Le package SIunits *

support pour le Système international d'unités

Marcel Heldoorn†
m.heldoorn@physiology.medfac.leidenuniv.nl

date du fichier original : 1999/04/08 — Imprimé le 31 octobre 2001

Résumé

Cet article décrit le package SIunits qui offre le support du Système International d'Unités (SI).

Le Système International d'Unités (SI), forme moderne du système métrique, est le système d'unités et de mesures le plus largement utilisé dans le monde. Mais malgré cela il y a de nombreuses utilisations impropres du système, avec des noms et symboles incorrects utilisés en particulier – même par des gens instruits et entrainés qui devraient mieux le connaître. Par exemple, combien de fois voyons-nous : mHz, Mhz ou mhz écrits à propos des fréquences d'horloge de calculateurs ? La forme correcte étant en fait MHz. Notez que la capitalisation a son importance.

Donc un système clair pour l'utilisation des unités est nécessaire, satisfaisant aux principes suivants :

1. le système doit consister en unités de mesures fondées sur des quantités invariables par nature ;
2. toutes les unités autres que les unités de base doivent être dérivées de ces unités de base ; et
3. les multiples et sous-multiples des unités doivent être décimaux.

Le nom Système International d'Unités (International System of Units) avec l'abréviation internationale SI a été adopté par la Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) en 1960. C'est un système cohérent fondé sur sept unités de base (CGPM 1960 et 1971).

Le paquetage SIunits peut être utilisé pour standardiser l'usage des unités dans vos documents. La plupart des macros sont aisément adaptables aux préférences personnelles. Cependant vous suggestions sont les bienvenues (et fortement invitées [1]) pour toutes améliorations.

Enjoy the SIunits package!

marcel h.

* Ce fichier comprend la version 0.06, du 1999/04/08, la documentation datant du 1999/04/08. Traduction par Jean-Pierre Drucbert, amendée par Nicolas Le Novère le 24 mai 2000

† Mail : Kennedylaan 24, NL-3844 BC Harderwijk, The Netherlands

[1] Il y a une énorme base de connaissance LaTeX par ici.

Table des matières

1 Introduction

1.1 Notes historiques

En 1948, la Neuvième Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM[2]), par sa Résolution 6, chargea le Comité International des Poids et Mesures (CIPM [2]) :

« d'étudier l'établissement d'une réglementation complète des unités de mesure » ;

« d'ouvrir à cet effet une enquète officielle sur l'opinion des milieux scientifiques, techniques et pédagogiques de tous les pays » ;

« de faire des recommandations sur l'établissement d'un *système pratique d'unités de mesure*, susceptible d'être adopté par tous les pays signataires de la Convention du Mètre ».

Cette même Conférence générale adopta aussi la Résolution 7 qui fixait des principes généraux pour l'écritur des symboles d'unités et donna une liste d'unités ayant un nom spécial.

La 10^{e} CGPM (1954), par sa Résolution 6, et la Quatorzième CGPM (1971), par sa Résolution 3, adoptèrent comme unités de base de ce « système pratique d'unités » les unités des sept grandeurs suivantes : longueur, masse, temps, intensité de courant électrique, température thermodynamique, quantité de matière et intensité lumineuse.

La 11^{up} CGPM (1960), par sa Résolution 12, adopta le nom *Système International d'Unités*, avec l'abréviation internationale SI, pour ce système pratique d'unités de mesure, et fixa des règles pour les préfixes, les unités dérivées et les unités supplémentaires et d'autres indications, établissant ainsi une réglementation d'ensemble pour les unités de mesure.

1.2 Les trois classes d'unités SI

Les unités SI sont divisées en trois classes : les unités *de base*, les unités *dérivées* et les unités *supplémentaires*. La Conférence Générale a décidé de fonder le Système International sur un choix de sept unités bien définies que l'on convient de considérér comme indépendantes du point de vue dimensionnel : le mètre, le kilogramme, la seconde, l'ampère, le kelvin, la mole et la candela. Ces unités sont appelées *unités de base*.

La deuxième classe d'unités SI contient les *unités dérivées*, c'est-à-dire les unités qui peuvent être formées en combinant les unités de base d'après des relations algébriques qui lient les grandeurs correspondantes. Les noms et les symboles de ces unités sont exprimés à l'aide des noms et symboles des unités de base. Certains d'entre eux peuvent être remplacés par des noms et symboles spéciaux qui peuvent être utilisés pour exprimer les noms et symboles d'autres unités dérivées (voir la section 2.2).

La 11^{e} CGPM (1960) a admis une troisième classe d'unités SI, appelées *unités supplémentaires* et contenant les unités SI d'angle plan et d'angle solide.

La 20^{e} CGPM (1995) a décidé d'éliminer la classe des unités supplémentaires en tant que classe séparée dans le SI. Donc le SI consiste maintenant en seulement deux classes d'unités : les unités de base et le unités dérivées, avec le radian et

[2] Voir section 1.4 pour les acronymes

le stéradian, qui sont les deux unités supplémentaires, remises dans la classe des unités SI dérivées.

1.3 Les préfixes SI

La Conférence Générale a adopté une série de préfixes à utiliser dans la formation des multiples et sous-multiples des unités SI. Selon la Recommandation 1 du CIPM (1969), l'ensemble des préfixes est désigné par le nom *préfixes SI*.

Les multiples et sous-multiples des unités SI, qui sont formés en utilisant les préfixes SI, devraient être désignés par leurs noms complets, *multiples et sous-multiples des unités SI*, afin de faire une distinction entre eux et l'ensemble cohérent des unités SI proprement dites.

1.4 Acronymes

Le SI a été établi en 1960 par le CGPM. La CGPM est une organisation de traité international créée par un traité diplomatique appelé Convention du Mètre (souvent appelée *Treaty of the Meter* aux États-Unis). La Convention du Mètre a été signée à Paris en 1875 par les représentants de dix-sept nations, y compris les États-Unis. Il y a maintenant quarante-huit États Membres, comprenant tous les principaux pays industrialisés. La Convention, légèrement modifiée en 1921, reste la base de tout accord international sur les unités de mesure.

La Convention du Mètre a également créé le Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) et le Comité International des Poids et Mesures (CIPM). Le BIPM, qui est situé à Sèvres, dans la banlieue de Paris, France, et qui a pour tâche d'assurer l'unification mondiale des mesures physiques, opère sous la supervision exclusive du CIPM, qui lui-même est sous l'autorité de la CGPM.

CGPM Conférence Générale des Poids et Mesures. La CGPM est l'organisation primaire de traité international responsable du SI, représentant près de 50 pays. Elle a la responsabilité d'assurer que le SI est largement diffusé et de le modifier si nécessaire pour qu'il reflète les derniers progrès de la science et de la technologie.

CIPM Comité International des Poids et Mesures. Le CIPM est sous l'autorité de la CGPM. Il suggère des modifications du SI à la CGPM pour leur adoption formelle. Le CIPM peut aussi de sa propre autorité passer des résolutions et des recommandations de clarification concernant le SI.

BIPM Bureau International des Poids et Mesures. Le BIPM, situé près de Paris, a pour tâche d'assurer l'unification mondiale des mesures physiques. Il est l'institut « international » de métrologie et opère sous la supervision exclusive du CIPM.

1.5 Quelques définitions utiles

quantité au sens général Une quantité au sens général est une propriété attribuée aux phénomènes, corps ou substances. Par exemple la masse et la charge électrique.

quantité au sens particulier Une quantité au sens particulier est une propriété quantifiable ou assignable attribuée à un phénomène, corps ou substance particuliers. Par exemple la masse de la lune et la charge électrique du proton.

quantité physique Une quantité physique est une quantité qui peut être utilisée dans les équations mathématiques de la science et de la technologie.

unité Une unité est une quantité physique particulière, définie et adoptée par convention, avec laquelle d'autres quantités particulières de même sorte sont comparées pour exprimer leurs valeurs.

La **valeur d'une quantité physique** est l'expression quantitative d'une quantité physique particulière sous forme du produit d'un nombre et d'une unité, le nombre étant sa valeur numérique. Donc la valeur numérique d'une quantité physique particulière dépend de l'unité dans laquelle elle est exprimée. Plus formellement, la valeur d'une quantité A peut s'écrire $A = \{A\}[A]$, où $\{A\}$ est la valeur numérique de A lorsque A est exprimée dans l'unité $[A]$. La valeur numérique peut en conséquence s'écrire $\{A\} = A/[A]$, qui est une forme pratique pour une utilisation dans les figures et tables. Donc pour éliminer la possibilité d'une interprétation erronée, un axe d'un graphe ou l'en-tête d'une colonne dans une table peuvent être étiquetés « $t/°\mathrm{C}$ » au lieu de « $t(°\mathrm{C})$ » ou « Température (°C) ». De même, cet autre exemple : « $E/(\mathrm{V/m})$ » au lieu de « $E(\mathrm{V/m})$ » ou « Force du champ électrique (V/m) ». *Par exemple:* la valeur de la hauteur h_W du Monument Washington est $h_W = 169$ m $= 555$ ft. Ici h_W est la quantité physique, sa valeur exprimée dans l'unité mètre, symbole d'unité m, est 169 m, et sa valeur numérique lorsqu'elle est exprimée en mètres est 169.

2 Unités SI

2.1 Unités SI de base

2.1.1 Définitions

Le SI est fondé sur sept unités SI de base pour sept quantités de base supposées mutuellement indépendantes. Les définitions primaires des unités SI de base sont en français. Leurs définitions actuelles, avec leurs traductions en anglais, sont données ci-dessous :

mètre ; *metre*

Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de 1/299 792 458 *de seconde.*
(17th CGPM (1983), Resolution 1).

The metre is the length of the path travelled by light in vacuum during a time interval of 1/299 792 458 of a second.

kilogramme ; *kilogram*

Le kilogramme est l'unité de masse ; il est égal à la masse du prototype international du kilogramme.
(1st CGPM (1889) and 3rd CGPM (1901)).

The kilogram is the unit of mass ; it is equal to the mass of the international prototype of the kilogram.
Note : This international prototype is made of platinum-iridium and is kept at the International Bureau of Weights and Measures, Sèvres, France.

seconde ; *second*

La seconde est la durée de 9 192 631 770 *périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de cesium 133.*
(13th CGPM (1967), Resolution 1).

The second is the duration of 9 192 631 770 periods of the radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of the cesium-133 atom.

ampère ; *ampere*

L'ampère est l'intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable, et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait entre ces conducteurs une force égale à 2×10^{-7} *newton par mètre de longueur.*
(9th CGPM (1948), Resolutions 2 and 7).

The ampere is that constant current which, if maintained in two straight parallel conductors of infinite length, of negligible circular cross-section, and placed 1 metre apart in vacuum, would produce between these conductors a force equal to 2×10^{-7} newton per metre of length.

kelvin ; *kelvin*

Le kelvin, unité de température thermodynamique, est la fraction $1/273,16$ *de la température thermodynamique du point triple de l'eau.*
(13th CGPM (1967), Resolution 4).

The kelvin, unit of thermodynamic temperature, is the fraction 1/273.16 of the thermodynamic temperature of the triple point of water.

La treizième CGPM (1967, Résolution 3) a aussi décidé que l'unité kelvin et son symbole K devraient être utilisés pour exprimer à la fois la température thermodynamique et un intervalle ou une différence de température, au lieu de « degré Kelvin » avec le symbole °K.

En plus de la température thermodynanique (symbole T) il y a aussi le Celsius (symbole t) défini par l'équation $t = T - T_0$ où $T_0 = 273.15$ K. La température Celsius est exprimée en degrés Celsius ; *degré Celsius* (symbole °C). L'unité « degré Celsius » est égale à l'unité « kelvin » ; dans ce cas, « degré Celsius » est un nom spécial utilisé à la place de « kelvin ». Un intervalle ou une différence de température Celsius peuvent cependant être exprimés en kelvins aussi bien qu'en degrés Celsius.

mole ; *mole*

1°. La mole est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans $0,012$ *kilogramme de carbone* 12.

2°. Lorsqu'on emploie la mole, les entités élémentaires doivent être spécifiées et peuvent être des atomes, des molécules, des ions, des électrons, d'autres particules ou des groupements spécifiés de telles particules.
(14th CGPM (1971), Resolution 3).

1. The mole is the amount of substance of a system which contains as many elementary entities as there are atoms in 0.012 kilogram of carbon 12.
2. When the mole is used, the elementary entities must be specified and may be atoms, molecules, ions, electrons, other particles or specified groups of such particle.
   Note : Dans cette définition, il est bien entendu que les atomes de carbone 12 ne sont pas liés, sont au repos et dans leur état fondamental.

candela ; *candela*

La candela est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet une radiation monochromatique de fréquence 540×10^{12} *hertz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est* 1/683 *watt par stéradian.* (16th CGPM (1979), Resolution 3).

The candela is the luminous intensity, in a given direction, of a source that emits monochromatic radiation of a frequency 540×10^{12} hertz and has a radiant intensity in that direction of 1/683 watt per steradian.

2.1.2 Symboles

Les unités de base du Système International sont rassemblées dans la table 1 avec leurs noms et leurs symboles (Dixième CGPM (1954), Résolution 6 ; Onzième CGMP (1960), Résolution 12 ; Treizième CGPM (1967), Résolution 3 ; Quatorzième CGPM (1971), Résolution 3).

Quantité	**Nom**	**Symbole**
longueur	mètre	m
masse	kilogramme	kg
temps	seconde	s
courant électrique	ampère	A
température thermodynamique	kelvin	K
quantité de substance	mole	mol
intensité lumineuse	candela	cd

Table 1 — unités SI de base —

2.2 Unités SI dérivées

Les unités SI dérivées sont exprimées algébriquement en termes d'unités de base au moyen des symboles mathématiques de multiplication et division (voir la table 2 pour quelques exemples).

Quantité dérivée	**Nom**	**Symbole**
aire	mètre carré	m^2
volume	mètre cube	m^3

vitesse, vélocité	mètre par seconde	m/s
accélération	mètre par seconde au carré	m/s^2
nombre d'onde	inverse du mètre	m^{-1}
densité massique	kilogramme par mètre cube	kg/m^3
volume spécifique	mètre cube par kilogramme	m^3/kg
densité de courant	ampère par mètre carrée	A/m^2
intensité du champ magnétique	ampère par mètre	A/m
Concentration de quantité-de-matière	mole par mètre cube	mol/m^3
luminance	candela par mètre carré	cd/m^2
fraction de masse	kilogramme par kilogramme	$kg/kg = 1$[a]

TABLE 2 — Exemples d'unités SI derivées —
[a] Le symbole 1 pour les quantités de dimension 1 comme la fraction de masse est en général omis.

2.2.1 Unités SI dérivées ayant des noms et symboles spéciaux

Pour la facilité de compréhension et le confort, 21 unités SI dérivées ont reçu des noms et des symboles spéciaux, comme le montre la table 3. Ils peuvent eux-mêmes être utilisés pour exprimer d'autres unités dérivées.

Nom	**Expression en unités SI de base**	**Symbole**	**Expression en unités SI dérivées**
radian[a]	$m\ m^{-1} = 1$[b]	rad	$m\ m^{-1}$
steradian[a]	$m^2\ m^{-2} = 1$[b]	sr[c]	$m^2\ m^{-2}$
hertz	s^{-1}	Hz	s^{-1}
newton	$m\ kg\ s^{-2}$	N	$m\ kg\ s^{-2}$
pascal	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$	Pa	$N\ m^{-2}$
joule	$m^2\ kg\ s^{-2}$	J	N m
watt	$m^2\ kg\ s^{-3}$	W	$J\ s^{-1}$
coulomb	s A	C	A s
volt	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$	V	$W\ A^{-1}$
farad	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$	F	$C\ V^{-1}$
ohm	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-2}$	Ω	$V\ A^{-1}$
siemens	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^3\ A^2$	S	$A\ V^{-1}$
weber	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$	Wb	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
tesla	$kg\ s^{-2}\ A^{-1}$	T	$Wb\ m^{-2}$
henry	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$	H	$Wb\ A^{-1}$
celsius	K	°C	K
lumen	$cd\ m^2\ m^{-2}$[c]	lm	cd sr
lux	$cd\ m^2\ m^{-4}$	lx	$lm\ m^{-2}$
becquerel	s^{-1}	Bq	s^{-1}
gray	$m^2\ s^{-2}$	Gy	$J\ kg^{-1}$
sievert[d]	$m^2\ s^{-2}$	Sv	$J\ kg^{-1}$

TABLE 3 — Unités SI derivées ayant des noms et symboles spéciaux —
(a) Le radian et le stéradian peuvent être utilisés avantageusement dans les expressions d'unités dérivées afin de faire la distinction entre des quantités de nature différente mais de même dimension ; quelques exemples sont donnés dans la Table 4.
(b) En pratique, les symboles rad et sr sont utilisés là où il le faut, mais l'unité dérivée « 1 » est généralement omise.
(c) En photométrie, le nom d'unité stéradian et le symbole d'unité sr sont en général conservés dans les expressions des unités dérivées.
(d) D'autre quantités exprimées en sieverts sont l'équivalent de dose ambiante, l'équivalent de dose directionnelle, l'équivalent de dose personnelle et la dose équivalente par organe.

2.2.2 Utilisation des unités SI dérivées ayant des noms et symboles spéciaux

Des exemples d'unités SI dérivées qui peuvent être exprimées à l'aide d'unités SI dérivant d'unités ayant des noms et symboles spéciaux (y compris le radian et le stéradian) sont donnés dans la Table 4. Les avantages de l'utilisation des noms et symboles spéciaux sont apparent dans la Table 4. Considérons, par exemple, la quantité d'entropie moléculaire : l'unité J/mol K est évidement plus facile à comprendre que son équivalent en unités de base SI, $\mathrm{m}^2\ \mathrm{kg}\ \mathrm{s}^{-2}\ \mathrm{K}^{-1}\mathrm{mol}^{-1}$. Néanmoins, il faudrait toujours se rappeler que les noms et symboles spéciaux existent pour le confort. Les Tables 2 and 3 montrent aussi que les valeurs de plusieurs quantités différentes sont exprimées dans la même unité SI. Par exemple, la joule par kelvin (J/K) est l'unité SI pour la capacité calorifique ainsi que pour l'entropie. Donc le nom de l'unité n'est pas suffisant pour définir la quantité mesurée. Une unité dérivée peut souvent être exprimée de plusieurs manières différentes à partir d'unités de base et d'unités dérivées ayant des noms spéciaux. En pratique, avec certaines quantités, la préférence est donnée à l'usage de certaines unités ayant des noms spéciaux, ou de combinaisons d'unités, afin de faciliter la distinction entre des quantités dont les valeurs ont des expressions identiques en terme d'unités SI de base. Par exemple, l'unité SI pour la fréquence est spécifiée comme étant le hertz (Hz) plutôt que l'inverse de la seconde (s^{-1}) et l'unité SI de moment de force est spécifiée comme étant le newton mètre (N m) plutôt que la joule (J).

Quantity dérivée	**Nom**	**Symbole**
velocité angulaire	radian per second	rad/s
accélération angulaire	radian per second squared	$\mathrm{rad/s^2}$
viscosité dynamique	pascal second	Pa s
moment de force	newton metre	N m
tension de surface	newton per metre	N/m
densité de flux de chaleur,		
irradiance	watt per square metre	$\mathrm{W/m^2}$
intensité radiante	watt per steradian	W/sr
radiance	watt per square metre steradian	$\mathrm{W/m^2\ sr}$
capacité calorifique,		
entropy	joule per kelvin	J/K
capacité calorifique spécifique,		

specific entropy	joule per kilogram kelvin	J/kg K
énergie spécifique	joule per kilogram	J/kg
conductivité thermique	watt per metre kelvin	W/m K
densité d'énergie	joule per cubic metre	J/m^3
force de champ électrique	volt per metre	V/m
densité de charge électrique	coulomb per cubic metre	C/m^3
densité de flux électrique	coulomb per square metre	C/m^2
permittivité	farad per metre	F/m
perméabilité	henry per metre	H/m
énergie molaire	joule per mole	J/mol
entropie molaire , capacité calorifique molaire	joule per mole kelvin	J/mol K
exposition (rayons x et γ)	coulomb per kilogram	C/kg
taux de dose absorbée	gray per second	Gy/s

TABLE 4 — Exemples d'unités SI dérivées exprimées à l'aide d'unités SI dérivées ayant des noms et symboles spéciaux

2.3 Règles et conventions de style pour écrire et utiliser les symboles d'unités SI

Les principes généraux concernant l'écriture des symboles d'unités ont été adoptés par la Neuvième CPGM (1948) dans sa Résolution 7 :

1. Des caractères romains (droits), en général en bas de casse[3], sont utilisés pour les symboles d'unités. Cependant, si le nom de l'unité est dérivé d'un nom propre, la première lettre du symbole est en majuscule ;
2. Les symboles d'unités sont invariables au pluriel ;
3. Les symboles d'unités ne sont pas suivis d'un point[4].

Afin de garantir l'uniformité dans l'utilisation des symboles d'unités SI, les standards internationaux ISO fournissent certaines recommandations. Selon ces recommandations :

a) Les produits de deux ou plus unités sont indiqués au moyen soit d'un point à demi hauteur (c'est-à-dire centré) soit d'un espace[5]. Le point à mi-hauteur est préféré, car il est moins susceptible de provoquer une confusion,

   par exemple:

   N·m ou N m.

b) Une barre oblique (« solidus », /), une ligne horizontale, ou des exposants négatifs peuvent être utilisés pour exprimer une unité dérivée formée partir de deux autres par division,

   par exemple:

   m/s, $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, ou m s^{-1}

[3] Le symbole recommandé pour le litre (*liter*) aux États-Unis est L.

[4] Sauf à la fin d'une phrase.

[5] l'ISO suggère que si un espace est utilisé pour indiquer des unités formées par multiplication, l'espace peut être omis cela ne cause pas de confusion. Cette possibilité se reflète dans la pratique courante d'utilisation du symbole kWh au lieu de kW·h ou kW h pour le kilowatt heure.

c) La barre oblique ne doit pas être répétée sur la même ligne à moins que l'ambiguïté ne soit évitée par des parenthèses. Dans les cas compliqués des exposants négatifs ou des parenthèses devraient être utilisés,

par exemple:

m/s^2 ou $m\,s^{-2}$ *mais non :* $m/s/s$

$m\,kg/(s^3\,A)$ ou $m\,kg\,s^{-3}\,A^{-1}$ *mais non :* $m\,kg/s^3/A$

3 Préfixes SI

3.1 Multiples et sous-multiples décimaux des unités SI

La Onzième CGMP (1960), par sa Résolution 12, a adopté une première série de préfixes et symboles de préfixes pour former les noms et symboles des multiples et sous-multiples décimaux des unités SI. Des préfixes pour 10^{-15} et 10^{-18} ont été ajoutés par la Douzième CGPM (1964), dans sa Résolution 8, ceux pour 10^{15} et 10^{18} par la CGPM (1975), par sa Résolution 10, et ceux pour 10^{21}, 10^{24}, 10^{-21} et 10^{-24} ont été proposés par le CIPM pour approbation par la Dix-neuvième CGPM (1991), et adoptés.

Préfixe	**Symbole**	**Facteur**
yocto	y	$10^{-24} = (10^3)^{-8}$
zepto	z	$10^{-21} = (10^3)^{-7}$
atto	a	$10^{-18} = (10^3)^{-6}$
femto	f	$10^{-15} = (10^3)^{-5}$
pico	p	$10^{-12} = (10^3)^{-4}$
nano	n	$10^{-9} = (10^3)^{-3}$
micro	µ	$10^{-6} = (10^3)^{-2}$
milli	m	$10^{-3} = (10^3)^{-1}$
centi	c	10^{-2}
deci	d	10^{-1}
deca[(a)]	da	10^{1}
hecto	h	10^{2}
kilo	k	$10^{3} = (10^3)^{1}$
mega	M	$10^{6} = (10^3)^{2}$
giga	G	$10^{9} = (10^3)^{3}$
tera	T	$10^{12} = (10^3)^{4}$
peta	P	$10^{15} = (10^3)^{5}$
exa	E	$10^{18} = (10^3)^{6}$
zetta	Z	$10^{21} = (10^3)^{7}$
yotta	Y	$10^{24} = (10^3)^{8}$

TABLE 5 — Préfixes SI —

[(a)] Aux États-Unis, l'orthographe « deka » est largement utilisée.

3.2 Règles d'utilisation des préfixes SI

En accord avec les principes généraux adoptés par l'ISO[6], le CIPM recommande que les règles suivantes soient observées pour utiliser les préfixes SI :

1. Les symboles des préfixes sont imprimés en romain (droit) sans espace entre le symbole du préfixe et le symbole de l'unité ;
2. Le groupement formé par le symbole du préfixe attaché au symbole d'unité constitue un nouveau symbole inséparable (d'un multiple de l'unité concernée) qui peut être élevé à une puissande positive ou négative et qui peut être combiné avec d'autres symboles d'unités pour former des symboles d'unités composées,

   par exemple:

   $1\ \mathrm{cm}^3 = (10^{-2}\ \mathrm{m})^3 = 10^{-6}\ \mathrm{m}^3$

   $1\ \mathrm{cm}^{-1} = (10^{-2}\ \mathrm{m})^{-1} = 10^2\ \mathrm{m}^{-1}$

   $1\ \mathrm{V/cm} = (1\ \mathrm{V})/(10^{-2}\ \mathrm{m}) = 10^2\ \mathrm{V/m}$
3. Les préfixes composés, c'est-à-dire les préfixes formés par juxtaposition de deux ou plusieurs préfixes SI, ne doivent pas être utilisés,

   par exemple:

   1 pg (one picogram), *mais non* 1 mng (one millinanogram)
4. Un préfixe ne doit jamais être utilisé seul.

   par exemple:

   $10^6/\mathrm{m}^3$, *mais non* $\mathrm{M/m}^3$

3.2.1 Le kilogramme

Il est important de noter que le kilogramme est la seule unité SI ayant un préfixe faisant partie de son nom et de son symbole. Comme il n'est pas possible d'utiliser des préfixes multiples, dans le cas du kilogramme, les noms de préfixes sont utilisés avec le nom d'unité « gramme » (ou *gram*) et les symboles de préfixes sont utilisés avec le symbole d'unité g, *par exemple:*
$10^{-6}\ \mathrm{kg} = 1\ \mathrm{mg}$ (un milligramme), *mais pas* $10^{-6}\ \mathrm{kg} = 1\ \mu\mathrm{kg}$ (un microkilogramme).

3.2.2 Le « degré Celsius »

Excepté pour le kilogramme, tout préfixe SI peut être utilisé avec toute unité SI, y compris le « degré Celsius » et son symbole °C, *par exemple:*
$10^{-3}\ ^\circ\mathrm{C} = 1\ \mathrm{m}^\circ\mathrm{C}$ (un millidegré Celsius), *ou* $10^6\ ^\circ\mathrm{C} = 1\ \mathrm{M}^\circ\mathrm{C}$.

Note

puisque les préfixes SI représentent strictement des puissances de 10, *ils ne devraient pas être utilisés pour représenter des puissances de* 2. *Donc, un kilobit, ou* 1 kbit, *c'est* 1000 bit *et non* 2^{10} bit = 1024 bit.

[6] ISO 31, dans « Units of measurement », ISO Standards Handbook 2, 2nd Edition, ISO, Geneva, 1982, pp. 17–238

De nouveaux préfixes pour les multiples binaires ont été proposés par le *Technical Committee of the International Electrotechnical Commission* (IEC) pour utilisation dans les technologies de l'information afin de lever cette ambiguïté et sont actuellement à l'étude au niveau international.

4 Unités en dehors du SI

Les unités qui sont en dehors du SI peuvent être divisées en trois catégories :

1. les unités qui sont acceptées pour une utilisation avec le SI ;
2. les unités qui sont temporairement acceptées pour une utilisation avec le SI ; et
3. les unités qui ne sont pas acceptées pour une utilisation avec le SI et qui doivent donc être strictement évitées.

4.1 Unités acceptées pour une utilisation avec le SI

Le CIPM (1969) a reconnu que les utilisateurs du SI souhaiteront aussi employer avec lui certaines unités qui n'en font pas partie, mais qui sont importantes et sont largement utilisées. Ces unités sont données dans la table 6. La combinaison d'unités de cette table avec des unités SI pour former des unités composées doit être restreinte à des cas spéciaux afin de ne pas perdre l'avantage de la cohérence des unités SI.

Nom	**Symbole**	**Valeur en unités SI**
minute (temps)	min	1 min = 60 s
heure	h	1 h = 60 min = 3600 s
jour	d	1 d = 24 h = 86 400 s
degré	°	1 ° = $(\pi/180)$ rad
minute (angle plan)	′	1 ′ = (1/60) ° = $(\pi/10\,800)$ rad
second (angle plan)	″	1 ″ = (1/60) ′ = $(\pi/648\,000)$ rad
litre	l, L[a]	1 l = 1 L = 1 dm^3 = 10^{-3} m^3
tonne[b]	t	1 t = 10^3 kg

TABLE 6 — Unités acceptées pour une utilisation avec le SI —
[a] L'autre symbole pour le litre, L, a été adopté par la CGPM afin d'éviter le risque de confusion entre la lettre l et le chiffre 1. Donc, bien que l et L soient des symboles internationalement acceptés pour le litre, pour éviter ce risque le symbole à utiliser aux États-Unis est L.
[b] Dans certains pays anglophones cette unité est appelée « tonne métrique » (*metric ton*).

Il est de même nécessaire de reconnaître, hors du Système International, quelques autres unités qui sont utiles dans des domaines spécialisés, car leurs valeurs exprimées en unités SI doivent être obtenues par expérimentation et donc ne sont pas connues exactement (table 7).

Nom	Symbole	Définition
électron-volt	eV	[a]
unité unifiée de masse atomique	u	[b]

TABLE 7 — Unités acceptées pour une utilisation avec le SI et dont les valeurs en unités SI sont obtenues expérimentalement —
[a] L'électron-volt est l'énergie cinétique acquise par un électron en passant par une différence de potentiel de 1 V dans le vide ; 1 eV = $1.602\,177\,33 \times 10^{-19}$ J avec une incertitude combinée standard de $0.000\,000\,49 \times 10^{-19}$ J
[b] L'unité unifiée de masse atomique et égale à 1/12 de la masse d'un atome du nucléide ^{12}C ; 1 u = $1.660\,540\,2 \times 10^{-27}$ kg avec une incertitude combinée standard de $0.000\,001\,0 \times 10^{-27}$ kg

---

4.2 Unités temporairement acceptées pour une utilisation avec le SI

À cause des habitudes existant dans certains domaines ou pays, le CIPM a considéré en 1978 qu'il était permis que les unités de la table 8 continuent à être utilisées avec le SI jusqu'à ce que le CIPM considère que leur usage n'est plus nécessaire. Cependant, ces unités ne doivent pas être introduites là où elles ne sont pas utilisées à l'heure actuelle.

Nom	Symbole	Valeur en unités SI
mille nautique[a]		1 mille nautique = 1852 m
knot		1 mille nautique par heure = (1852/3600) m/s
ångström	Å	1 Å = 0.1 nm = 10^{-10} m
are[b]	a	1 a = 1 dam^2 = 10^2 m^2
hectare[b]	ha	1 ha = 1 hm^2 = 10^4 m^2
barn[c]	b	1 b = 1 fm^2 = 10^{-28} m^2
bar[d]	bar	1 bar = 0.1 MPa = 10^5 Pa
gal[e]	Gal	1 Gal = 1 cm/s^2 = 10^{-2} m/s^2
curie[f]	Ci	1 Ci = 3.7×10^{10} Bq
roentgen[g]	R	1 R = 2.58×10^{-4} C/s
rad[h]	rad	1 rad = 1 cGy = 10^{-2} Gy
rem[i]	rem	1 rem = 1 cSv = 10^{-2} Sv

TABLE 8 — Unités en usage temporairement avec le SI —
[a] Le mille nautique (*nautical mile*) est une unité spéciale utilisée pour exprimer les distances en navigation maritime et aérienne. La valeur conventionnelle donnée ci-dessus a été adoptée par la *First International Extraordinary Hydrographic Conference*, Monaco, 1929, sous le nom de « International nautical mile ».
[b] Cette unité et son symbole ont été adoptés par le CIPM en 1879 (BIPM Proc. Verb. Com. Int. Poids et Mesures, 1879, p. 41) et sont utilisés pour exprimer les

aires agraires.
(c) Le barn est une unité spéciale utilisée en physique nucléaire pour exprimer les sections efficaces (d'interaction).
(d) Cette unité et son symbole sont inclus dans la Résolution 7 de la Neuvième CGPM (1948).
(e) Le gal est une unité spéciale utilisée en géodésie et en géophysique pour exprimer l'accélération due à la gravité.
(f) La curie est une unité spéciale utilisée en physique nucléaire pour exprimer l'activité des radionuclides (Douzième CGPM (1964), Résolution 7).
(1964), Resolution 7).
(g) Le roentgen est une unité spéciale utilisée pour exprimer l'exposition aux rayons x ou γ.
(h) Le rad est une unité spéciale utilisée pour exprimer une dose absorbée de radiations ionisantes. Lorsqu'il y a risque de confusion avec le symbole du radian, rd peut être utilisé comme symbole pour le rad.
(i) Le rem est une unité spéciale utilisée dans la radioprotection pour exprimer un équivalent de dose.

5 Dernières notes sur l'utilisation correcte du SI

Les points suivants soulignent certains des aspects importants de l'utilisation des unités SI et de leurs symboles, et mentionnent aussi certaines des erreurs courantes qui sont faites. Le SI diffère de certains des anciens systèmes car il a des règles *précises* gouvernant la manière dont les unités et les symboles sont utilisés.

- L'unité de mesure est le *« mètre »* (*metre*), pas *meter*. Ce dernier est, en anglais, un appareil pour mesurer des choses (à moins que vous viviez aux États-Unis, auquel cas il vous faudra vivre avec cette ambiguïté).
- Utiliser une virgule pour séparer les groupes de trois chiffres n'est pas recommandé – un espace est préférable, puisque de nombreux pays utilisent la virgule comme marqueur de point décimal. Les États-Unis et le Royaume-Uni utilisent tous deux le « point sur la ligne » (*full stop*). Donc ceci devrait être correct : 1 234 555.678 990.
- Le terme **billion** devrait être évité car dans la plupart des pays hors des États-Unis (mais y compris le Royaume-Uni) il signifie un million de millions (préfixe téra), alors qu'aux États-Unis il signifie mille millions[7], (préfixe giga). De même le terme **trillion** signifie million de million de million (préfixe exa) dans la plupart des pays en dehors des États-Unis.
- Le « litre » (*liter* aux États-Unis) est l'une de ces unités approuvées par la CGPM pour une utilisation avec le système métrique. L'unité officielle de volume dans le SI est le mètre cube. Cependant, comme elle n'est pas pratique pour l'usage quotidien, la CGPM a approuvé l'utilisation de « l'autre unité », le litre. Le litre représente un décimètre cube et vous pouvez utiliser soit le symbole « l » soit « L »[8] (« ell » minuscule ou majuscule) pour le représenter. La CGPM n'approuve pas l'utilisation d'autres préfixes que milli ou micro avec ce symbole. Le litre était à l'origine défini comme le vo-

[7] NdT : Milliard en français.
[8] Symbole recommandé pour le « *liter* » aux États-Unis

lume occupé par 1 kg d'eau. Plus tard il a été trouvé que cela ne faisait pas exactement un décimètre cube, donc le terme litre fut retiré. Puis il fut réintroduit officiellement comme étant exactement un décimètre cube. Donc, $1\,\mathrm{l} = 1\,\mathrm{dm}^3 = 1\,\mathrm{L}$.

6 Comment utiliser le paquetage

6.1 Chargement

La plupart des possibilités sont contrôlées par des options du paquetage qui peuvent être choisies lorsque le paquetage est chargé (par exemple `\usepackage[options]{SIunits}`) ou à l'exécution via une liste d'argument optionnels à la commande `\SIunits` (par exemple `\SIunits[options]`).

```
\documentclass[]{article}

\usepackage[options]{SIunits}

\begin{document}
...
\SIunits[options]
...
\end{document}
```

6.2 Les options

Les dispositifs sont contrôlés par des options du paquetage choisies lors du chargement de celui-ci (par exemple `\usepackage[cdot]{SIunits}`). Ce paquetage supporte les options suivantes :

cdot Ce mode offre l'utilisation du point centré `\cdot` comme espacement au sein des unités.

thickspace Ce mode offre l'utilisation de `\;` (espace mathématique épais) comme espacement au sein des unités.

mediumspace Ce mode offre l'utilisation de `\:` (espace mathématique moyen) comme espacement au sein des unités.

thinspace Ce mode offre l'utilisation de `\,` (espace mathématique fin) comme espacement au sein des unités.

thickqspace Ce mode offre l'utilisation de `\;` (espace mathématique épais) comme espacement entre les quantités numériques et les unités.

mediumqspace Ce mode offre l'utilisation de `\:` (espace mathématique moyen) comme espacement entre les quantités numériques et les unités.

thinqspace Ce mode offre l'utilisation de `\,` (espace mathématique fin) comme espacement entre les quantités numériques et les unités.

derivedinbase Ce mode offre des expressions toutes prêtes d'unités SI dérivées en unités SI de base , par exemple `\pascalbase` pour obtenir « $\mathrm{m}^{-1}\,\mathrm{kg}\,\mathrm{s}^{-2}$ ». Cette option est utilisée pour faciliter la génération de la documentation.

derived Ce mode offre des expressions toutes prêtes d'unités SI dérivées en unités SI dérivées, comme dans `\derpascal` pour obtenir « N m^{-2} ». Cette option est utilisée pour faciliter la génération de la documentation.

Voir la table suivante pour des exemples d'utilisation des options d'espacement.

Option	**Exemple**
cdot	$\mathrm{N} \cdot \mathrm{m}$
thickspace	$\mathrm{N\;m}$
mediumspace	$\mathrm{N\:m}$
thinspace	$\mathrm{N\,m}$
thickqspace	$10\;\mathrm{N} \cdot \mathrm{m}$
mediumqspace	$10\:\mathrm{N} \cdot \mathrm{m}$
thinqspace	$10\,\mathrm{N} \cdot \mathrm{m}$

TABLE 9 — options d'espacement —

6.2.1 Conflit avec le package `amssymb`

Dans le paquetage `amssymb`, la commande `\square` est définie. Ceci provoquera des messages d'erreur lorsque le package `amssymb` est utilisé en combinaison avec le package `SIunits`. Pour éviter ces erreurs vous pouvez choisir entre deux options différentes :

amssymb Cette option redéfinit la commande `\square` de `amssymb` pour obtenir la définition `SIunits` désirée de cette commande.
Note : lorsque cette option est utilisée, la commande `\square` de `amssymb` *ne peut pas* être utilisée.

`squaren` Cette option définit une nouvelle commande `\squaren` qui peut être utilisée à la place de la commande `SIunits` `\square`.
Note : lorsque vous utilisez cette option, la définition `amssymb` de `\square` est utilisée.

Manuel de référence des commandes

6.3 Comment composer les unités dans votre texte

L'objet du package `SIunits` est de donner à un auteur un système intuitif pour écrire des unités. Il suffit de taper (en commandes à la mode LaTeX ce que vous voulez dire : `\kilogram` ou `\degreecelsius` pour obtenir « kg » ou « °C ».

6.3.1 Les unités SI de base

Commande	**Donne**
`\metre`	m — La commande `\meter` peut également être utilisée.

`\kilogram`	kg
`\second`	s
`\ampere`	A
`\kelvin`	K
`\mole`	mol
`\candela`	cd

6.3.2 Les unités SI dérivées

Commande	**Donne**
`\hertz`	Hz
`\newton`	N
`\pascal`	Pa
`\joule`	J
`\watt`	W
`\coulomb`	C
`\volt`	V
`\farad`	F
`\ohm`	Ω
`\siemens`	S
`\weber`	Wb
`\tesla`	T
`\henry`	H
`\degreecelsius`	°C — La commande `\celsius` peut aussi être utilisée.
`\lumen`	lm
`\lux`	lx
`\becquerel`	Bq
`\gray`	Gy
`\sievert`	Sv

6.3.3 Les préfixes SI

Pour utiliser les préfixes avec les unités SI, placez-les devant l'unité, par exemple `\milli\ampere`, `\deca\metre` (ou `\deka\meter`) ou `\mega\ohm` pour obtenir : « mA », « dam » ou « MΩ ».

Commande	**Donne**
`\yocto`	y
`\zepto`	z
`\atto`	a
`\femto`	f
`\pico`	p
`\nano`	n
`\micro`	µ
`\milli`	m
`\centi`	c
`\deci`	d

`\deca`	da — La commande `\deka` peut également être utilisée.
`\hecto`	h
`\kilo`	k
`\mega`	M
`\giga`	G
`\tera`	T
`\peta`	P
`\exa`	E
`\zetta`	Z
`\yotta`	Y

6.3.4 Les valeurs décimales des préfixes SI

Les valeurs décimales des préfixes peuvent être obtenues en ajoutant `d` derrière la commande préfixe :

Commande	**Donne**
`\yoctod`	10^{-24}
`\zeptod`	10^{-21}
`\attod`	10^{-18}
`\femtod`	10^{-15}
`\picod`	10^{-12}
`\nanod`	10^{-9}
`\microd`	10^{-6}
`\millid`	10^{-3}
`\centid`	10^{-2}
`\decid`	10^{-1}
`\decad`	10^{1} — La commande `\dekad` peut également être utilisée.
`\hectod`	10^{2}
`\kilod`	10^{3}
`\megad`	10^{6}
`\gigad`	10^{9}
`\terad`	10^{12}
`\petad`	10^{15}
`\exad`	10^{18}
`\zettad`	10^{21}
`\yottad`	10^{24}

6.3.5 Division ou multiplication d'unités SI

L'étape suivante est la formation d'unités fondées sur la division et/ou la multiplication d'unités SI.

Division Comment obtenir l'unité de vitesse ?

1. Écrire l'unité en mots : `metre per second`
2. Remplacer les espaces par des contre-obliques pour obtenir les commandes : `\metre\per\second\`
3. Le résultat est : « m/s ».

Simple ! Immédiat !

Multiplication Voici maintenant un exemple de multiplication d'unités, l'unité de moment de torsion, ou *torque*, le newton mètre :

1. Écrire l'unité en mots : `newton metre`
2. Pour obtenir un espace entre les deux unités, utilisez la commande `\usk` (unitskip) : `\newton\usk\metre`
3. Le résultat est : « N m ». L'espacement entre les unités dépend des options d'espacement (voir page 17).

Cas mixte Le cas mixte devrait maintenant être facile ; l'unité de conductivité thermique (watt par mètre kelvin) :

1. Utilisez ce que vous venez d'apprendre : `\watt\per\metre\usk\kelvin`
2. Le résultat est : « W/m K »

Maintenant vous pouvez tout faire en une seule étape ! Intuitif et simple !

6.3.6 Élévation d'unités SI à une puissance

Le package `SIunits` offre un ensemble de fonctions pour obtenir des unités élevées à une certaine puissance.

Au carré et au cube Comment obtenir les unités de surface (mètre carré) et de volume (mètre cube) ?

1. Écrire l'unité en mots (*en anglais*) : `square metre` et `cubic metre`
2. Remplacer les espaces par des contre-obliques pour obtenir les commandes : `\square\metre` et `\cubic\metre`
3. Le résultat est : « m^2 » et « m^3 ».

Je peux vous entendre dire : « Nous n'utilisons le mot ‘ square ’ que devant l'unité ‘ metre ’, normalement nous plaçons le mot ‘ squared ’ derrière le nom de l'unité. ». Bien, essayons : `\second\squared` et `\second\cubed` donne : « s^2 » et « s^3 ». Donc, pas de problème.

L'inverse, l'inverse du carré et du cube Comment obtenir des puissances négatives ?

1. Utilisez `\rpsquare` ou `\rpsquared`, et `\rpcubic` et `\rpcubed`.
2. *Par exemple:* `\rpsquare\metre` et `\second\rpcubed`
3. Le résultat est : « m^{-2} » et « s^{-3} ».

Normalement, nous laissons tomber l'exposant 1, mais parfois nous voulons utiliser l'exposant -1. Comment former l'unité de fréquence (inverse de la seconde = Hz) ?

1. Écrire l'unité sous forme de mots (*en anglais*) : `reciprocal second`.
2. Remplacer les espaces par des contre-obliques pour obtenir les commandes : `\reciprocal\second`.
3. Le résultat est : « s^{-1} ».

La fonction `power` La macro `power` a été ajoutée pour pouvoir former tous les types d'élévation à une puissance : `\power{10}{35}` donne : 10^{35}.

6.3.7 Quantités et unités

Utilisez la commande `\unit` pour obtenir un espacement cohérent entre les quantités numériques et les unités. Par exemple :
`\unit {120} {\kilo\meter\per\hour}` donne : 120 km/h.

6.3.8 Unités en dehors du SI

La commande	**donne**
`\angstrom`	Å
`\are`	a
`\atomicmass`	u
`\barn`	b
`\bbar`	bar — La commande `\bar` était déjà définie.
`\curie`	Ci
`\dday`	d — La commande `\day` était déjà définie.
`\degree`	°
`\electronvolt`	eV
`\gal`	Gal
`\gram`	g
`\hectare`	ha
`\hour`	h
`\liter` L'unité des	Etats-Unis pour ‘ litre ’.
`\litre`	l
`\minute`	min
`\paminute`	′ — La commande `\minute` était déjà définie.
`\pasecond`	″ — La commande `\second` était déjà définie.
`\rad`	rad
`\rem`	rem
`\roentgen`	R
`\rperminute`	r/min
`\tonne`	t — La commande `\ton` peut aussi être utilisée[9].

6.3.9 Unités prêtes à l'emploi

la commande	**donne**
`\amperemetresecond`	A m s
`\amperepermetre`	A/m
`\amperepermetrenp`	A m^{-1}
`\amperepersquaremetre`	A/m^2
`\amperepersquaremetrenp`	A m^{-2}
`\candelapersquaremetre`	cd/m^2
`\candelapersquaremetrenp`	cd m^{-2}

`\coulombpercubicmetre`	$\mathrm{C/m^3}$
`\coulombpercubicmetrenp`	$\mathrm{C\ m^{-3}}$
`\coulombperkilogram`	$\mathrm{C/kg}$
`\coulombperkilogramnp`	$\mathrm{C\ kg^{-1}}$
`\coulombpermol`	$\mathrm{C/mol}$
`\coulombpermolnp`	$\mathrm{C\ mol^{-1}}$
`\coulombpersquaremetre`	$\mathrm{C/m^2}$
`\coulombpersquaremetrenp`	$\mathrm{C\ m^{-2}}$
`\cubicmetre`	$\mathrm{m^3}$
`\faradpermetre`	$\mathrm{F/m}$
`\faradpermetrenp`	$\mathrm{F\ m^{-1}}$
`\graypersecond`	$\mathrm{Gy/s}$
`\graypersecondnp`	$\mathrm{Gy\ s^{-1}}$
`\henrypermetre`	$\mathrm{H/m}$
`\henrypermetrenp`	$\mathrm{H\ m^{-1}}$
`\jouleperkelvin`	$\mathrm{J/K}$
`\jouleperkelvinnp`	$\mathrm{J\ K^{-1}}$
`\jouleperkilogram`	$\mathrm{J/kg}$
`\jouleperkilogramnp`	$\mathrm{J\ kg^{-1}}$
`\joulepermole`	$\mathrm{J/mol}$
`\joulepermolenp`	$\mathrm{J\ mol^{-1}}$
`\joulepermolekelvin`	$\mathrm{J/mol\,K}$
`\joulepermolekelvinnp`	$\mathrm{J\ mol^{-1}\ K^{-1}}$
`\joulepersquaremetre`	$\mathrm{J/m^2}$
`\joulepersquaremetrenp`	$\mathrm{J\ m^{-2}}$
`\joulepertesla`	$\mathrm{J/T}$
`\jouleperteslanp`	$\mathrm{J\ T^{-1}}$
`\kilogrammetrepersecond`	$\mathrm{kg\ m/s}$
`\kilogrammetrepersecondnp`	$\mathrm{kg\ m\ s^{-1}}$
`\kilogrammetrepersquaresecond`	$\mathrm{kg\ m/s^2}$
`\kilogrammetrepersquaresecondnp`	$\mathrm{kg\ m\ s^{-2}}$
`\kilogrampercubicmetre`	$\mathrm{kg/m^3}$
`\kilogrampercubicmetrenp`	$\mathrm{kg\ m^{-3}}$
`\kilogramperkilomole`	$\mathrm{kg/kmol}$
`\kilogramperkilomolenp`	$\mathrm{kg\ kmol^{-1}}$
`\kilogrampermetre`	$\mathrm{kg/m}$
`\kilogrampermetrenp`	$\mathrm{kg\ m^{-1}}$
`\kilogrampersecond`	$\mathrm{kg/s}$
`\kilogrampersecondnp`	$\mathrm{kg\ s^{-1}}$
`\kilogrampersquaremetre`	$\mathrm{kg/m^2}$
`\kilogrampersquaremetrenp`	$\mathrm{kg\ m^{-2}}$
`\kilogrampersquaremetresecond`	$\mathrm{kg/m^2\ s}$
`\kilogrampersquaremetresecondnp`	$\mathrm{kg\ m^{-2}\ s^{-1}}$
`\kilogramsquaremetre`	$\mathrm{kg\ m^2}$
`\kilogramsquaremetrenp`	$\mathrm{kg\ m^2}$
`\kilogramsquaremetrepersecond`	$\mathrm{kg\ m^2/s}$
`\kilogramsquaremetrepersecondnp`	$\mathrm{kg\ m^2\ s^{-1}}$
`\kilowatthour`	kWh
`\metrepersquaresecond`	$\mathrm{m/s^2}$

`\metrepersquaresecondnp`	$\mathrm{m\,s^{-2}}$
`\molepercubicmetre`	$\mathrm{mol/m^{3}}$
`\molepercubicmetrenp`	$\mathrm{mol\,m^{-3}}$
`\newtonpercubicmetre`	$\mathrm{N/m^{3}}$
`\newtonpercubicmetrenp`	$\mathrm{N\,m^{-3}}$
`\newtonperkilogram`	$\mathrm{N/kg}$
`\newtonperkilogramnp`	$\mathrm{N\,kg^{-1}}$
`\newtonpersquaremetre`	$\mathrm{N/m^{2}}$
`\newtonpersquaremetrenp`	$\mathrm{N\,m^{-2}}$
`\ohmmetre`	$\Omega\,\mathrm{m}$
`\pascalsecond`	$\mathrm{Pa\,s}$
`\persquaremetresecond`	$\mathrm{1/m^{2}\,s}$
`\persquaremetresecondnp`	$\mathrm{m^{-2}\,s^{-1}}$
`\radianpersecond`	$\mathrm{rad/s}$
`\radianpersecondnp`	$\mathrm{rad\,s^{-1}}$
`\radianpersquaresecond`	$\mathrm{rad/s^{2}}$
`\radianpersquaresecondnp`	$\mathrm{rad\,s^{-2}}$
`\squaremetre`	$\mathrm{m^{2}}$
`\squaremetrepercubicmetre`	$\mathrm{m^{2}/m^{3}}$
`\squaremetrepercubicmetrenp`	$\mathrm{m^{2}\,m^{-3}}$
`\squaremetrepernewtonsecond`	$\mathrm{m^{2}/N\,s}$
`\squaremetrepernewtonsecondnp`	$\mathrm{m^{2}\,N^{-1}\,s^{-1}}$
`\squaremetrepersecond`	$\mathrm{m^{2}/s}$
`\squaremetrepersecondnp`	$\mathrm{m^{2}\,s^{-1}}$
`\squaremetrepersquaresecond`	$\mathrm{m^{2}/s^{2}}$
`\squaremetrepersquaresecondnp`	$\mathrm{m^{2}\,s^{-2}}$
`\voltpermetre`	$\mathrm{V/m}$
`\voltpermetrenp`	$\mathrm{V\,m^{-1}}$
`\wattpercubicmetre`	$\mathrm{W/m^{3}}$
`\wattpercubicmetrenp`	$\mathrm{W\,m^{-3}}$
`\wattperkilogram`	$\mathrm{W/kg}$
`\wattperkilogramnp`	$\mathrm{W\,kg^{-1}}$
`\wattpersquaremetre`	$\mathrm{W/m^{2}}$
`\wattpersquaremetrenp`	$\mathrm{W\,m^{-2}}$
`\wattpersquaremetresteradian`	$\mathrm{W/m^{2}\,sr}$
`\wattpersquaremetresteradiannp`	$\mathrm{W\,m^{-2}\,sr^{-1}}$

7 Comment fonctionne le package

7.1 Compatibilité

Ce paquetage a été testé en utilisant :

1. MiKTEX 1.10*b*, comprenant les classes standard LATEX 2ε (LATEX 2ε [1997/12/01] patch level 1) et TEX 3.14159, à la fois sous Microsoft Windows 95 et Windows NT 4.0.
2. MiKTEX 1.11 , comprenant les classes standard LATEX 2ε (LATEX 2ε [1998/06/01]) et TEX 3.14159, à la fois sous Microsoft Windows 95 et Windows NT 4.0.

Le package `SIunits` utilise principalement (et se fonde sur) la commande LATEX `\newcommand` qui est supposée conserver sa signification actuelle dans les versions futures de LaTeX.

7.2 Problèmes connus et limitations

1. Quand vous n'avez pas la fonte AMS `eurm10`, ajoutez la ligne suivante au préambule de votre document :
   `\NoAMS`.
2. Le package amssymb définit la commande `\square`. Voici deux solutions possibles pour éviter les conflits :
   - Utiliser l'option `amssymb` : `\usepackage[amssymb]{SIunits}`. Lorsque vous utilisez cette option, la commande amssymb `\square` est redéfinie comme la commande de SIunits.
   - Utiliser l'option `squaren` : `\usepackage[squaren]{SIunits}`. Lorsque vous utilisez cette option, la commmande amssymb `\square` n'est pas redéfinie. Utilisez la nouvelle commande SIunits `\squaren` au lieu de `\square` pour obtenir le comportement désiré.

   Note : Chargez le package `SIunits` après le package `amssymb`.

Il n'y a pas d'autre problème ou limitation connus. Ceci ne signifie pas que ce paquetage est sans erreur, mais indique le manque de tests effectués sur ce package.

7.3 Envoi d'un rapport d'anomalie

Les rapports de nouvelles erreurs dans le paquetage sont les bienvenus. Cependant, je **ne considère pas** ce package comme étant « supporté ». Ceci signifie qu'il n'y a aucune garantie que je (ou quelqu'un d'autre) fera un quelconque effort pour corriger l'erreur (j'essaierai bien sur de trouver du temps). Mais, d'autre part, quelqu'un peut essayer de chercher le problème, donc remplir un rapport d'anomalie est toujours une bonne chose à faire ! (Faute de mieux, vos découvertes peuvent finir par apparaître dans des versions futures de la documentation.) Avant de remplir un rapport d'anomalie, merci d'effectuer les actions suivantes :

1. vérifiez que votre problème n'est pas dû à votre fichier d'entrée ;
2. vérifiez que votre problème n'est pas dû à vos propres packages ou classes ;
3. vérifiez que votre problème n'est pas décrit dans la section « Problèmes connus et limitations » ci-dessus ;
4. essayez de localiser le problème en écrivant un fichier d'entrée LaTeX 2_ε minimal qui reproduit le problème ; ajoutez la commande
   `\setcounter{errorcontextlines}{999}`
   dans ce fichier ;
5. exécutez ce fichier sous LaTeX 2_ε ;
6. envoyez une description de votre problème, le fichier d'entrée et le fichier `.log` par courrier électronique à : `m.heldoorn@physiology.medfac.leidenuniv.nl`.

8 En conclusion

8.1 Remerciements

Je voudrais remercier Werenfried Spit (`w.spit@WITBO.NL`) qui a répondu à ma question sur `TEX-NL@NIC.SURFNET.NL` à propos de la « fonction puisssance », ainsi

que Hans Hagen (`pragma@WXS.NL`) pour son aimable réaction à cette question.

v0.01 : Typos Jürgen von Haegen (`vonHagen@engr.psu.edu`)

v0.02 Beta 1 : `addunit` macro ajoutée Hint : Hans Bessem (`j.m.bessem@wbmt.tudelft.nl`)

v0.02 Beta 4 : Typos Rafael Rodriguez Pappalardo (`rafapa@cica.es`)

v0.02 Beta 5 : Conseils/Unités non SI Timothy C. Burt (`tcburt@comp.uark.edu`)

v0.02 Beta 7 : `angstrom` définition changée Hint : Lutz Schwalowsky (`schalow@mineralogie.uni-hamburg.de`) ; Solution : Piet van Oostrum (`piet@cs.uu.nl`)

v0.04 : `ohm` définition corrigée Jürgen von Haegen (`vonHagen@engr.psu.edu`)

v0.06 : Conflit avec `amssymb` résolu merci à Timothy C. Burt (`tcburt@comp.uark.edu`)

8.2 Références

1. National Institute of Standards and Technology Special Publication 330, *The International System of Units (SI), 1991 Edition*, by Barry N. Taylor, 62 p. : `http://physics.nist.gov/Document/sp330.pdf`
2. National Institute of Standards and Technology Special Publication 811, *Guide for the Use of the International System of Units (SI), 1995 Edition*, by Barry N. Taylor, 84 p. : `http://physics.nist.gov/Document/sp811.pdf`
3. National Institute of Standards and Technology, *Diagram of SI unit relationships :* `http://physics.nist.gov/cuu/Units/SIdiagram2.html`
4. National Physical Laboratory, *The International System of Units :* `http://www.npl.co.uk/npl/reference/si_units.html`
5. National Institute of Standards and Technology, *The NIST reference on Constants, Units and Uncertainty :* `http://physics.nist.gov/cuu/Units/introduction.html`
6. David Barlett, *The Metric System : a concise reference guide :* `http://subnet.virtual-pc.com/ba424872/`

8.3 Épilogue

J'espère que certains utilisateurs trouveront ce package utile et point trop « bugué » . :-)
Les commentaires et les suggestions quand aux améliorations sont toujours les bienvenus !

LaTeX, enjoy it !

marcel h.

9 The Magic Code

9.1 Hello world

First, we announce the package.

```
\NeedsTeXFormat{LaTeX2e}[1997/12/01]
\ProvidesPackage{SIunits}[\filedate\space v\fileversion\space \packagename (MH)]
\typeout{Package: `\packagename' v\fileversion\space <\filedate> (MH)}
\typeout{\packagemessage}
```

9.1.1 The upright (roman) 'mu'

The next four lines of code are necessary to get an upright (roman) mu (Greek 'em').

```
\DeclareFontFamily{OML}{eur}{\skewchar\font127}
\DeclareFontShape{OML}{eur}{m}{n}{<5> <6> <7> <8> <9> gen * eurm <10><10.95><12><14.4><17.28><20.74><24.88>eurm10}{}
\DeclareSymbolFont{greek}{OML}{eur}{m}{n}
```

`\upmu`

```
\DeclareMathSymbol{\upmu}{\mathord}{greek}{"16}
```

9.2 Option handling

Every package option is passed to the macro **`\SIunits@execopt`**.

```
\DeclareOption*{\SIunits@execopt\CurrentOption}
```

`\SIunits` The **`\SIunits`** macro allows runtime option requests. Every argument of the optional argument list is passed to the macro **`\SIunits@execopt`**. The options thickspace & thickqspace is selected by default.

```
\newcommand*\SIunits[1][thickspace,thickqspace]{\@for\SIunits@@:=#1%
  \do{\SIunits@execopt\SIunits@@}}
```

`\SIunits@execopt` Every execution of this macro with an argument n leads to the execution of a macro **`\SIunits@opt@`**n or a warning if no such exists.

```
\newcommand*\SIunits@execopt[1]{\@ifundefined{SIunits@opt@#1}%
  {\PackageWarning{SIunits}{Requested option `#1' not provided}}%
  {\@nameuse{SIunits@opt@#1}}}
```

9.3 Spacing options

9.3.1 The thickspace mode

`\SIunits@opt@thickspace` This macro provides a thick math space (\;) between units.

```
\newcommand*\SIunits@opt@thickspace{%
  \renewcommand{\usk}{\ensuremath{\;}}
    \typeout{Option `thickspace' provided! ^^J}}
```

9.3.2 The mediumspace mode

`\SIunits@opt@mediumspace` This macro provides a medium math space (\:) between units.

```
\newcommand*\SIunits@opt@mediumspace{%
  \renewcommand{\usk}{\ensuremath{\:}}
      \typeout{Option `mediumspace' provided! ^^J}}
```

9.3.3 The **thinspace** mode

\SIunits@opt@thinspace

This macro provides a thin math space (\,) between units.

```
\newcommand*\SIunits@opt@thinspace{%
  \renewcommand{\usk}{\ensuremath{\,}}
      \typeout{Option ‘thinspace’ provided! ^^J}}
```

9.3.4 The **cdot** mode

\SIunits@opt@cdot

This macro provides a `\cdot` (·) between units.

```
\newcommand*\SIunits@opt@cdot{%
  \renewcommand{\usk}{\ensuremath                                  {\cdot}}
      \typeout{Option ‘cdot’ provided! ^^J}}
```

9.4 Spacing between quantities and units options

9.4.1 The **thickqspace** mode

\SIunits@opt@thickqspace

This macro provides a thick math space (\;) between quantities and units.

```
\newcommand*\SIunits@opt@thickqspace{%
  \renewcommand{\qsk}{\ensuremath{\;}}
    \typeout{Option ‘thickqspace’ provided! ^^J}}
```

9.4.2 The **mediumqspace** mode

\SIunits@opt@mediumqspace

This macro provides a medium math space (\:) between quantities and units.

```
\newcommand*\SIunits@opt@mediumqspace{%
  \renewcommand{\qsk}{\ensuremath{\:}}
    \typeout{Option \mediumqspace’ provided! ^^J}}
```

9.4.3 The **thinqspace** mode

\SIunits@opt@thinqspace

This macro provides a thin math space (\;) between quantities and units.

```
\newcommand*\SIunits@opt@thinqspace{%
  \renewcommand{\qsk}{\ensuremath{\,}}
    \typeout{Option ‘thinqspace’ provided! ^^J}}
```

9.5 Conflict handling options

9.5.1 The **amssymb** option

\SIunits@opt@amssymb

```
\newif\ifredefsquare\redefsquarefalse
\newcommand\SIunits@opt@amssymb{\redefsquaretrue}
```

9.5.2 The **squaren** option

\SIunits@opt@squaren

```
\newif\ifdefsquaren\defsquarenfalse
\newcommand\SIunits@opt@squaren{\defsquarentrue}
```

9.6 International needs

\meter \deka \dekad

To prevent international problems, one can use both **\meter** and **\metre** for the SI length unit, and **\deka** and **\dekad** for the SI prefix commands **\deca** and **\decad**.

```
\newcommand{\meter}{\metre}
\newcommand{\deka}{\deca}
\newcommand{\dekad}{\decad}
```

9.7 Personal needs

\NoAMS

The `\NoAMS` macro has to be added in the preamble, when you don't have the AMS font `eurm10`

```
\newcommand{\NoAMS}{\renewcommand {\micro}{\ensuremath{\mathrm{\mu}}}}
```

\addunit

The `\addunit` macro gives one the possibility to add units. This possibility was added after a lot of questions for support of non SI units, that can not be added to this package (it's called *SI* units!).
Usage : `\addunit{\foot}{ft}`; then the unit can be used : `1 \foot` gives 1 ft.

```
\newcommand*{\addunit}[2]{\newcommand{#1}{\ensuremath{\mathrm{#2}}}}
```

\unitskip

The `\unitskip` macro gives one the possibility to choose spacing characters that are not already defined, by the spacing options (page 17). It also gives the possibility to use various spacing character in your documents.

```
\newcommand*{\unitskip}[1]{\renewcommand{\usk}{\ensuremath{#1}}}
```

\quantityskip

The `\quantityskip` macro gives one the possibility to choose spacing characters that are not already defined, by the spacing options (page 17). It also gives the possibility to use various spacing character in your documents.

```
\newcommand*{\quantityskip}[1]{\renewcommand{\qsk}{\ensuremath{#1}}}
```

9.8 Spacing units

\per \usk \qsk

In version 0.06 of the `SIunits` package, one has to do the spacing of units by hand. I have plans to get some things automated in a future version. The `\per` macro gives `/` to be used in a quotient of two units; `\usk` (**u**nit**sk**ip) makes a thick math space by default, but can be changed by the spacing options (page 17) or the `\unitskip` command. Usage :
`\metre\per\second` (unit of speed) gives : m/s
`\newton\usk\metre` (unit of torque) gives : N m.
`\qsk` (**q**uantity **sk**ip) makes a thick math space by default, but can be changed by the options for spacing between quantity and unit (page 17) or the `\quantityskip` command. `\qsk` is used in the `\unit` macro.

```
\newcommand{\per}{\ensuremath{\mathrm{/}}}
\newcommand{\usk}{\ensuremath{\;}}
\newcommand{\qsk}{\ensuremath{\;}}
```

9.9 Spacing between numerical quantities and unit

\unit

The `\unit` macro is used to typeset conjunction of a numerical quantity and a unit. Usage : `\unit {120} {\kilo\meter\per\hour}` 33.3 m/s= to get : 120 km/h = 33.3 m/s.

```
\newcommand*{\unit}[2]{\ensuremath{\mathrm{#1\qsk#2}}}
```

9.10 Power(full) macros

\power

The `\power`[1] macro is used to typeset a superscript. Usage : `\power{\metre}{2}` to get : m^2

```
\newcommand*{\power}[2]{\ensuremath{\mathrm{#1}^{#2}}}
```

9.11 Handling options to prevent conflicts

```
\AtBeginDocument{%
 \ifredefsquare
  \providecommand{\square}[1]{\power{#1}{2}}
  \renewcommand{\square}[1]{\power{#1}{2}}
  \typeout{Option ‘amssymb’ provided! ^^JCommand ‘square’ redefined by SIunits package!}
  \typeout{}
 \else
   \ifdefsquaren
    \providecommand{\squaren}[1]{\power{#1}{2}}
    \renewcommand{\squaren}[1]{\power{#1}{2}}
    \typeout{Option ‘squaren’ provided! ^^JCommand ‘squaren’ defined by SIunits package!}
    \typeout{}
   \else
    \@ifundefined{square}{%
     \newcommand*{\square}[1]{\power{#1}{2}}
     }{%
     \PackageWarningNoLine{SIunits}{%
     The command ‘square’ was already defined.\MessageBreak
     Possibly due to the amssymb package}
     \typeout{Hint: use option ‘amssymb’ or ‘squaren’ with SIunits package.}
     \typeout{See SIunits.dvi or readme.txt section: Known problems and limitations.}
     \typeout{}
    }  %\ifundefined{square}
   \fi %\ifsefsquaren
 \fi   %\ifredefsquare
 }     %\AtBeginDocument
```

\squared
\cubic
\cubed
\fourth

The above example can be realised in a more intuitive way : `\square\metre` : m^2. The same goes for `\cubic` & `\fourth` : m^3 & m^4.

```
\newcommand*{\squared}{\ensuremath{^{\mathrm{2}}}}
\newcommand*{\cubic}[1]{\power{#1}{3}}
\newcommand*{\cubed}{\ensuremath{^{\mathrm{3}}}}
\newcommand*{\fourth}[1]{\power{#1}{4}}
```

\reciprocal
\rp
\rpsquare
\rpsquared
\rpcubic
\rpcubed
\rpfourth

The macros `\reciprocal`, `\rpsquare`, `\rpsquared`, `\rpcubic`, `\rpcubed` and `\rpfourth` provide the reciprocal (negative power) : e.g. m^{-1}, m^{-2}, m^{-3} and m^{-4}. `\rp` is a short form for `\reciprocal`.

```
\newcommand*{\reciprocal}[1]{\power{#1}{-1}}
\newcommand{\rp}{\reciprocal}
\newcommand*{\rpsquare}[1]{\power{#1}{-2}}
\newcommand*{\rpsquared}{\ensuremath{^{\mathrm{-2}}}}
\newcommand*{\rpcubic}[1]{\power{#1}{-3}}
\newcommand*{\rpcubed}{\ensuremath{^{\mathrm{-3}}}}
\newcommand*{\rpfourth}[1]{\power{#1}{-4}}
```

[9] Thanks to Werenfried Spit — (w.spit@WITBO.NL)

9.12 SI decimal *prefixes*

Prefixes

These prefixes may be used to construct decimal fractions or multiples of units. Two different forms are provided, e. g. `\milli` and `\millid`.

9.12.1 Symbols

symbols

The first form gives the symbol of the prefix : `\milli\second` : ms ;

```
\newcommand{\yocto}{\ensuremath{\mathrm{y}}}
\newcommand{\zepto}{\ensuremath{\mathrm{z}}}
\newcommand{\atto}{\ensuremath{\mathrm{a}}}
\newcommand{\femto}{\ensuremath{\mathrm{f}}}
\newcommand{\pico}{\ensuremath{\mathrm{p}}}
\newcommand{\nano}{\ensuremath{\mathrm{n}}}
\newcommand{\micro}{\ensuremath{\mathrm{\upmu}}}
\newcommand{\milli}{\ensuremath{\mathrm{m}}}
\newcommand{\centi}{\ensuremath{\mathrm{c}}}
\newcommand{\deci}{\ensuremath{\mathrm{d}}}
\newcommand{\deca}{\ensuremath{\mathrm{da}}}
\newcommand{\hecto}{\ensuremath{\mathrm{h}}}
\newcommand{\kilo}{\ensuremath{\mathrm{k}}}
\newcommand{\mega}{\ensuremath{\mathrm{M}}}
\newcommand{\giga}{\ensuremath{\mathrm{G}}}
\newcommand{\tera}{\ensuremath{\mathrm{T}}}
\newcommand{\peta}{\ensuremath{\mathrm{P}}}
\newcommand{\exa}{\ensuremath{\mathrm{E}}}
\newcommand{\zetta}{\ensuremath{\mathrm{Z}}}
\newcommand{\yotta}{\ensuremath{\mathrm{Y}}}
```

9.12.2 Decimal form

decimals

The other form gives the **d**ecimal factor : `\kilod\usk\hertz` : 10^3 Hz

```
\newcommand{\yoctod}{\power{10}{-24}}
\newcommand{\zeptod}{\power{10}{-21}}
\newcommand{\attod}{\power{10}{-18}}
\newcommand{\femtod}{\power{10}{-15}}
\newcommand{\picod}{\power{10}{-12}}
\newcommand{\nanod}{\power{10}{-9}}
\newcommand{\microd}{\power{10}{-6}}
\newcommand{\millid}{\power{10}{-3}}
\newcommand{\centid}{\power{10}{-2}}
\newcommand{\decid}{\power{10}{-1}}
\newcommand{\decad}{\power{10}{1}}
\newcommand{\hectod}{\power{10}{2}}
\newcommand{\kilod}{\power{10}{3}}
\newcommand{\megad}{\power{10}{6}}
\newcommand{\gigad}{\power{10}{9}}
\newcommand{\terad}{\power{10}{12}}
\newcommand{\petad}{\power{10}{15}}
\newcommand{\exad}{\power{10}{18}}
\newcommand{\zettad}{\power{10}{21}}
\newcommand{\yottad}{\power{10}{24}}
```

The SI exception

\gram In the SI, *Base* units, *Supplementary* units and *Derived* units do not have prefixes, except for the *base* unit of mass : *kilo*gram, not : gram. However, the macro **\gram** provides the symbol of gram : g.

```
\newcommand{\gram}{\ensuremath{\mathrm{g}}}
```

9.13 SI *base* units

\metre length : metre — m

\meter Both **\metre** and **\meter** can be used.

```
\newcommand{\metre}{\ensuremath{\mathrm{m}}}
```

\kilogram mass : kilogram — kg

```
\newcommand{\kilogram}{\kilo\gram}
```

\second time : second — s

```
\newcommand{\second}{\ensuremath{\mathrm{s}}}
```

\ampere electric current : ampere — A

```
\newcommand{\ampere}{\ensuremath{\mathrm{A}}}
```

\kelvin thermodynamic temperature : kelvin — K

```
\newcommand{\kelvin}{\ensuremath{\mathrm{K}}}
```

\mole amount of substance : mole — mol

```
\newcommand{\mole}{\ensuremath{\mathrm{mol}}}
```

\candela luminous intensity : candela — cd

```
\newcommand{\candela}{\ensuremath{\mathrm{cd}}}
```

9.14 SI *derived* units

\radian plane angle

```
\newcommand{\radian}{\ensuremath{\mathrm{rad}}}
```

\steradian solid angle

```
\newcommand{\steradian}{\ensuremath{\mathrm{sr}}}
```

\hertz frequency

```
\newcommand{\hertz}{\ensuremath{\mathrm{Hz}}}
```

\newton force

```
\newcommand{\newton}{\ensuremath{\mathrm{N}}}
```

\pascal pressure

```
\newcommand{\pascal}{\ensuremath{\mathrm{Pa}}}
```

\joule energy, work, quantity of heat

```
\newcommand{\joule}{\ensuremath{\mathrm{J}}}
```

\watt power, radiant flux

```
\newcommand{\watt}{\ensuremath{\mathrm{W}}}
```

`\coulomb` electric charge, quantity of electricity

```
\newcommand{\coulomb}{\ensuremath{\mathrm{C}}}
```

`\volt` electrical potential, potential difference, electromotive force

```
\newcommand{\volt}{\ensuremath{\mathrm{V}}}
```

`\farad` capacitance

```
\newcommand{\farad}{\ensuremath{\mathrm{F}}}
```

`\ohm` electrical resistance

```
\newcommand{\ohm}{\ensuremath{\mathrm{\Omega}}}
```

`\siemens` electrical conductance

```
\newcommand{\siemens}{\ensuremath{\mathrm{S}}}
```

`\weber` magnetic flux, magnetic field strength

```
\newcommand{\weber}{\ensuremath{\mathrm{Wb}}}
```

`\tesla` magnetic flux density

```
\newcommand{\tesla}{\ensuremath{\mathrm{T}}}
```

`\henry` inductance

```
\newcommand{\henry}{\ensuremath{\mathrm{H}}}
```

`\degreecelsius` Celsius temperature unit name : “degree Celsius”
`\celsius` both **`\degreecelsius`** and **`\celsius`** can be used.

```
\newcommand{\degreecelsius}{\degree\Celsius}
\newcommand{\celsius}{\degreecelsius}
```

`\lumen` luminous flux

```
\newcommand{\lumen}{\ensuremath{\mathrm{lm}}}
```

`\lux` illuminance

```
\newcommand{\lux}{\ensuremath{\mathrm{lx}}}
```

`\becquerel` activity of a radionuclide

```
\newcommand{\becquerel}{\ensuremath{\mathrm{Bq}}}
```

`\gray` absorbed dose, specific energy imparted, kerma

```
\newcommand{\gray}{\ensuremath{\mathrm{Gy}}}
```

`\sievert` dose equivalent

```
\newcommand{\sievert}{\ensuremath{\mathrm{Sv}}}
```

9.14.1 The **derivedinbase** mode

Expression of derived SI units in SI base units

`\SIunits@opt@derivedinbase`

This macro provides the expression of derived SI units in SI base units. These macros can be accessed by putting ‘base’ behind the SI derived unit command, e. g. (`\pascalbase`) to get ’$\mathrm{m}^{-1}\,\mathrm{kg}\,\mathrm{s}^{-2}$‘.

```
\newcommand*\SIunits@opt@derivedinbase{%
\newcommand{\radianbase}{\metre\usk\reciprocal\metre}
\newcommand{\steradianbase}{\square\metre\usk\rpsquare\metre}
\newcommand{\hertzbase}{\reciprocal\second}
\newcommand{\newtonbase}{\metre\usk\kilogram\usk\second\rpsquared}
\newcommand{\pascalbase}{\reciprocal\metre\usk\kilogram\usk\second\rpsquared}
\newcommand{\joulebase}{\square\metre\usk\kilogram\usk\second\rpsquared}
\newcommand{\wattbase}{\square\metre\usk\kilogram\usk\rpcubic\second}
\newcommand{\coulombbase}{\second\usk\ampere}
\newcommand{\voltbase}{\square\metre\usk\kilogram\usk\rpcubic\second\usk\reciprocal\ampere}
\newcommand{\faradbase}{\rpsquare\metre\usk\reciprocal\kilogram\usk\fourth\second\usk\ampere\squared}
\newcommand{\ohmbase}{\square\metre\usk\kilogram\usk\rpcubic\second\usk\rpsquare\ampere}
\newcommand{\siemensbase}{\rpsquare\metre\usk\reciprocal\kilogram\usk\cubic\second\usk\ampere\squared}
\newcommand{\weberbase}{\square\metre\usk\kilogram\usk\second\rpsquared\usk\reciprocal\ampere}
\newcommand{\teslabase}{\kilogram\usk\second\rpsquared\usk\reciprocal\ampere}
\newcommand{\henrybase}{\square\metre\usk\kilogram\usk\second\rpsquared\usk\rpsquare\ampere}
\newcommand{\celsiusbase}{\kelvin}
\newcommand{\lumenbase}{\candela\usk\square\metre\usk\rpsquare\metre}
\newcommand{\luxbase}{\candela\usk\square\metre\usk\rpfourth\metre}
\newcommand{\becquerelbase}{\hertzbase}
\newcommand{\graybase}{\square\metre\usk\second\rpsquared}
\newcommand{\sievertbase}{\graybase}
      \typeout{Option 'derivedinbase' provided!^^J}}
```

9.14.2 The **derived** mode

Expression of derived SI units in other derived SI units

`\SIunits@opt@derived`

This macro provides the expression of derived SI units in other SI derived units (if possible). These macros can be accessed by putting ‘der’ in front of the SI derived unit command, e. g. (`\derpascal`) to get ’$\mathrm{N}\,\mathrm{m}^{-2}$‘.

```
\newcommand*\SIunits@opt@derived{%
\newcommand{\derradian}{\metre\usk\reciprocal\metre}
\newcommand{\dersteradian}{\square\metre\usk\rpsquare\metre}
\newcommand{\derhertz}{\reciprocal\second}
\newcommand{\dernewton}{\metre\usk\kilogram\usk\second\rpsquared}
\newcommand{\derpascal}{\newton\usk\rpsquare\metre}
\newcommand{\derjoule}{\newton\usk\metre}
\newcommand{\derwatt}{\joule\usk\reciprocal\second}
\newcommand{\dercoulomb}{\ampere\usk\second}
\newcommand{\dervolt}{\watt\usk\reciprocal\ampere}
\newcommand{\derfarad}{\coulomb\usk\reciprocal\volt}
\newcommand{\derohm}{\volt\usk\reciprocal\ampere}
\newcommand{\dersiemens}{\ampere\usk\reciprocal\volt}
\newcommand{\derweber}{\square\metre\usk\kilogram\usk\second\rpsquared\usk\reciprocal\ampere}
\newcommand{\dertesla}{\weber\usk\rpsquare\metre}
```

```
\newcommand{\derhenry}{\weber\usk\reciprocal\ampere}
\newcommand{\dercelsius}{\kelvin}
\newcommand{\derlumen}{\candela\usk\steradian}
\newcommand{\derlux}{\lumen\usk\rpsquare\metre}
\newcommand{\derbecquerel}{\derhertz}
\newcommand{\dergray}{\joule\usk\reciprocal\kilogram}
\newcommand{\dersievert}{\dergray}
    \typeout{Option ‘derived’ provided! ^^J}}
```

9.15 Units that are used with the SI

`\minute` `\hour` `\dday` Time : `\day` was already used

```
\newcommand{\minute}{\ensuremath{\mathrm{min}}}
\newcommand{\hour}{\ensuremath{\mathrm{h}}}
\newcommand{\dday}{\ensuremath{\mathrm{d}}}
```

`\degree` `\paminute` `\pasecond` Plane angle : `\minute` and `\second` were already used

```
\newcommand{\degree}{\ensuremath{^{\circ}}}
\newcommand{\paminute}{\ensuremath{'}}
\newcommand{\pasecond}{\ensuremath{''}}
```

`\ton` `\tonne` Mass : metric ton or tonne

```
\newcommand{\ton}{\ensuremath{\mathrm{t}}}
\newcommand{\tonne}{\ensuremath{\mathrm{t}}}
```

`\liter` `\litre` Volume : litre or liter

```
\newcommand{\liter}{\ensuremath{\mathrm{L}}}
\newcommand{\litre}{\ensuremath{\mathrm{l}}}
```

`\curie` Radioactivity

```
\newcommand{\curie}{\ensuremath{\mathrm{Ci}}}
```

`\rad` `\arad` Absorbed dose : rad. When there is risk of confusion with the symbol for radian (rad), rd may be used as the symbol for rad.

```
\newcommand{\rad}{\ensuremath{\mathrm{rad}}}
\newcommand{\arad}{\ensuremath{\mathrm{rd}}}
```

`\rem` Dose equivalent

```
\newcommand{\rem}{\ensuremath{\mathrm{rem}}}
```

`\roentgen` Exposure

```
\newcommand{\roentgen}{\ensuremath{\mathrm{R}}}
```

`\electronvolt` Energy

```
\newcommand{\electronvolt}{\ensuremath{\mathrm{e}\volt}}
```

`\atomicmass` Unified atomic mass unit

```
\newcommand{\atomicmass}{\ensuremath{\mathrm{u}}}
```

`\are` `\hectare` `\barn` Area

```
\newcommand{\are}{\ensuremath{\mathrm{a}}}
\newcommand{\hectare}{\ensuremath{\mathrm{ha}}}
\newcommand{\barn}{\ensuremath{\mathrm{b}}}
```

\bbar Pressure

```
\newcommand{\bbar}{\ensuremath{\mathrm{bar}}}
```

\gal Acceleration

```
\newcommand{\gal}{\ensuremath{\mathrm{Gal}}}
```

\angstrom Length

```
\newcommand{\angstrom}{\mbox{\textrm{\AA}}}
```

\rperminute Rotational frequency : revolutions per minute

```
\newcommand{\rperminute}{\ensuremath{\mathrm{r}\per\minute}}
```

9.16 SI units with compound names

\squaremetre Area

```
\newcommand{\squaremetre}{\square\metre}
```

\cubicmetre Volume

```
\newcommand{\cubicmetre}{\cubic\metre}
```

9.17 Various ready-to-use units

These units are provided for the ease of the users of the `SIunits` package. Normally, two forms of the units are provided, e. g. `\graypersecond` and `\graypersecondnp`. The `commandnp` form uses negative powers instead of / : 'Gy/s' and ' Gy s^{-1}'.
absorbed dose rate

```
\newcommand{\graypersecond}{\gray\per\second}
\newcommand{\graypersecondnp}{\gray\usk\reciprocal\second}
```

acceleration

```
\newcommand{\metrepersquaresecond}{\metre\per\second\squared}
\newcommand{\metrepersquaresecondnp}{\metre\usk\second\rpsquared}
```

activation energy, molar energy

```
\newcommand{\joulepermole}{\joule\per\mole}
\newcommand{\joulepermolenp}{\joule\usk\reciprocal\mole}
```

amount-of-substance concentration

```
\newcommand{\molepercubicmetre}{\mole\per\cubic\metre}
\newcommand{\molepercubicmetrenp}{\mole\usk\rpcubic\metre}
```

angular acceleration

```
\newcommand{\radianpersquaresecond}{\radian\per\second\squared}
\newcommand{\radianpersquaresecondnp}{\radian\usk\second\rpsquared}
```

angular momentum

```
\newcommand{\kilogramsquaremetrepersecond}{\kilogram\usk\square\metre\per\second}
\newcommand{\kilogramsquaremetrepersecondnp}{\kilogram\usk\square\metre\usk\reciprocal\second}
```

angular velocity

```
\newcommand{\radianpersecond}{\radian\per\second}
\newcommand{\radianpersecondnp}{\radian\usk\reciprocal\second}
```

area per unit volume

```
\newcommand{\squaremetrepercubicmetre}{\square\metre\per\cubic\metre}
\newcommand{\squaremetrepercubicmetrenp}{\square\metre\usk\rpcubic\metre}
```

charge per mole

```
\newcommand{\coulombpermol}{\coulomb\per\mole}
\newcommand{\coulombpermolnp}{\coulomb\usk\reciprocal\mole}
```

current density

```
\newcommand{\amperepersquaremetre}{\ampere\per\square\metre}
\newcommand{\amperepersquaremetrenp}{\ampere\usk\rpsquare\metre}
```

density

```
\newcommand{\kilogrampercubicmetre}{\kilogram\per\cubic\metre}
\newcommand{\kilogrampercubicmetrenp}{\kilogram\usk\rpcubic\metre}
```

dynamic fluidity (1/viscosity)

```
\newcommand{\squaremetrepernewtonsecond}{\square\metre\per\newton\usk\second}
\newcommand{\squaremetrepernewtonsecondnp}{\square\metre\usk\reciprocal\newton\usk\reciprocal\second}
```

dynamic viscosity

```
\newcommand{\pascalsecond}{\pascal\usk\second}
```

electric charge density

```
\newcommand{\coulombpercubicmetre}{\coulomb\per\cubic\metre}
\newcommand{\coulombpercubicmetrenp}{\coulomb\usk\rpcubic\metre}
```

electric dipole moment

```
\newcommand{\amperemetresecond}{\ampere\usk\metre\usk\second}
```

electric field strength

```
\newcommand{\voltpermetre}{\volt\per\metre}
\newcommand{\voltpermetrenp}{\volt\usk\reciprocal\metre}
```

electric flux density

```
\newcommand{\coulombpersquaremetre}{\coulomb\per\square\metre}
\newcommand{\coulombpersquaremetrenp}{\coulomb\usk\rpsquare\metre}
```

electrical permittivity

```
\newcommand{\faradpermetre}{\farad\per\metre}
\newcommand{\faradpermetrenp}{\farad\usk\reciprocal\metre}
```

electrical resistivity

```
\newcommand{\ohmmetre}{\ohm\usk\metre}
```

energy

```
\newcommand{\kilowatthour}{\kilo\watt\hour}
```

energy flux

```
\newcommand{\wattpersquaremetre}{\watt\per\square\metre}
\newcommand{\wattpersquaremetrenp}{\watt\usk\rpsquare\metre}
```

energy per unit area

```
\newcommand{\joulepersquaremetre}{\joule\per\square\metre}
\newcommand{\joulepersquaremetrenp}{\joule\usk\rpsquare\metre}
```

force (body)

```
\newcommand{\newtonpercubicmetre}{\newton\per\cubic\metre}
\newcommand{\newtonpercubicmetrenp}{\newton\usk\rpcubic\metre}
```

force per unit mass

```
\newcommand{\newtonperkilogram}{\newton\per\kilogram}
\newcommand{\newtonperkilogramnp}{\newton\usk\reciprocal\kilogram}
```

heat capacity, entropy

```
\newcommand{\jouleperkelvin}{\joule\per\kelvin}
\newcommand{\jouleperkelvinnp}{\joule\usk\reciprocal\kelvin}
```

heat of combustion, fusion or vaporisation

```
\newcommand{\jouleperkilogram}{\joule\per\kilogram}
\newcommand{\jouleperkilogramnp}{\joule\usk\reciprocal\kilogram}
```

intensity of ionising radiation

```
\newcommand{\coulombperkilogram}{\coulomb\per\kilogram}
\newcommand{\coulombperkilogramnp}{\coulomb\usk\reciprocal\kilogram}
```

kinematic viscosity

```
\newcommand{\squaremetrepersecond}{\squaremetre\per\second}
\newcommand{\squaremetrepersecondnp}{\squaremetre\usk\reciprocal\second}
```

kinematic energy of turbulence

```
\newcommand{\squaremetrepersquaresecond}{\square\metre\per\second\squared}
\newcommand{\squaremetrepersquaresecondnp}{\square\metre\usk\second\rpsquared}
```

linear momentum

```
\newcommand{\kilogrammetrepersecond}{\kilogram\usk\metre\per\second}
\newcommand{\kilogrammetrepersecondnp}{\kilogram\usk\metre\usk\reciprocal\second}
```

luminance

```
\newcommand{\candelapersquaremetre}{\candela\per\square\metre}
\newcommand{\candelapersquaremetrenp}{\candela\usk\rpsquare\metre}
```

magnetic field strength

```
\newcommand{\amperepermetre}{\ampere\per\metre}
\newcommand{\amperepermetrenp}{\ampere\usk\reciprocal\metre}
```

magnetic moment

```
\newcommand{\joulepertesla}{\joule\per\tesla}
\newcommand{\jouleperteslanp}{\joule\usk\reciprocal\tesla}
```

magnetic permeability

```
\newcommand{\henrypermetre}{\henry\per\metre}
\newcommand{\henrypermetrenp}{\henry\usk\reciprocal\metre}
```

mass flow rate

```
\newcommand{\kilogrampersecond}{\kilogram\per\second}
\newcommand{\kilogrampersecondnp}{\kilogram\usk\reciprocal\second}
```

mass flux

```
\newcommand{\kilogrampersquaremetresecond}{\kilogram\per\square\metre\usk\second}
\newcommand{\kilogrampersquaremetresecondnp}{\kilogram\usk\rpsquare\metre\usk\reciprocal\second}
```

mass per unit area

```
\newcommand{\kilogrampersquaremetre}{\kilogram\per\square\metre}
\newcommand{\kilogrampersquaremetrenp}{\kilogram\usk\rpsquare\metre}
```

mass per unit length

```
\newcommand{\kilogrampermetre}{\kilogram\per\metre}
\newcommand{\kilogrampermetrenp}{\kilogram\usk\reciprocal\metre}
```

molar heat capacity, molar entropy

```
\newcommand{\joulepermolekelvin}{\joule\per\mole\usk\kelvin}
\newcommand{\joulepermolekelvinnp}{\joule\usk\reciprocal\mole\usk\reciprocal\kelvin}
```

molecular weight

```
\newcommand{\kilogramperkilomole}{\kilogram\per\kilo\mole}
\newcommand{\kilogramperkilomolenp}{\kilogram\usk\kilo\reciprocal\mole}
```

moment of inertia

```
\newcommand{\kilogramsquaremetre}{\kilogram\usk\square\metre}
\newcommand{\kilogramsquaremetrenp}{\kilogramsquaremetre}
```

momentum flow rate

```
\newcommand{\kilogrammetrepersquaresecond}{\kilogram\usk\metre\per\second\squared}
\newcommand{\kilogrammetrepersquaresecondnp}{\kilogram\usk\metre\usk\second\rpsquared}
```

momentum flux

```
\newcommand{\newtonpersquaremetre}{\newton\per\square\metre}
\newcommand{\newtonpersquaremetrenp}{\newton\usk\rpsquare\metre}
```

photon emission rate

```
\newcommand{\persquaremetresecond}{1\per\square\metre\usk\second}
\newcommand{\persquaremetresecondnp}{\rpsquare\metre\usk\reciprocal\second}
```

power per unit mass

```
\newcommand{\wattperkilogram}{\watt\per\kilogram}
\newcommand{\wattperkilogramnp}{\watt\usk\reciprocal\kilogram}
```

power per unit volume

```
\newcommand{\wattpercubicmetre}{\watt\per\cubic\metre}
\newcommand{\wattpercubicmetrenp}{\watt\usk\rpcubic\metre}
```

radiance

```
\newcommand{\wattpersquaremetresteradian}{\watt\per\squaremetre\usk\steradian}
\newcommand{\wattpersquaremetresteradiannp}{\watt\usk\rpsquare\metre\usk\rp\steradian}
```

specific heat capacity

```
\newcommand{\jouleperkilogramkelvin}{\joule\per\kilogram\usk\kelvin}
\newcommand{\jouleperkilogramkelvinnp}{\joule\usk\reciprocal\kilogram\usk\reciprocal\kelvin}
```

specific surface

```
\newcommand{\squaremetreperkilogram}{\square\metre\per\kilogram}
\newcommand{\rpsquaremetreperkilogram}{\square\metre\usk\reciprocal\kilogram}
```

specific volume

```
\newcommand{\cubicmetreperkilogram}{\cubic\metre\per\kilogram}
\newcommand{\rpcubicmetreperkilogram}{\cubic\metre\usk\reciprocal\kilogram}
```

surface tension

```
\newcommand{\newtonpermetre}{\newton\per\metre}
\newcommand{\newtonpermetrenp}{\newton\usk\reciprocal\metre}
```

derived SI unit : °C

```
\newcommand{\Celsius}{\ensuremath{\mathrm{C}}}
```

thermal conductivity

```
\newcommand{\wattpermetrekelvin}{\watt\per\metre\usk\kelvin}
\newcommand{\wattpermetrekelvinnp}{\watt\usk\reciprocal\metre\usk\reciprocal\kelvin}
```

torque

```
\newcommand{\newtonmetre}{\newton\usk\metre}
\newcommand{\newtonmetrenp}{\newtonmetre}
```

turbulence energy dissipation rate

```
\newcommand{\squaremetrepercubicsecond}{\square\metre\per\cubic\second}
\newcommand{\squaremetrepercubicsecondnp}{\square\metre\usk\rpcubic\second}
```

velocity

```
\newcommand{\metrepersecond}{\metre\per\second}
\newcommand{\metrepersecondnp}{\metre\usk\reciprocal\second}
```

volumetric calorific value

```
\newcommand{\joulepercubicmetre}{\joule\per\cubicmetre}
\newcommand{\joulepercubicmetrenp}{\joule\usk\rpcubic\metre}
```

volumetric coefficient of expansion

```
\newcommand{\kilogrampercubicmetrecoulomb}{\kilogram\per\cubic\metre\usk\coulomb}
\newcommand{\kilogrampercubicmetrecoulombnp}{\kilogram\usk\rpcubic\metre\usk\reciprocal\coulomb}
```

volumetric flow rate

```
\newcommand{\cubicmetrepersecond}{\cubicmetre\per\second}
\newcommand{\rpcubicmetrepersecond}{\cubicmetre\usk\reciprocal\second}
```

volumetric mass flow rate

```
\newcommand{\kilogrampersecondcubicmetre}{\kilogram\per\second\usk\cubicmetre}
\newcommand{\kilogrampersecondcubicmetrenp}{\kilogram\usk\reciprocal\second\usk\rpcubic\metre}
```

9.18 The `SIunits.cfg` file

Load the `SIunits.cfg` file, after redefining `\ExecuteOptions` to `\SIunits@execopt` (we cannot simply use `\ExecuteOptions` to preselect options, because we want to pass them to `\SIunits@execopt`).

```
\let\SIunits@origExecuteOptions\ExecuteOptions
\let\ExecuteOptions\SIunits@execopt
\InputIfFileExists{SIunits.cfg}{}{%
\PackageWarningNoLine{SIunits}{%
You have no ‘SIunits.cfg’ file installed.\MessageBreak I will assume you are using
‘thickspace’ and ‘thickqspace’} \ExecuteOptions{thickspace,thickqspace}}
\let\ExecuteOptions\SIunits@origExecuteOptions
\ProcessOptions
\endinput
⟨/package⟩
```