longueur.	téramètre	$10^{12}$ m	Tm
		mégamètre	$10^6$ m	Mm
		kilomètre	$10^3$ m	km
		hectomètre	$10^2$ m	hm
		décamètre	10 m	dam
		mètre		m
		décimètre	$10^{-1}$ m	dm
		centimètre	$10^{-2}$ m	cm
		millimètre	$10^{-3}$ m	mm
		micromètre (micron)	$10^{-6}$ m	$\mu\text{m}$
		nanomètre	$10^{-9}$ m	nm
picomètre	$10^{-12}$ m	pm		
Autres unités : Mille : 1852 m. Son emploi n'est autorisé qu'en navigation maritime ou aérienne ; c'est la distance moyenne de deux points de la surface de la Terre qui ont même longitude et dont les latitudes diffèrent d'un angle d'une minute.				
angström (Å) = $10^{-10}$ m      année lumière = $9,47 \cdot 10^{15}$ m      parsec = $3,086 \cdot 10^{16}$ m				
unité astronomique (U.A.) = $1,495\,978\,706\,91 \cdot 10^{11}$ m				
Unités américaines ou anglaises				
Désignation (fr)	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
inch (pouce)	in	1/12 ft	2,54 cm	mil = $10^{-3}$ in = 25,4 $\mu\text{m}$
link		2/3 ft	20,12 cm	
foot (pied)	ft	1/3 yd	0,3048 m	1m = 3,2808 ft
yard	yd		0,9144 m	1m = 1,0936 yd
fathom (brasse)	fth	2 yd	1,8288 m	(mesure marine)
pole : perch (GB)	po	5 ½ yd	5,0292 m	(pole : rod (US))
chain	ch	4 po	20,117m	
furlong	fur	10 ch	201,168 m	
statute mile	st.mi	8 fur (1760 yd)	1,609349 km	1 km = 0,62131 st.mi
nautical mile	n.mi	6080 ft	GB : 1853,25 m	US : 1853,49 m
league		3 mi	4,82802 km	

AIRE ou SUPERFICIE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>mètre carré</b>	Aire d'un carré d'un mètre de côté	kilomètre carré	$10^6$ m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>
		hectomètre carré	$10^4$ m <sup>2</sup>	hm <sup>2</sup>
		décamètre carré	$10^2$ m <sup>2</sup>	dam <sup>2</sup>
		mètre carré		m <sup>2</sup>
		décimètre carré	$10^{-2}$ m <sup>2</sup>	dm <sup>2</sup>
		centimètre carré	$10^{-4}$ m <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>
		millimètre carré	$10^{-6}$ m <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>
Autre unités : barn (b) = $100 \text{ fm}^2 = 10^{-28} \text{ m}^2$ . Employé en physique nucléaire pour les sections efficaces.				
Unités agraires      hectare (ha) = $10^4 \text{ m}^2$ are (a) = $10^2 \text{ m}^2$				
Unités américaines ou anglaises				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
square mil		$10^{-6} \text{ in}^2$	$6,45 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^2$	circular mil (c.m) = $5,067 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^2$
square inch	sq.in (in <sup>2</sup> )	1/144 ft <sup>2</sup>	6,451 cm <sup>2</sup>	1 cm <sup>2</sup> = 0,155 in <sup>2</sup>
square link			4,047 dm <sup>2</sup>	1 dm <sup>2</sup> = 0,247 sq.link
square foot	sq.ft (ft <sup>2</sup> )	1/9 yd <sup>2</sup>	9,2902 dm <sup>2</sup>	1 dm <sup>2</sup> = 0,107 ft <sup>2</sup>
square yard	sq.yd (yd <sup>2</sup> )		0,8361 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup> = 1,196 yd <sup>2</sup>
square pole	sp.po (po <sup>2</sup> )		25,292 m <sup>2</sup>	
square chain	sq.ch (ch <sup>2</sup> )		404,7 m <sup>2</sup>	
rood	ro	40 po <sup>2</sup>	1011,677 m <sup>2</sup>	
acre	ac	40 ro	4046,86 m <sup>2</sup>	1 km <sup>2</sup> = 247,105 ac
square mile	sq.mi (mi <sup>2</sup> )	640 ac	2,589 km <sup>2</sup>	1 km <sup>2</sup> = 0386 mi <sup>2</sup>

VOLUME et CAPACITÉ		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>mètre cube</b>	Volume d'un cube d'un mètre de côté	kilomètre cube	$10^9 \text{ m}^3$	$\text{km}^3$
		mètre cube		$\text{m}^3$
		décimètre cube	$10^{-3} \text{ m}^3$	$\text{dm}^3$
		centimètre cube	$10^{-6} \text{ m}^3$	$\text{cm}^3$
		millimètre cube	$10^{-9} \text{ m}^3$	$\text{mm}^3$
<b>Mesures de capacité</b>		hectolitre	100 l	hl
		décalitre	10 l	dal
		litre	1 $\text{dm}^3$	l
		décilitre	$10^{-1} \text{ l} = 100 \text{ cm}^3$	dl
		centilitre	$10^{-2} \text{ l} = 10 \text{ cm}^3$	cl
		millilitre	$10^{-3} \text{ l} = 1 \text{ cm}^3$	ml
<i>Remarque</i> : L'ancienne définition du litre était : volume de 1 kg d'eau à 4 °C et sous la pression de 76 cm de mercure (1,013 bar) ; cette valeur excède de moins de 1/30 000 le décimètre cube.				
<i>Mesure des bois de chauffage empilés</i> stère (st) = $1 \text{ m}^3$ décistère (dst) = 0,1 st				
<b>Unités de volume américaines ou anglaises</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
cubic inch	$\text{in}^3$	$1/1728 \text{ ft}^3$	$16,387 \text{ cm}^3$	$1 \text{ dm}^3 = 61,024 \text{ in}^3$
cubic foot	$\text{ft}^3$	$1/27 \text{ yd}^3$	$38,317 \text{ dm}^3$	$1 \text{ m}^3 = 35,314 \text{ ft}^3$
cubic yard	$\text{yd}^3$		$0,764 \text{ m}^3$	$1 \text{ m}^3 = 1,308 \text{ yd}^3$
barrel bulk shipping		$5 \text{ ft}^3$	$141,55 \text{ dm}^3$	
measurement ton (GB)		$40 \text{ ft}^3$	$1,1326 \text{ m}^3$	$1 \text{ m}^3 = 0,883 \text{ m.ton}$ <i>Tonneau de mer</i>
load		$50 \text{ ft}^3$	$1,416 \text{ m}^3$	<i>Tonneau de douane</i>
register ton		$100 \text{ ft}^3$	$2,832 \text{ m}^3$	$1 \text{ m}^3 = 0,353 \text{ r.ton}$ <i>Tonneau de jauge</i>
cubic fathom	$\text{fth}^3$	$8 \text{ yd}^3$	$6,116 \text{ m}^3$	
acre foot			$1233 \text{ m}^3$	
cord (US)	cd	80 bhl	$3,265 \text{ stères}$	<i>Travaux publics</i>
<b>Unités de capacité américaines ou anglaises pour les liquides</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
minim	mn		GB : 0,05919 ml	US : 0,06161 ml
fluid drachm	fl.dr	60 mn	GB : 3,551 ml	US : 3,696 ml
fluid ounce	fl.oz	8 fl.dr	GB : 28,42 ml	US : 29,57 ml
gill (US)	gl	4 fl.oz	US : 0,118 l	
gill (GB)	gl	5 fl.oz	GB : 0,142 l	
pint	pt	5 fl.oz	GB : 0,568 l	US : 0,473 l
liquid quart	qt	2 pt	GB : 1,136 l	US : 0,946 l
gallon	gal	4 qt	GB : 4,546 l	US : 3,785 l
bushel	bhl	8 gal	GB : 36,247 l	US : 35,238 l
barrel (GB)	bl	36 gal	GB : 163,6 l	
barrel (US)	bl	42 gal	US : 115,662 l <i>mesure pour le baril de pétrole</i>	
hogshead	hhd	52 gal	GB : 286 l	
<b>Unités de capacité américaines ou anglaises pour les solides</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
solid quart	qt	$1/32 \text{ bhl}$	GB : 1,136 l	
peck	pk	2 gal	GB : 9,087 l	US : 6,809 l
sack	sk	3 bhl	GB : 109,043 l	
quarter		8 bhl	GB : 290,98 l	$1 \text{ hl} = 0,33 \text{ quarter}$
pipe		126 gal	GB : 572,75 l	
tun		256 gal	GB : 1145 l	
last		80 bhl	GB : 2909,8 l	

ANGLE PLAN		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>radian</b>	Angle plan, ayant son sommet au centre d'un cercle, interceptant sur la circonférence de ce cercle, un arc d'une longueur égale à celle du rayon.	radian		rad
		1 rad = 57,295 ° = 63,666 gr = 57° 17' 44''		
Autres Unités				
angle droit = $\pi/2$ rad = 100 grades = 90 degrés		grade (gr) = $\pi/200$ rad = 1/100 angle droit = 0,9 degré		
degré (°) = $\pi/180$ rad = 1/90 angle droit = 1,11 grade		minute (') = 1/60 degré = 60 secondes		
seconde (") = 1/60 minute = 1/3600 degré		tour (tr) = $2\pi$ rad		
millième d'artillerie = $\pi/3200$ rad = 0,05625 degré = 0,0625 grade				
<i>Remarque</i> : ISO31 recommande que le degré soit sub-divisé de manière décimale plutôt qu'en utilisant la minute et la seconde.				

ANGLE SOLIDE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>stéradian</b>	Angle solide ayant son sommet au centre d'une sphère découpant, sur la surface de cette sphère, une aire égale à celle d'un carré ayant pour côté le rayon de la sphère.	stéradian		sr
Autre Unité				
On rencontre quelquefois une unité appelée <i>spat</i> (sp), définie comme étant " l'angle solide comprenant la totalité de l'espace autour d'un point ". Il en résulte que : 1 spat = $4\pi$ stéradians.				

[Retour table des matières](#)

## UNITÉS DE MASSE

MASSE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>kilogramme</b>	Masse du prototype, en platine iridié, qui a été sanctionné par la Conférence Générale des poids et mesures, tenue à Paris en 1889, et qui est déposé au Pavillon de Breteuil à Sèvres (Haut-de-Seine).	tonne	1000 kg	t
		quintal	100 kg	q
		kilogramme		kg
		hectogramme	100 g	hg
		décagramme	10 g	dag
		gramme		g
		décigramme	10 <sup>-1</sup> g	dg
		centigramme	10 <sup>-2</sup> g	cg
		milligramme	10 <sup>-3</sup> g	mg
		microgramme	10 <sup>-6</sup> g	µg
Le kilogramme est bien à part des autres unités ; des sept unités qui forment le Système International, c'est la seule qui se réfère à un étalon matériel. Son histoire commence au XVIII <sup>e</sup> siècle, lorsque Lavoisier définit une unité de masse universelle afin de mettre un peu d'ordre dans les échanges commerciaux et de remplacer les innombrables unités de mesure. Le chimiste français choisit la masse de 1dm <sup>3</sup> d'eau pure à 4°C pour définir le kilogramme. En 1889, lors de la première Conférence des poids et mesures, dix-sept États utilisent ces travaux et adoptent le kilogramme. L'eau n'étant pas facile à manipuler, c'est le platine iridié (90% de platine pour 10% d'iridium), métal ultra dense et quasi inaltérable, qui est élu. Désormais, toutes les masses inconnues seront comparées à celle-là.				
<i>Autres unités :</i>				
Unité de masse atomique unifiée (u) : 1,660 540 2.10 <sup>-27</sup> kg. En biochimie, nommée dalton (Da)				
Dans le commerce alimentaire (fruits et légumes en vrac), on utilise la <i>livre</i> qui vaut ½ kg et la <i>demi-livre</i> (250 g)				
Dans le commerce des pierres précieuses, on utilise le <i>carat métrique</i> qui vaut deux décigrammes, soit 0,2 g, son emploi, bien que déconseillé, a toujours cours.				
<i>Remarque :</i> Le prototype international du kilogramme excède de 27 mg la masse du décimètre cube d'eau à son maximum de masse volumique				
<b>Unités de masse américaines ou anglaises – « Avoir du pois weight » (avdp) usage courant</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
grain	gr	1/7000 lb	64,799 mg	1 g = 15423 gr
dram	dr	1/16 oz	1,7718 g	1 g = 0,565 dr
ounce ( <i>once</i> )	oz	1/16 lb	28,35 g	1 g = 0,0353 oz
pound ( <i>livre</i> )	lb		453,59 g	1 kg = 2,205 lb
stone	st	14 lb	6,350 kg	1 kg = 0,158 st
quarter	qr	2 st	12,700 kg	1 kg = 0,079 qr
cental	ctl	100 lb	43,359 kg	1 quintal = 2,2046 ctl
hundredweight	cwt	4 gr	50,802 kg	1 quintal = 1,968 cwt
short ton (US)	sh.tn	2000 lb	907,184 kg	1 tonne = 1,092 sh.tn
long ton	t	2240 lb	1016,047 kg	<i>Washington ton</i>
<b>Unités de masse américaines ou anglaises – « Troy » usage pour les matières précieuses</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
grain	gr	1/7000 lb	64,798 mg	
pennyweight ( <i>denier</i> )	dwt	24 gr	1,555 g	
ounce troy	oz.Tr	20 dwt	31,103 g	
pound troy	lb.Tr	12 oz.Tr	373,241 g	
<b>Unités de masse américaines ou anglaises – « Apothecaries » usage pour pharmacie</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
grain	gr	1/7000 lb	67,798 mg	
scruple	scr	20 gr	1,296 g	
dram	dr	3 scr	3,887 g	
ounce Tr	oz.Tr	20 dwt	31,103 g	

[Retour table des matières](#)

MASSE VOLUMIQUE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>	
Dénomination	Définition	Dénominations	Symbole
<b>kilogramme par mètre cube</b>	Masse volumique d'un corps homogène dont la masse est de 1 kilogramme et le volume de 1 mètre cube.	tonne par mètre cube = 1 kg/l = 1 kg/dm <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>
		kilogramme par mètre cube = 10 <sup>3</sup> kg/l	kg/m <sup>3</sup>
		kilogramme par litre = 1 kg/dm <sup>3</sup> = 1 t/m <sup>3</sup>	kg/l
		gramme par centimètre cube = 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>
		gramme par litre = 1 kg/m <sup>3</sup>	g/l
<b>Unités de masse volumique (density) américaines ou anglaises</b>			
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques
grain per gallon (US)	gr/gal		17,1181g/m <sup>3</sup>
ounce per gallon	oz/gal	1/16 lb/gal	7,48915 kg/m <sup>3</sup>
pound per gallon	lb/gal		119,826 kg/m <sup>3</sup>
ounce per cubic inch	oz/in <sup>3</sup>		1729.99 kg/m <sup>3</sup>
ounce per cubic foot	oz/ft <sup>3</sup>		1,00115 kg/m <sup>3</sup>
pound per cubic inch	lb/in <sup>3</sup>		27679,9 kg/m <sup>3</sup>
pound per cubic foot	lb/ft <sup>3</sup>		16,0185 kg/m <sup>3</sup>
pound per cubic yard	lb/yd <sup>3</sup>		593,276 g/m <sup>3</sup>
ton (sh) per cubic yard	t/yd <sup>3</sup>		1186,55 kg/m <sup>3</sup>
ton (long) per cubic yard	t/yd <sup>3</sup>		1328.94 kg/m <sup>3</sup>
<i>Remarque</i> : La <i>densité</i> (anciennement appelée <i>densité relative</i> ) est le rapport exprimé en nombre décimal de la masse volumique de ce corps à celle d'un corps pris pour référence : en général, l'eau pour les solides et les liquides et l'air pour les gaz. C'est un nombre abstrait.			

CONCENTRATION		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>	
Dénomination	Définition	Dénominations	Symbole
<b>kilogramme par mètre cube</b>	Concentration d'un échantillon homogène contenant un kilogramme du corps considéré dans un volume total de 1 mètre cube.	kilogramme par mètre cube	kg/m <sup>3</sup>
		gramme par centimètre cube	g/cm <sup>3</sup>
<i>Remarque</i> : Le titre, en un corps donné, d'un échantillon homogène est le rapport, exprimé en nombre décimal, de la mesure relative à ce corps, d'une grandeur déterminée de la mesure, relative à la totalité de l'échantillon, de la même grandeur. Le mot « titre » doit être accompagné d'un qualificatif tel que « massique » ou « volumique » ; à défaut de qualificatif, le mot « titre » doit s'entendre comme « titre massique ».			

[Retour table des matières](#)

## UNITÉS DE TEMPS

TEMPS		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>seconde</b>	Durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.	jour	24 h = 86400 s	j ou d
		heure	3600 s = 60 mn	h
		minute	60 s	mn min
		seconde	1 s	s
		milliseconde	10 <sup>-3</sup> s	ms
		microseconde	10 <sup>-6</sup> s	µs
		nanoseconde	10 <sup>-9</sup> s	ns
		picoseconde	10 <sup>-12</sup> s	ps
En 1967, la 13e Conférence générale sur les poids et mesures a redéfini l'unité de temps internationale, la seconde, par rapport au rythme de l'atome de césium. Auparavant, la seconde était égale au 1/86 400 du jour solaire moyen, une mesure pas très fiable, car la Terre ne tourne pas toujours très rond. Les horloges atomiques utilisent un petit four pour vaporiser du césium. On soumet le jet d'atomes qui en résulte à un champ électromagnétique ce qui fait que les électrons gravitant autour des noyaux montent ou descendent d'un niveau d'énergie ; on dit qu'ils changent d'état. Dans le premier cas, ils émettent une radiation, dans le second, ils l'absorbent. Ils le font avec une régularité de métronome, au rythme de 9 192 631 770 vibrations par seconde. La marge d'erreur est de 1 s tous les trois millions d'année !				
<i>Remarque</i> : Pour la minute, le symbole « m » peut être employé lorsqu'il ne saurait y avoir d'ambiguïté : par exemple 8 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> . Dans ce cas particulier, les symboles doivent s'écrire en exposant.				

[Retour table des matières](#)

## UNITÉS MÉCANIQUES

VITESSE LINÉAIRE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>mètre par seconde</b>	Vitesse d'un mobile qui, animé d'un mouvement uniforme, parcourt, en 1 seconde une distance de 1 mètre	mètre par seconde		m/s
		centimètre par seconde	$10^{-3}$ m/s	cm/s
Autre unité : le kilomètre par heure (km/h) vaut $1/3,6$ m/s = 0,2777 m/s				
Unités de vitesse linéaire (velocity) américaines ou anglaises				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
foot per second	ft/s		0,3048 m/s	
inch per second	in/s		0,0254 m/s	
mile per hour (mph)	mph		1,60934 km/h	
Le <i>nœud</i> (knot (kt)) est défini comme étant « la vitesse uniforme d'un mobile qui, en 1 heure, parcourt un mille » et vaut : $1852/3600 = 0,514$ m/s.				

VITESSE ANGULAIRE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>radian par seconde</b>	Vitesse de rotation d'un mobile, qui animé d'une vitesse de rotation uniforme, effectue en 1 seconde une rotation de 1 radian autour d'un axe.	radian par seconde		rad/s
		tour par seconde	$2\pi$ rad/s	tr/s
		tour par minute	$2\pi/60$ rad/s ~ 0,105 rad/s	tr/mn tr/min

ACCÉLÉRATION LINÉAIRE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>mètre par seconde par seconde</b>	Accélération d'un mobile animé d'un mouvement uniformément varié, dont la vitesse varie en une seconde de 1 mètre par seconde.	mètre par seconde par seconde		$m/s^2$
		centimètre par seconde par seconde ou gal	$10^{-2}$ m/s <sup>2</sup>	cm/s <sup>2</sup>
Remarques : ISO/R31 recommande la dénomination « mètre par seconde carré » Le gal est une unité spéciale employée en géodésie et en géophysique pour exprimer l'accélération due à la pesanteur.				
Unités d'accélération linéaire américaines ou anglaises				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
inch per second <sup>2</sup>	in/s <sup>2</sup>		2,54 cm/s <sup>2</sup>	
foot per second <sup>2</sup>			0,3048 m/s <sup>2</sup>	

ACCÉLÉRATION ANGULAIRE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>radian par seconde par seconde</b>	Accélération angulaire d'un mobile animé d'un mouvement de rotation uniformément varié, dont la vitesse angulaire varie en une seconde de 1 radian par seconde.	radian par seconde par seconde		rad/s <sup>2</sup>

FRÉQUENCE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>hertz</b>	Fréquence d'un phénomène périodique dont la période est 1 seconde.	téraherz	$10^{12}$ Hz	THz
		gigahertz	$10^9$ Hz	GHz
		mégahertz	$10^6$ Hz	MHz
		kilohertz	$10^3$ Hz	kHz
		hertz	1 Hz	Hz
Dans les calculs on utilise fréquemment la « pulsation » $\omega$ qui a pour valeur $\omega = 2 \pi f$ et qui s'exprime en « radian par seconde » car elle correspond à une vitesse angulaire				
Remarque : Les dénominations « périodes par seconde », « cycles par seconde » et leurs multiples sont à proscrire ; de même que les expressions incomplètes « périodes » et « cycles » sans indication de temps.				

FORCE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>newton</b>	Force qui communique à un corps ayant une masse de 1 kilogramme une accélération de 1 mètre par seconde, par seconde.	méganewton	$10^6$ N	MN
		kilonewton	$10^3$ N	kN
		décanewton	$10^2$ N	daN
		newton		N
		millinewton	$10^{-3}$ N	mN
Autres unités : dyne (dyn) = $10^{-5}$ N		sthène = $10^3$ N		
1 newton = $10^5$ dynes = $10^{-3}$ sthène = $10^{-1}$ centisthène				
<b>Unité prohibée</b> : le kilogramme-force (kgf) 1kgf = 9,806 N soit ~ 1 daN à 2% près				
<b>Unités de force américaines ou anglaises</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
kilopound force	klbf		4448,22 N	
ounce force	ozf		0,278014 N	
pound force	lbf		4,44822 N	
poundal force	pdf		0,138255 N	
ton force	tf		8896,44 N	

MOMENT		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>newton-mètre</b>	Moment par rapport à un axe, d'une force de 1 newton, dont le support est distant de 1 mètre de l'axe et y est orthogonal	newton-mètre		N·m N ∧ m
Autre unités : dyne-centimètre (dyn.cm) = $10^7$ N·m		sthène-mètre (sn.m) = $10^3$ N·m		
<b>Unités prohibées</b> : gramme-force-centimètre (gf.cm) = $9,81 \cdot 10^{-5}$ N·m - kilogramme-force-mètre (kgf.m) = 9.81 N·m				
<b>Unités de moment (torque) américaines ou anglaises</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
ounce force inch	ozf.in		0,00706155 N·m	
pound force inch	lbf.in	16 ozf.in	0,112985 N·m	
pound force foot	lbf.ft	12 lbf.in	1,35582 N·m	

ÉNERGIE, TRAVAIL, QUANTITÉ de CHALEUR		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>joule</b>	Travail produit par une force de 1 newton dont le point d'application se déplace de 1 mètre dans la direction de la force.	mégajoule	$10^6$ J	MJ
		kilojoule	$10^3$ J	kJ
		joule		J
		erg	$10^{-7}$ J	erg
Autres unités :				
wattheure (Wh)	= 3600 joules = $3,6 \cdot 10^3$ J			
kilowattheure (kWh)	= $3,6 \cdot 10^6$ J			
calorie (cal)	= 4,1855 J ; il s'agit de ce que l'on appelait autrefois la « petite calorie » : quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 °C la température d'une masse de 1 gramme d'un corps, dont la chaleur massique est égale à celle de l'eau à 15 °C sous la pression atmosphérique normale (101325 pascals). La « grande calorie » valait 1000 petites calories soit 1 kcal.			
thermie (th)	= 1 Mcal = $10^6$ calories = $4,1855 \cdot 10^6$ J			
frigorie (fg)	en valeur absolue égale à 1kcal ; utilisée dans l'industrie frigorifique			
électronvolt (eV)	= $1,602 \cdot 10^{-19}$ J ; c'est une unité d'énergie utilisée couramment en physique nucléaire. C'est l'énergie acquise par un électron, accéléré sous une différence de potentiel de 1 volt.			
<i>Remarque</i> : le kilogrammètre (kgm) défini comme étant : « le travail produit par 1 kilogramme-force dont le point d'application se déplace de 1 mètre dans la direction de la force » est prohibé ; il correspond à 9.81 joules ou 2,34 calories.				
<b>Unités d'énergie (energy) américaines ou anglaises</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
foot pound force	ft.lbf		1,355818 J	
British thermal unit	Btu		1055,056 J (Intl') 1055,87 J (Mean) 1054,35 J (Thermal)	



PUISSANCE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>watt</b>	Puissance de 1 joule par seconde.	mégawatt	$10^6$ W	MW
		kilowatt	$10^3$ W	kW
		watt		W
		milliwatt	$10^{-3}$ W	mW
		microwatt	$10^{-6}$ W	$\mu$ W
		erg par seconde	$10^{-7}$ W	erg/s
<p>Les électriciens emploient pour mesurer les puissances apparentes le <i>voltampère</i> (VA) et ses multiples notamment le kilovoltampère (kVA) et le mégavoltampère (MVA) et pour les puissances réactives le voltampère réactif désigné sous le terme <i>var</i> (symbole var) et ses multiples. <i>Pour les tensions alternatives, les calculs des puissances électriques doivent tenir compte des déphasages entre intensité et tension.</i></p> <p>Autre unité toujours employée bien que prohibée :</p> <p>Cheval-Vapeur (CV) Puissance nécessaire pour élever verticalement un poids de 75 kg à 1 mètre de hauteur en 1 seconde = 75 kgf.m/s = 735,4990000873 W</p>				
<b>Unités de puissance (power) américaines ou anglaises</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
foot lbf per hour	lbf.ft/h		0,376616 mW	
foot lbf per minute	lbf.ft/mn		22,5969 mW	
Btu ( <i>int'l</i> ) per hour	Btu/h		0,2930711 W	
Btu ( <i>therm</i> ) per hour	Btu/h		0,2928751 W	
ton refrigeration	ton		3517 W	
Horse-Power (HP)			Puissance nécessaire pour élever un poids de 550 livres à une hauteur de un pied en une seconde = 550 lbf.ft/s = 745,6999002726 W	

PRESSION et CONTRAINTE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>pascal</b>	Pression uniforme ou contrainte qui agissant sur une surface plane de 1 mètre carré, exerce perpendiculairement à cette surface une force totale de 1 newton.	mégapascal	$10^6$ Pa	MPa
		kilopascal	$10^3$ Pa	kPa
		hectopascal	$10^2$ Pa	hPa
		pascal		Pa
		barye	$10^{-1}$ Pa	dyn/cm <sup>2</sup>
		bar = $10^5$ Pa	$10^6$ baryes	bar
		millibar = $10^2$ Pa	1 hPa	mb
		pièze	$10^3$ Pa	pz
		hectopièze	1 bar	hpz
<p>Autres unités : L'industrie emploie encore beaucoup d'autres unités dont l'usage est déconseillé</p> <p>atmosphère (atm) <math>1,013 \cdot 10^5</math> pascals = 760 torrs</p> <p>torr ou millimètre de mercure <math>1,33322 \cdot 10^2</math> pascals</p> <p>kilogramme-force par mètre carré (kgf/m<sup>2</sup>) 9,81 pascals</p> <p>kilogramme-force par centimètre carré (kgf/cm<sup>2</sup>) <math>9,81 \cdot 10^4</math> pascals = 0,98 bar</p> <p>kilogramme-force par millimètre carré (kgf/mm<sup>2</sup>) <math>9,81 \cdot 10^6</math> pascals</p> <p>Remarque : La pression atmosphérique normale (0,76 m de mercure) sous l'accélération normale de la pesanteur 9,80665 m/s<sup>2</sup> est égale à 101325 pascals soit 1013,25 hPa.</p>				
<b>Unités de pression (pressure) américaines ou anglaises</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
inch of water (39.2°F)	inH <sub>2</sub> O		249,089 Pa	
foot of water (39.2°F)	ftH <sub>2</sub> O		2989,07 Pa	
inch of mercury (32°F)	inHg		3386,39 Pa	
pound force per ft <sup>2</sup>	lbf/ft <sup>2</sup>		47,8803 Pa	
pound force per in <sup>2</sup>	lbf/in <sup>2</sup>		68,94756999871 hPa (mbar) nommé PSI	

[Retour table des matières](#)

VISCOSITÉ DYNAMIQUE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>poiseuille</b>	Viscosité dynamique d'un fluide dans lequel une surface plane, solide, indéfinie, animée d'un mouvement rectiligne, uniforme, et dans son plan, est soumise à une force retardatrice de 1 newton par mètre carré de surface de contact avec le fluide, si celui-ci est en écoulement relatif permanent, et si son gradient de vitesse, à la surface du solide, est de 1 mètre par seconde et par mètre d'écartement normal à la dite surface.	poiseuille	1 N.s/m <sup>2</sup>	PI
		millipoiseuille	10 <sup>-3</sup> N.s/m <sup>2</sup>	mPI
		poise	0,1 N.s/m <sup>2</sup>	Po
<i>Autres unités</i> : On rencontre parfois dans l'industrie le « kilogramme-force seconde par mètre carré » (kgf.s/m <sup>2</sup> ) qui est égal à 9,81 poiseuilles. Cette unité est prohibée.				

VISCOSITÉ CINÉMATIQUE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>mètre carré par seconde</b>	Viscosité cinématique d'un fluide dont la viscosité dynamique est un poiseuille et la masse volumique un kilogramme par mètre cube.	mètre carré par seconde		m <sup>2</sup> /s
		centimètre carré par seconde ou stoke	10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s	cm <sup>2</sup> /s
				St
<b>Unités de viscosité (viscosity) américaines ou anglaises</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
square inch per second	in <sup>2</sup> /s		6,45 cm <sup>2</sup> /s	
square foot per second	ft <sup>2</sup> /s		0,092903 m <sup>2</sup> /s	
square foot per hour	ft <sup>2</sup> /h		0.092903 cm <sup>2</sup> /s	

[Retour table des matières](#)

## UNITÉS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES

INTENSITÉ DE COURANT ÉLECTRIQUE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>ampère</b>	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, produit entre ces conducteurs, par mètre de longueur, une force de 2.10 <sup>-7</sup> newton.	kiloampère	10 <sup>3</sup> A	kA
		ampère		A
		milliampère	10 <sup>-3</sup> A	mA
		microampère	10 <sup>-6</sup> A	µA
<i>Autres unités</i> : de vieilles unités peuvent encore être présentes dans des anciens textes				
biot (Bi) ou abampère = 10A		statampère = 1/3.10 <sup>9</sup> A		
<b>Unités américaines ou anglaises</b>				
Désignation	Relations	Valeurs, concordances et remarques		
electrostatic unit of current (ESU)		1 statampère		
electromagnetic unit of current (EMU)		1 abampère		

QUANTITÉ d'ÉLECTRICITÉ		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>coulomb</b>	Quantité d'électricité transporté en une seconde par un courant de un ampère.	kilocoulomb	$10^3$ C	kC
		coulomb		C
		millicoulomb	$10^{-3}$ C	mC
		microcoulomb	$10^{-6}$ C	$\mu$ C
		ampère-heure	3600 C	Ah
<i>Autres unités</i> : de vieilles unités peuvent encore être présentes dans des anciens textes				
abcoulomb = 10 C		franklin (Fr) ou statcoulomb = $1/3 \cdot 10^9$ C		
<b>Unités de quantité d'électricité (charge) américaines ou anglaises</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
faraday (carbon 12)			96487 C	
faraday (chemical)			96495,7 C	
faraday (physical)			96521,9 C	

TENSION ou DIFFÉRENCE DE POTENTIEL FORCE ÉLECTROMOTRICE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>volt</b>	Différence de potentiel qui existe entre deux points d'un fil conducteur parcouru par un courant constant de 1 ampère, lorsque la puissance dissipée entre ces points est égale à 1 watt.	mégavolt	$10^6$ V	MV
		kilovolt	$10^3$ V	kV
		volt		V
		millivolt	$10^{-3}$ V	mV
		microvolt	$10^{-6}$ V	$\mu$ V
<i>Autres unités</i> : de vieilles unités peuvent encore être présentes dans des anciens textes				
abvolt = $10^{-8}$ V		statvolt = $3 \cdot 10^2$ V		
<i>Remarques</i> : Les forces électromotrices des générateurs s'expriment en volts, bien que dans ce cas la définition du volt ne s'applique pas. Le volt est pratiquement égal à 1/1,0186 de la force électromotrice, à la température de 20 °C, de l'élément Weston normal ( <i>neutre et saturé</i> ) au sulfate de cadmium.				

CHAMP ÉLECTRIQUE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>volt par mètre</b>	Quotient de la force exercée par le champ électrique sur une charge électrique par cette charge.	volt par mètre		V/m
		millivolt par mètre	$10^{-3}$ V/m	mV/m
		microvolt par mètre	$10^{-6}$ V/m	$\mu$ V/m
<i>Autres unités</i> :				
abvolt par mètre = $10^{-6}$ V/m		statvolt par mètre = $3 \cdot 10^4$ V/m		
Dans l'industrie on utilise le « kilovolt par millimètre (kV/mm) » = $10^6$ V/m				
<i>Remarques</i> : Le « volt par mètre » est équivalent au « newton par coulomb »				

RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>ohm</b>	Résistance électrique qui existe entre deux points d'un fil conducteur, lorsqu'une différence de potentiel de 1 volt, appliquée entre ces deux points, produit dans ce conducteur un courant de 1 ampère, ledit conducteur n'étant le siège d'aucune force électromotrice.	téraohm	$10^{12}$ $\Omega$	T $\Omega$
		mégohm	$10^6$ $\Omega$	G $\Omega$
		kilohm	$10^3$ $\Omega$	k $\Omega$
		ohm		$\Omega$
		milliohm	$10^{-3}$ $\Omega$	m $\Omega$
		microhm	$10^{-6}$ $\Omega$	$\mu\Omega$
		nanohm	$10^{-9}$ $\Omega$	n $\Omega$
<i>Autres unités</i> :				
abohm = $10^{-9}$ $\Omega$		statohm = $9 \cdot 10^{11}$ $\Omega$		
CONDUCTANCE ÉLECTRIQUE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
<b>ohm<sup>-1</sup></b> <b>siemens</b>	ohm à la puissance moins un	siemens	$1 \Omega^{-1}$	$\Omega^{-1}$ S
<i>Remarques</i> : L'ohm peut être utilisé comme unité d'impédance et le siemens comme unité d'admittance				

CAPACITÉ ÉLECTRIQUE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>farad</b>	Capacité d'un condensateur électrique entre les armatures duquel apparaît une différence de potentiel de 1 volt lorsqu'il est chargé d'une quantité d'électricité égale à un coulomb.	farad		F
		microfarad	$10^{-6}$ F	μF
		nanofarad	$10^{-9}$ F	nF
		picofarad	$10^{-12}$ F	pf
<i>Autres unités :</i>				
abfarad = $10^9$ F		statfarad = $1/9.10^{11}$ F = 1,111 pF		
<b>Unités de capacité électrique (capacitance) américaines ou anglaises</b>				
electrostatic unit of capacitance (ESU) = 1 statfarad		electromagnetic unit of capacitance (EMU) = 1 abfarad		

INDUCTANCE ÉLECTRIQUE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>henry</b>	Inductance électrique d'un circuit fermé dans lequel une force électromotrice de 1 volt est produite lorsque le courant électrique qui parcourt le circuit varie uniformément de 1 ampère par seconde.	henry		H
		millihenry	$10^{-3}$ H	mH
		microhenry	$10^{-6}$ H	μH
<i>Autres unités :</i>				
abhenry = $10^{-9}$ H = $10^{-3}$ μH		stathenry = $9.10^{11}$ H		
<b>Unités d'inductance électrique (inductance) américaines ou anglaises</b>				
electrostatic unit of inductance (ESU) = 1 stathenry		electromagnetic unit of inductance (EMU) = 1 abhenry		

FLUX MAGNÉTIQUE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>weber</b>	Flux magnétique qui traversant un circuit d'une seule spire, y produit une force électromotrice de 1 volt, si on l'amène à zéro en une seconde par décroissance uniforme.	weber		Wb
		maxwell	$10^{-8}$ Wb	Mx
<i>Autres unités :</i>				
unité électrostatique = $3.10^2$ Wb				
<i>Remarques :</i> ISO/R31 recommande le symbole « Mx » pour le maxwell				
<b>Unités de flux magnétique (magnetic flux) américaines ou anglaises</b>				
unit pole = $12566,4.10^3$ Wb				

INDUCTION MAGNÉTIQUE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>tesla</b>	Induction magnétique uniforme qui, répartie normalement sur une surface de 1 mètre carré, produit à travers cette surface un flux magnétique total de 1 weber.	tesla		Wb/m <sup>2</sup> ou T
		gauss	$10^{-4}$ T	G
<i>Autres unités :</i>				
L'ancienne unité C.G.S. ou U.E.S vaut $3.10^2$ Wb				
<i>Remarques :</i> ISO/R31 recommande le symbole « Gs » pour le gauss				

FORCE MAGNÉTOMOTRICE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>ampère</b>	Force magnétomotrice correspondant à un courant de 1 ampère parcourant un circuit d'une seule spire.	ampère		A
<i>Autres unités :</i>				
gilbert (Gb) = $10/4\pi$ A (Unité électromagnétique CGS ou UEM)		$1/(12\pi.10^9)$ A (Unité électrostatique CGS ou UES)		

CHAMP MAGNÉTIQUE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>ampère par mètre</b>	Champ magnétique créé au centre d'un circuit circulaire de 1 mètre de diamètre, par le passage, dans le circuit, d'un courant constant de 1 ampère, ce circuit étant constitué par un fil conducteur de section négligeable.	ampère par mètre		A/m
<i>Autres unités :</i>				
ampère-tour par centimètre (Atr/cm) = 100 A/m				
øersted (Oe) = 1000/4π A/m		1/(12π.10 <sup>7</sup> ) A/m (Unité électrostatique CGS ou UES)		

[Retour table des matières](#)

## UNITÉS DE TEMPÉRATURE

TEMPÉRATURE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>kelvin</b>	Degré de l'échelle thermodynamique des températures absolues dans laquelle la température du point triple de l'eau est 273,16 K	kelvin		K
<b>degré Celsius</b>	La température Celsius <i>t</i> correspondant à la température thermodynamique <i>T</i> est définie par l'équation $t = T - T_0$ dans laquelle $T_0 = 273,15$ K. Un intervalle ou une différence de température peut aussi s'exprimer en degré Celsius	degré Celsius	1 °C = 1 K	°C
<i>Remarques :</i> Pour la quantité de chaleur, voir les Unités Mécaniques				
<b>Unités de température américaines ou anglaises</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et <i>remarques</i>	
degré Fahrenheit	°F		0 °C = 32 °F    100 °C = 212 °F C = (F - 32) x 5/9    F = (9/5 x C) + 32	

[Retour table des matières](#)

## UNITÉS OPTIQUES

INTENSITÉ LUMINEUSE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>candela</b>	Intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence 540.10 <sup>12</sup> hertz (longueur d'onde 0,555 μm) et dont l'intensité énergétique dans cette direction est 1/683 watt par stéradian.	candela		cd
<b>Unités d'intensité lumineuse américaines ou anglaises</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et <i>remarques</i>	
candle			GB : 0,98 candela    US : 1,02 candela	

[Retour table des matières](#)

LUMINANCE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>candela par mètre carré</b>	Luminance d'une source dont l'intensité lumineuse est un candela et la surface un mètre carré.	candela par mètre carré		cd/m <sup>2</sup>
		candela par cm <sup>2</sup> ou stilb	10 <sup>4</sup> cd/m <sup>2</sup>	cd/cm <sup>2</sup> sb
<b>Unités de luminance américaines ou anglaises</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
candela per square inch	cd/in <sup>2</sup>		1550 cd/m <sup>2</sup>	
lambert (US)	L		3183,1 cd/m <sup>2</sup> 1 cd/m <sup>2</sup> = 0,314.10 <sup>4</sup> lamberts	
foot lambert	fL		3,42626 cd/m <sup>2</sup>	

FLUX LUMINEUX		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>lumen</b>	Flux lumineux émis dans l'angle solide de 1 stéradian par une source ponctuelle uniforme, placée au sommet de l'angle solide et ayant une intensité lumineuse de 1 candela.	lumen		lm
<b>Unités de flux lumineux américaines ou anglaises</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
spherical candle power			12,57 lumens 1 lm = 0,0795 s.c.pow	

ÉCLAIREMENT		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>lux</b>	Éclairement d'une surface qui reçoit normalement, d'une manière uniformément répartie, un flux lumineux de 1 lumen par mètre carré.	lux		lx
		phot	10 <sup>4</sup> lx	ph
Remarques : Le lux est également l'émittance d'une surface de 1 m <sup>2</sup> qui émet normalement, de manière uniformément répartie, un flux lumineux de 1 lumen.				
<b>Unités d'éclairement américaines ou anglaises</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
foot candle	fc		10,764 lx 1 lx = 0,0929 fc	
lumen per square foot	lm/ft <sup>2</sup>		10,7639 lx	

VERGENCE des SYSTÈMES OPTIQUES		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>dioptrie</b>	Vergence d'un système optique dont la distance focale est de 1 mètre dans un milieu dont l'indice de réfraction est de un.	dioptrie		δ

[Retour table des matières](#)

## UNITÉS DE LA RADIOACTIVITÉ

ACTIVITÉ NUCLÉAIRE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>becquerel</b>	Activité nucléaire d'une quantité de radioélément (ou nucléide radioactif) pour laquelle le nombre de désintégrations par seconde est 1.	becquerel	2,7027.10 <sup>-11</sup> Ci	Bq
		curie	3,7.10 <sup>10</sup> Bq	Ci
		millicurie	10 <sup>-3</sup> Ci	mCi
<b>Unités d'activité nucléaire américaines ou anglaises</b>				
Désignation	Abrév.	Relations	Valeurs, concordances et remarques	
rutherfords	Ru		2,7.10 <sup>-17</sup> Ci	

[Retour table des matières](#)

QUANTITÉ de RAYONNEMENT X ou $\gamma$		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>röntgen</b>	Quantité de rayonnement X ou $\gamma$ telle que l'émission corpusculaire qui lui est associée dans 0,001293 gramme d'air produise, dans l'air, des ions transportant une quantité d'électricité, de l'un ou l'autre signe, égale à $1/3 \cdot 10^9$ coulomb.	röntgen		R

UNITÉ d'EXPOSITION, DOSE ABSORBÉE		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>coulomb par kilogramme</b>	Unité d'exposition.	coulomb par kilogramme	3876 röntgen	C/kg
<b>sievert</b>	Unité d'équivalent de dose (produit de la dose absorbée par le facteur de qualité Q qui rend compte de l'effet biologique, différent selon la nature du rayonnement)	sievert		Sv
		rem	$10^{-2}$ Sv	rem
		<i>Anciennement rem (röntgen equivalent for man).</i>		
<b>gray</b>	Unité de dose absorbée dans une masse de matière de 1 kg à laquelle les rayonnements ionisants communiquent une énergie de 1 joule.	gray		Gy
		rad	$10^{-2}$ Gy	rad

[Retour table des matières](#)

## UNITÉS de TRANSMISSION

TRANSMISSION		Multiples et sous-multiples usuels <a href="#">Retour début unités</a>		
Dénomination	Définition	Dénominations	Valeur	Symbole
<b>néper</b>	Le néper est l'appellation dont on fait suivre le nombre $n$ défini par la relation suivante : $n = \log_e A_1 / A_2$ $A_1$ et $A_2$ désignant soit deux tensions électriques, soit deux courants électriques, soit deux vitesses, soit deux pressions acoustiques. Par extension $A_1$ et $A_2$ peuvent représenter deux racines carrées réelles ou apparentes, ou deux racines carrées d'intensités acoustiques	néper		Np
		Le symbole N est toléré lorsqu'il n'y a pas à craindre une confusion avec le symbole N de newton.  $1 \text{ Np} = 8,69 \text{ dB}$		
<b>décibel</b>	Le décibel est l'appellation dont on fait suivre le nombre $n'$ défini par la relation suivante : $n' = \log_{10} B_1 / B_2$ $B_1$ et $B_2$ désignant soit deux puissances réelles ou apparentes, soit deux intensités acoustiques. Par extension, ces symboles peuvent figurer soit deux carrés de différence de potentiel, soit deux carrés d'intensités de courants électriques, soit deux carrés d'impédances, soit deux carrés de vitesses, soit deux carrés de pressions acoustiques.	Bel		B
		décibel	$10^{-1}$ B	dB
		$1 \text{ dB} = 0,115 \text{ Np}$ $1 \text{ B} = (1/2) \ln 10 \text{ Np}$  Il est spécialement important de préciser la grandeur en question lorsque l'on utilise ces unités (Np et dB). Il ne faut pas compter sur l'unité pour spécifier la grandeur.		

[Retour table des matières](#)

## Avez-vous bien compris les tableaux des unités ?

### Problème de masse sur la Lune

En 1969, sur la Lune, Neil Amstrong se sentit six fois plus léger. Un objet d'une masse de 12 kg est emporté sur la Lune par un astronaute ; quelle sera la masse de cet objet sur le satellite de la Terre ?

Ceux qui ont répondu " 2 kg " vont au piquet. Ils ont confondu la masse et le poids. Bien entendu, Amstrong pesait six fois moins que sur la terre mais sa masse, tout comme celle de l'objet, ne peut changer puisqu'elle se définit comme " la quantité de matière que contient un corps ".

La plus grande confusion règne dans ce domaine et vous êtes excusable. Poids de la boîte haricots verts : 1 kg ; Poids de la petite cousine : 27 kg ; Poids du paquet-poste : 820 g. Erreur, erreur, erreur ! Le kilogramme est l'unité de la [masse](#), le poids s'exprime en newtons : 1 N est défini comme la [force](#) qui donne une accélération de 1 m par seconde au carré ( $1\text{m/s}^2$ ) à une masse de 1 kg. Le poids est donc une force et elle se caractérise par une direction et une intensité. La direction se détermine facilement : lâchez un objet, il tombe et pointe vers le centre de la Terre. Pour l'intensité (P), un calcul est nécessaire : elle est égale au produit de la masse (m) par l'accélération de la pesanteur locale (g), soit mg. Sur Terre, g vaut en moyenne  $9,81\text{ m/s}^2$ , sur la Lune,  $1,63\text{ m/s}^2$ . Plus l'astre est gros et massif, plus l'attraction qu'il exerce sur un objet est grande. Ainsi, de la Terre à la Lune, la masse de l'objet n'aura pas changé d'un iota, mais son poids, lui, sera six fois plus faible. L'objet pèsera 118 N sur Terre pour seulement 20 N sur la Lune.

La lune ne fait pas exception à la loi. Sous l'effet de la gravitation universelle, elle est attirée par la Terre. Mais, comme elle tourne en rond, cette force d'éjection (force centrifuge) s'oppose à la chute vers la Terre. Les satellites sont soumis aux mêmes forces opposées pour rester en orbite. Chaque altitude a sa vitesse de rotation. À 384 000 km de la Terre, la Lune fait du 1 km/s. À 36 000 km d'altitude, un satellite géostationnaire file à 3 km/s. Afin de ne pas chuter depuis ses 400 km la station spatiale russe Mir exigeait du 76 km/s, plus de 27 000 km/h.

### D'une pomme et d'une plume, qui arrive le premier au sol ?

Dans la main droite, une pomme ; dans la main gauche, une plume. Les deux mains à la même hauteur, on lâche les deux au même instant : qui sera la première arrivée sur le sol ?

Les deux arrivent au même instant. Mais si, mais si ! Quelle que soit la masse d'un objet, porte-avions ou plume d'oie, quelle que soit sa nature - métal, bois, plastique ou œufs à la neige - ils sont tous égaux devant la gravité. Ils chutent à la même vitesse parce qu'ils subissent la même accélération de la pesanteur (g).

Bien sûr, lorsque l'on fait cette expérience à l'air libre, ça ne marche pas !

Forcément, la résistance de l'air est là. Or, une pomme et une plume n'ont pas le même profil, le même aérodynamisme. La pomme glisse mieux dans l'air que la plume. Le fruit arrive toujours en tête.

Dans le vide, il n'y a aucune résistance due à l'air et les deux objets chutent bien à la même vitesse et arrivent au sol en même temps.

### Quelquefois, 1 kg de plumes pèse plus lourd que 1 kg de plomb ; pourquoi ?

A - Mettre sur les plateaux d'une balance à fléau (de type Roberval) "1kg" de plumes et "1kg" de plomb. La balance est à l'équilibre parfait.

B - Recouvrir-le tout d'une cloche en verre posée sur un socle étanche. Faire le vide. Oui, c'est bien ça, l'aiguille penche du côté des plumes. Les plumes sont plus lourdes que le plomb ; effarant, non !

Le résultat n'est que pure loi de la physique.

En A, on a comparé les poids apparents. Ceux que l'on utilise au quotidien.

En B, ce sont les poids réels qui sont sur la balance. La différence entre ces deux poids, c'est la poussée d'Archimède. Elle est beaucoup plus faible dans l'air que dans l'eau ; vu le volume beaucoup plus important pour les plumes que pour le plomb, la poussée d'Archimède est suffisante pour faire pencher la balance du côté des plumes une fois qu'elle est supprimée.



## Quelques questions et réponses

### Comment définir et mesurer le « mètre » ?

La définition du mètre peut être mise en œuvre de deux façons.

L'une, la plus évidente, consiste à mesurer la durée  $t$  du trajet d'une impulsion lumineuse entre un émetteur et un récepteur; on en déduit la longueur du trajet  $l = ct$ ; c'est ce que l'on fait pour mesurer les distances entre stations terrestres et satellites artificiels.

L'autre, moins évidente, est cependant la plus usuelle. Elle utilise le trajet parcouru par un rayonnement monochromatique constitué d'ondes planes, de fréquence  $f$  connue, durant une période  $T = 1/f$ ; ce trajet n'est autre que la longueur d'onde du rayonnement  $l = cT = c/f$ . On peut donc aussi considérer comme étalon de longueur la longueur d'onde de toute radiation monochromatique dont on sait mesurer la fréquence avec une exactitude suffisante. On sait effectivement, grâce aux lasers, réaliser des radiations pratiquement monochromatiques; on sait aussi asservir leur fréquence à coïncider avec des raies d'absorption très fines (méthane, vapeur d'iode); elle est alors suffisamment stable et reproductible pour pouvoir être mesurée avec une grande exactitude. Dans le vide, avec des faisceaux suffisamment larges pour que les ondes soient pratiquement planes, ces radiations permettent de reproduire le mètre à quelques dix-milliardièmes près.

### Mesurer le Kelvin et, par la même occasion, le degré Celsius :

Le kelvin (K), unité de température thermodynamique, est défini en assignant la valeur 273,16 K à la température thermodynamique du point triple de l'eau. Le degré Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) lui est égal, mais le zéro de l'échelle Celsius correspond à 273,15 K dans l'échelle thermodynamique. Le point triple de l'eau est la température fixe à laquelle la glace, l'eau liquide et la vapeur d'eau sont simultanément en équilibre; la présence de toute autre substance est exclue. L'eau pure, amenée à son point triple, fournit donc l'étalon de température. Le choix de la valeur 273,16 K ne s'est pas fait par hasard: les points  $0^{\circ}\text{C}$  et  $100^{\circ}\text{C}$  de l'échelle Celsius correspondent ainsi respectivement aux points de fusion et d'ébullition de l'eau sous la pression atmosphérique normale, anciens étalons moins précis utilisés pour définir l'échelle centésimale.

Ici encore, le changement d'étalon s'est fait sans modifier la valeur du degré. Il est extrêmement difficile d'obtenir et de conserver de l'eau tout à fait pure: le récipient scellé qui la contient constitue lui-même une source d'impuretés; de plus, la composition isotopique de l'eau, variable suivant son origine, n'est pas bien définie. Mais la précision, en thermométrie, est surtout limitée par l'impossibilité d'obtenir un équilibre thermique parfait entre le thermomètre, quel qu'il soit, et l'ensemble dont on veut mesurer la température (eau à son point triple, par exemple). La précision est limitée, de ce fait, à un millième de kelvin au voisinage de la température ambiante; elle devient beaucoup plus mauvaise aux températures extrêmes:  $0,1\text{ K}$  vers  $1\ 000^{\circ}\text{C}$  (fusion de l'or) ou vers 14 kelvins (ébullition de l'hydrogène).

### Mesurer les intensité lumineuses

La photométrie a pour objet de mesurer la lumière, c'est-à-dire les rayonnements capables d'impressionner l'œil humain. En raison de son importance pratique, elle a ses unités propres, dérivées du candela (cd): «intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence  $540 \cdot 10^{12}$  hertz (longueur d'onde  $0,555\ \mu\text{m}$ ) et dont l'intensité énergétique dans cette direction est  $1/683$  watt par stéradian».

La photométrie est ainsi rattachée à la radiométrie qui, elle, a pour objet la mesure de l'énergie transportée par le rayonnement. La fréquence choisie correspond à la région verte du spectre visible pour laquelle l'œil, en vision diurne, est le plus sensible. L'intensité énergétique de  $1/683$  watt par stéradian a été choisie pour faire coïncider le mieux possible cette définition avec la définition antérieure, laquelle était fondée sur le rayonnement du corps noir à la température de fusion du platine.

On peut considérer que l'étalon de la photométrie est une source de petites dimensions transversales, émettant une lumière verte, pratiquement monochromatique, de longueur d'onde  $0,555\ \mu\text{m}$ , et dont l'intensité énergétique est contrôlée à l'aide d'un radiomètre. Des mesures visuelles ont permis d'établir pour un «œil moyen» l'efficacité lumineuse relative spectrale  $V(\lambda)$ , fonction de la longueur d'onde, qui permet de comparer les propriétés lumineuses d'un rayonnement quelconque à celles de l'étalon;  $V(\lambda)$ , égal à un pour  $\lambda = 0,555\ \mu\text{m}$ , décroît régulièrement vers le rouge comme vers le violet. L'exactitude des meilleures mesures photométriques atteint difficilement le millième.

[Retour table des matières](#)

## Bibliographie

*dans le désordre*

Nouveau Larousse Illustré en 7 volumes (1903).

Dictionnaire Littré (1860-1876) (CD-ROM)

Manuel Physique *ou manière courte et facile d'expliquer les phénomènes de la nature* par M. Jean Ferapie Dufieu, Maître es arts édité à Paris chez Jean-Thomas Herissant en MDCCLVIII (1758) avec Approbation et Privilège du Roi.

Dictionnaire Général des Sciences Théoriques et Appliquées en 3 volumes par MM. Jules GAY et Louis MANGIN Docteurs es Sciences professeurs au lycée Louis Le Grand - 5<sup>e</sup> édition de 1905.

Encyclopédie des Sciences Industrielles Quillet (1973).

Encyclopédie des Sciences et des Techniques Science & Vie (CD-ROM).

Dictionnaire de l'Académie Française (CD-ROM)  
les 8 éditions 1694, 1718, 1740, 1762, 1798, 1835, 1878, 1932/35

Encyclopédie de Diderot et d'Alembert (1751-1765) (CD-ROM)

Documents Normatifs :

ISO 31 – Grandeurs et Unités

ISO 1000 :1992 – Unités SI et recommandations pour l'emploi de leurs multiples et de certaines autres unités

NF X07-001 – VIM, Vocabulaire International des termes fondamentaux et généraux de Métrologie

Encyclopédie Universalis V6 (DVD)

Dictionnaire Français-Latin (*grec, anglais, allemand*) Alfred de Wailly – 1844

Chapitres : Mesures de longueur chez les Romains, Mesures de superficie romaines et grecques, Conversion des poids romains en livres et en grammes, Mesures de capacité anciennes réduites en litres.

© Dominique Ottello – Novembre 2001

Pour ceux qui veulent approfondir le sujet et qui ont un accès internet :

- Site du Bureau International des Poids et Mesure (BIPM) <http://www.bipm.fr/fra/>
- Documents [http://www.bipm.fr/fra/6\\_Publications/si/si-brochure.html](http://www.bipm.fr/fra/6_Publications/si/si-brochure.html)
- *Système International d'Unités (SI)* 7<sup>e</sup> édition de 1998 <http://www.bipm.fr/pdf/brochure-si.pdf>
- Supplément 2000 <http://www.bipm.fr/pdf/si-supplement2000.pdf>

[Retour table des matières](#)

## INDEX

abampère.....	18	fluid drachm.....	11
abcoulomb.....	19	fluid ounce.....	11
abfarad.....	20	foot.....	10
abhenry.....	20	foot candle.....	22
abohm.....	19	foot lambert.....	22
abvolt.....	19	foot lbf per hour.....	17
acre.....	10	foot lbf per minute.....	17
acre foot.....	11	foot of water.....	17
admittance.....	19	foot per second.....	15
<b>ampère</b> .....	18	foot per second <sup>2</sup> .....	15
<b>ampère par mètre</b> .....	21	foot pound force.....	16
<i>ampère-heure</i> .....	19	franklin.....	19
ampère-tour par centimètre.....	21	frigorie.....	16
angström.....	10	furlong.....	10
année lumière.....	10	gal.....	15
are.....	10	gallon.....	11
<i>atmosphère</i> .....	17	gauss.....	20
bar.....	17	gill.....	11
<i>baril de pétrole</i> .....	11	grade.....	12
barn.....	10	grain.....	13
barrel.....	11	grain per gallon.....	14
barye.....	17	gramme-force-centimètre.....	16
<b>becquerel</b> .....	22	grande calorie.....	16
Bel.....	23	<b>gray</b> .....	23
biot.....	18	hectare.....	10
<i>brasse</i> .....	10	<b>henry</b> .....	20
British thermal unit.....	16	<b>hertz</b> .....	15
Btu ( <i>therm</i> ) per hour.....	17	hogshead.....	11
bushel.....	11	Horse-Power.....	17
calorie.....	16	hundredweight.....	13
<b>candela</b> .....	21	impédance.....	19
<b>candela par mètre carré</b> .....	22	inch.....	10
candela per square inch.....	22	inch of mercury.....	17
candle.....	21	inch of water.....	17
<i>carat</i> .....	13	inch per second.....	15
cental.....	13	inch per second <sup>2</sup> .....	15
chain.....	10	<b>joule</b> .....	16
Cheval-Vapeur.....	17	<b>kelvin</b> .....	21
circular mil.....	10	<b>kilogramme</b> .....	13
cord.....	11	<b>kilogramme par mètre cube</b> .....	14
<b>coulomb</b> .....	19	kilogramme-force-mètre.....	16
<b>coulomb par kilogramme</b> .....	23	<i>kilomètre par heure</i> .....	15
cubic fathom.....	11	kilopound force.....	16
cubic foot.....	11	kilovolt par millimètre.....	19
cubic inch.....	11	kilowattheure.....	16
cubic yard.....	11	knot.....	15
curie.....	22	lambert.....	22
dalton.....	13	last.....	11
<b>décibel</b> .....	23	league.....	10
<b>degré Celsius</b> .....	21	link.....	10
degré Fahrenheit.....	21	liquid quart.....	11
<i>demi-livre</i> .....	13	litre.....	11
<b>dioptrie</b> .....	22	<i>livre</i> .....	13
dram.....	13	long ton.....	13
dyne.....	16	lood.....	11
<i>dyne-entimètre</i> .....	16	<b>lumen</b> .....	22
électronvolt.....	16	lumen per square foot.....	22
erg.....	16	<b>lux</b> .....	22
<b>farad</b> .....	20	maxwell.....	20
faraday.....	19	measurement ton.....	11
fathom.....	10	mètre.....	10

mètre carré .....	10	röntgen .....	23
mètre carré par seconde .....	18	rood .....	10
mètre cube .....	11	rutherfords .....	22
mètre par seconde .....	15	sack .....	11
mètre par seconde par seconde .....	15	scruple .....	13
micron .....	10	<b>seconde</b> .....	14
mile per hour .....	15	short ton (US) .....	13
Mille .....	10	<b>siemens</b> .....	19
millibar .....	17	<b>sievert</b> .....	23
millième d'artillerie .....	12	solid quart .....	11
millimètre de mercure .....	17	<i>spat</i> .....	12
minim .....	11	spherical candle power .....	22
mph .....	15	square chain .....	10
nautical mile (GB) .....	10	square foot .....	10
<b>néper</b> .....	23	square foot per hour .....	18
newton .....	16	square foot per second .....	18
<b>newton- mètre</b> .....	16	square inch .....	10
<i>nœud</i> .....	15	square inch per second .....	18
œrsted .....	21	square link .....	10
<b>ohm</b> .....	19	square mil .....	10
<b>ohm</b> <sup>-1</sup> .....	19	square mile .....	10
ounce .....	13	square pole .....	10
ounce force .....	16	square yard .....	10
ounce force inch .....	16	statampère .....	18
ounce per cubic foot .....	14	statcoulomb .....	19
ounce per cubic inch .....	14	statfarad .....	20
ounce per gallon .....	14	stathenry .....	20
ounce Tr .....	13	statohm .....	19
ounce <i>troy</i> .....	13	statute mile .....	10
parsec .....	10	statvolt .....	19
<b>pascal</b> .....	17	<b>stéradian</b> .....	12
peck .....	11	stère .....	11
pennyweight .....	13	sthène .....	16
petite calorie .....	16	<i>sthène-mètre</i> .....	16
phot .....	22	stilb .....	22
pièze .....	17	stoke .....	18
pint .....	11	stone .....	13
pipe .....	11	<b>tesla</b> .....	20
<b>poiseuille</b> .....	18	thermie .....	16
pole .....	10	ton (long) per cubic yard .....	14
pound .....	13	ton (sh) per cubic yard .....	14
pound force .....	16	ton force .....	16
pound force foot .....	16	ton refrigeration .....	17
pound force inch .....	16	tonne .....	13
pound force per ft <sup>2</sup> .....	17	<i>Tonneau de douane</i> .....	11
pound force per in <sup>2</sup> .....	17	<i>Tonneau de jauge</i> .....	11
pound per cubic foot .....	14	<i>Tonneau de mer</i> .....	11
pound per cubic inch .....	14	<i>torr</i> .....	17
pound per cubic yard .....	14	tun .....	11
pound per gallon .....	14	unit pole .....	20
pound <i>troy</i> .....	13	unité astronomique (U.A.) .....	10
poundal force .....	16	Unité de masse atomique .....	13
<i>PSI</i> .....	17	<i>var</i> .....	17
<i>pulsation</i> .....	15	<b>volt</b> .....	19
quarter .....	11, 13	<b>volt par mètre</b> .....	19
quintal .....	13	<i>voltampère</i> .....	17
rad .....	23	<i>Washington ton</i> .....	13
<b>radian</b> .....	12	<b>watt</b> .....	17
<b>radian par seconde</b> .....	15	wattheure .....	16
<b>radian par seconde par seconde</b> .....	15	<b>weber</b> .....	20
register ton .....	11	yard .....	10
rem .....	23		