
Norme internationale



31/6

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Grandeurs et unités de lumière et de rayonnements électromagnétiques connexes

Quantities and units of light and related electromagnetic radiations

Deuxième édition — 1980-12-15

CDU 53-081

Réf. n° : ISO 31/6-1980 (F)

Descripteurs : grandeur, unité de mesure, rayonnement électromagnétique, lumière visible, système international d'unités, symbole.

Prix basé sur 13 pages

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 31/6, a été élaborée par le comité technique ISO/TC 12, *Grandeurs, unités, symboles, facteurs de conversion et tables de conversion*, et a été soumise aux comités membres en juillet 1979.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Afrique du Sud, Rép. d'	Égypte, Rép. arabe d'	Pays-Bas
Allemagne, R.F.	Espagne	Pologne
Australie	Finlande	Portugal
Autriche	France	Roumanie
Belgique	Inde	Royaume-Uni
Bésil	Israël	Suède
Bulgarie	Italie	Suisse
Canada	Japon	Tchécoslovaquie
Corée, Rép. dém. p. de	Mexique	URSS
Cuba	Norvège	USA
Danemark	Nouvelle-Zélande	

Aucun comité membre ne l'a désapprouvée.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 31/6-1973).

Grandeurs et unités de lumière et de rayonnements électromagnétiques connexes

Introduction

Le présent document, contenant un tableau des *grandeurs et unités de lumière et de rayonnements électromagnétiques connexes*, est la partie 6 de l'ISO 31, qui spécifie les grandeurs et unités dans différents domaines de la science et de la technique. La liste complète des parties de l'ISO 31 est la suivante :

Partie 0 : *Principes généraux concernant les grandeurs, les unités et les symboles.*

Partie 1 : *Grandeurs et unités d'espace et de temps.*

Partie 2 : *Grandeurs et unités de phénomènes périodiques et connexes.*

Partie 3 : *Grandeurs et unités de mécanique.*

Partie 4 : *Grandeurs et unités de chaleur.*

Partie 5 : *Grandeurs et unités d'électricité et de magnétisme.*

Partie 6 : *Grandeurs et unités de lumière et de rayonnements électromagnétiques connexes.*

Partie 7 : *Grandeurs et unités d'acoustique.*

Partie 8 : *Grandeurs et unités de chimie physique et de physique moléculaire.*

Partie 9 : *Grandeurs et unités de physique atomique et nucléaire.*

Partie 10 : *Grandeurs et unités de réactions nucléaires et rayonnements ionisants.*

Partie 11 : *Signes et symboles mathématiques à employer dans les sciences physiques et dans la technique.*

Partie 12 : *Paramètres sans dimension.*

Partie 13 : *Grandeurs et unités de la physique de l'état solide.*

Disposition des tableaux

Les tableaux des grandeurs et unités dans l'ISO 31 sont disposés de telle façon que les grandeurs apparaissent sur la page de gauche et les unités correspondantes sur la page de droite.

Toutes les unités situées entre deux lignes horizontales continues correspondent aux grandeurs situées entre les deux lignes horizontales continues correspondantes de la page de gauche.

Lorsque la numérotation des articles a été modifiée dans la révision d'une partie de l'ISO 31, le numéro de l'édition précédente figure entre parenthèses, sur la page de gauche, sous le nouveau numéro de la grandeur; un tiret est utilisé pour indiquer que le terme en question ne figurait pas dans l'édition précédente.

Tableaux des grandeurs

Les grandeurs les plus importantes concernant le domaine d'application du présent document sont données conjointement avec leurs symboles et, dans la plupart des cas, avec leurs définitions. Ces définitions ne sont données qu'en vue de leur identification; elles ne sont pas, au sens strict du terme, des définitions complètes.

Le caractère vectoriel de quelques grandeurs est indiqué, particulièrement lorsque cela est nécessaire pour les définir, mais sans chercher à être complet ou rigoureux.

Dans la plupart des cas, un seul symbole⁽¹⁾ est donné pour la grandeur; lorsque deux ou plusieurs symboles sont indiqués pour une même grandeur, sans distinction spéciale, ils peuvent être utilisés indifféremment. Lorsqu'un symbole principal et un symbole de réserve sont indiqués, le symbole de réserve est entre parenthèses.

Tableaux des unités

Les unités correspondant aux grandeurs sont données avec leurs symboles internationaux et leurs définitions. Pour des renseignements complémentaires, voir ISO 31/0.

(1) Lorsqu'il existe deux façons d'écrire une même lettre en italique (par exemple θ , ϑ ; φ , ϕ ; g , g), une seule de ces façons est indiquée; cela ne signifie pas que l'autre n'est pas également acceptable.

Les unités sont disposées de la façon suivante :

- 1) Les noms des unités SI sont imprimés en caractères plus grands que ceux du texte courant. Les unités SI et leurs multiples et sous-multiples décimaux, formés au moyen des préfixes SI, sont particulièrement recommandés. Les multiples et sous-multiples décimaux ne sont pas mentionnés explicitement.
- 2) Les noms des unités non SI qui peuvent être utilisées conjointement avec les unités SI, en raison de leur importance pratique ou de leur utilisation dans des domaines spécialisés, sont imprimés en caractères courants.
- 3) Les noms des unités non SI qui peuvent être utilisées temporairement conjointement avec les unités SI sont imprimés en caractères plus petits que ceux du texte courant.

Les unités des alinéas 2 et 3 sont séparées des unités SI, pour les grandeurs concernées, par des lignes en traits interrompus.

- 4) Les unités non SI qui ne devraient pas être utilisées conjointement avec les unités SI sont données en annexe dans certaines des parties de l'ISO 31. Ces annexes ne font pas partie intégrante des normes. Elles sont classées en trois groupes :

a) *Unités du système CGS de dénomination spéciale*

Il est généralement préférable de ne pas utiliser la dénomination spéciale et les symboles d'unités CGS conjointement avec les unités SI.

b) *Unités basées sur le foot, le pound et la seconde, ainsi que certaines autres unités*

c) *Autres unités*

Celles-ci sont données à titre informatif, et spécialement en ce qui concerne le facteur de conversion. L'utilisation des unités marquées du signe † est déconseillée.

Remarque sur les unités supplémentaires

La Conférence Générale des Poids et Mesures a classé les unités SI, radian et stéradian, comme «unités supplémentaires», laissant délibérément ouverte la question de savoir si ce sont des unités de base ou des unités dérivées et, en conséquence, si l'on doit considérer l'angle plan et l'angle solide comme grandeurs de base ou grandeurs dérivées.⁽¹⁾

Dans l'ISO 31, l'angle plan et l'angle solide sont traités comme des grandeurs dérivées (voir aussi ISO 31/0). Ils y sont définis

respectivement comme le rapport de deux longueurs et comme le rapport de deux aires et sont, en conséquence, traités comme des grandeurs sans dimension. Bien que, dans ces conditions, l'unité cohérente des deux grandeurs soit le nombre 1, il est commode d'employer les noms spéciaux radian et stéradian au lieu du nombre 1 dans de nombreux cas d'application pratique.

Si l'angle plan et l'angle solide étaient traités comme des grandeurs de base, les unités radian et stéradian seraient des unités de base et ne pourraient pas être considérées comme des noms spéciaux du nombre 1. Dans ce cas, des modifications importantes devraient être effectuées dans l'ISO 31.

Nombre de chiffres dans les indications numériques⁽²⁾

Tous les nombres de la colonne «Définition» sont exacts.

Dans la colonne «Facteurs de conversion», les facteurs de conversion, sur lesquels le calcul d'autres facteurs est fondé, sont indiqués normalement jusqu'à sept chiffres significatifs. Quand ils sont exacts et se terminent avec sept chiffres ou moins, et si le contexte ne l'indique pas clairement, le mot «exactement» est ajouté, mais lorsqu'ils peuvent être terminés avec plus de sept chiffres, ils peuvent être donnés en entier. Les facteurs de conversion dérivant d'expériences sont donnés avec le nombre de chiffres significatifs que justifie la précision des expériences. D'une façon générale, cela veut dire que dans ces cas, seul le dernier chiffre est douteux. Cependant, lorsque les expériences justifient plus de sept chiffres, le facteur est généralement arrondi à sept chiffres significatifs.

Les autres facteurs de conversion sont indiqués jusqu'à six chiffres significatifs au plus; lorsqu'ils sont connus exactement et contiennent six chiffres au moins, et si le contexte ne l'indique pas clairement, le mot «exactement» est ajouté.

Les chiffres de la colonne «Remarques» sont donnés avec la précision qui convient à chaque cas particulier.

Remarques particulières

Grandeurs

Ce document contient une sélection de grandeurs de lumière et de rayonnements électromagnétiques connexes; la plupart d'entre elles sont utilisables pour toute la gamme de rayonnements électromagnétiques. En ce qui concerne la lumière, sur-tout les grandeurs photométriques sont données.

Dans plusieurs cas, le même symbole est employé pour une paire de grandeurs énergétique et lumineuse qui se correspondent, étant entendu que les indices e pour énergétique et v pour visible, seront ajoutés chaque fois qu'une confusion entre ces grandeurs risque de se produire.

(1) Cependant, en octobre 1980, le Comité International des Poids et mesures décidait d'interpréter la classe des unités supplémentaires dans le Système International comme une classe d'unités dérivées sans dimension pour lesquelles la Conférence Générale des Poids et Mesures laisse la liberté de les utiliser ou non dans les expressions des unités dérivées du Système International.

(2) Le signe décimal est une virgule sur la ligne. Dans les documents rédigés en anglais, une virgule ou un point sur la ligne peut être utilisé.

Pour les rayonnements ionisants cependant, voir ISO 31/10.

Dans ce document, à différentes grandeurs correspondent des grandeurs qui ont le caractère d'une densité spectrale par rapport à la longueur d'onde. La définition est donnée explicitement en 6-8.1, et la relation avec 6-7.1 est indiquée dans la colonne «Remarques». D'autres grandeurs ayant le caractère d'une densité spectrale sont indiquées sous forme d'équations dans la colonne «Remarques». On désigne ces grandeurs en ajoutant l'adjectif «spectrique» au nom de la grandeur initiale, par exemple énergie rayonnante spectrique volumique. On les représente en ajoutant au symbole de la grandeur initiale l'indice λ ; celui-ci est considéré comme faisant partie du symbole et indique que la grandeur a les dimensions d'une dérivée par rapport à λ . Les grandeurs qui ont le caractère d'une densité spectrale par rapport à la fréquence ou au nombre d'onde sont définies et désignées de façon similaire, l'indice λ

étant remplacé respectivement par ν ou par σ . Les grandeurs qui ont le caractère d'une densité spectrale sont aussi appelées fonctions de distribution, par exemple fonction de distribution de longueur d'onde, fonction de distribution de fréquence.

L'adjectif «spectral» est employé pour désigner des grandeurs qui dépendent de la longueur d'onde (ou de la fréquence ou du nombre d'onde) mais qui n'ont pas le caractère d'une densité spectrale, par exemple l'émissivité spectrale (voir 6-18.2). On indique généralement la dépendance fonctionnelle en écrivant λ (ou ν ou σ) entre parenthèses comme partie du symbole, par exemple $\varepsilon(\lambda)$.

Unités

En photométrie, il est commode d'utiliser l'unité supplémentaire stéradian.

6. Lumière et rayonnements électromagnétiques connexes

Grandeurs
6-1.1 . . . 6-11.1

N°	Grandeur	Symbole	Définition	Remarques
6-1.1	fréquence	f, ν	Quotient du nombre de cycles par le temps.	
6-2.1	pulsation	ω	$\omega = 2\pi\nu$	
6-3.1	longueur d'onde	λ	Distance, dans la direction de la propagation d'une onde périodique, entre deux points successifs où la phase est la même en même temps.	La longueur d'onde dans un milieu est égale au quotient de la longueur d'onde dans le vide par l'indice de réfraction du milieu; voir 6-33-1.
6-4.1	nombre d'onde linéique	σ	$\sigma = 1/\lambda$	En spectroscopie moléculaire, $\tilde{\nu}$ est aussi utilisé pour ν/c_0 .
6-4.2	nombre d'onde angulaire	k	$k = 2\pi\sigma$	
6-5.1	vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le vide	c, c_0		$c = (2,997\,924\,58 \pm 0,000\,000\,012) \times 10^8$ m/s ⁽¹⁾ c est parfois employé pour la vitesse de phase dans un milieu; auquel cas, c_0 est employé pour la vitesse dans le vide.
6-6.1	énergie rayonnante	$Q, W, (U, Q_e)$	Énergie émise, transportée ou reçue sous forme de rayonnement.	
6-7.1	énergie rayonnante volumique	$w, (u)$	Quotient de l'énergie rayonnante dans un élément de volume par cet élément.	Pour le rayonnement non polarisé du radiateur intégral $w_\lambda = 8\pi hc \cdot f(\lambda, T)$ et
6-8.1	énergie rayonnante spectrique volumique (en longueur d'onde)	w_λ	Quotient de l'énergie rayonnante volumique dans un intervalle infiniment petit de longueur d'onde par l'étendue de cet intervalle.	$w = \frac{4\sigma}{c} T^4$. Pour $f(\lambda, T)$ et σ , voir 6-16.1, 6-17.1 et 6-15.1, respectivement $w = \int w_\lambda d\lambda$ Voir aussi l'introduction (remarques particulières).
6-9.1	puissance rayonnante, flux énergétique	$P, \Phi, (\Phi_e)$	Puissance émise, transportée ou reçue sous forme de rayonnement.	$\Phi = \int \Phi_\lambda d\lambda$
6-10.1	débit de fluence énergétique	φ, ψ	En un point donné de l'espace, quotient du flux énergétique reçu sur une petite sphère par l'aire du grand cercle de cette sphère.	$\varphi = \int \varphi_\lambda d\lambda$ Dans un champ de rayonnement isotrope et homogène, φ/c est l'énergie volumique, et l'éclairement énergétique d'une surface est $\varphi/4$.
6-11.1	intensité énergétique	$I, (I_e)$	Dans une direction donnée d'une source, quotient du flux énergétique quittant la source, ou un élément de cette source, dans un élément d'angle solide contenant la direction donnée par cet élément d'angle solide.	$I = \int I_\lambda d\lambda$

(1) Bulletin 11 de CODATA (1973). Recommandé par la 15^{ème} CGPM (1975) pour emploi universel.

6. Lumière et rayonnements électromagnétiques connexes

Unités
6-1.a . . . 6-11.a

N°	Nom de l'unité	Symbole international de l'unité	Définition	Facteurs de conversion	Remarques
6-1.a	hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$		
6-2.a	seconde à la puissance moins un	s^{-1}			
6-2.b	radian par seconde	rad/s			
6-3.a	mètre	m			
6-3.b	ångström	Å	$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$	$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$ (exactement)	$10 \text{ Å} = 1 \text{ nm}$
6-4.a	mètre à la puissance moins un	m^{-1}			Le multiple cm^{-1} est souvent utilisé.
6-5.a	mètre par seconde	m/s			
6-6.a	joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$		
6-7.a	joule par mètre cube	J/m^3			
6-8.a	joule par mètre bicarré	J/m^4			
6-9.a	watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J}/\text{s}$		
6-10.a	watt par mètre carré	W/m^2			
6-11.a	watt par stéradian	W/sr			Pour le stéradian, voir l'introduction.

6. Lumière et rayonnements électromagnétiques connexes (suite)

N°	Grandeur	Symbole	Définition	Remarques
6-12.1	luminance énergétique, radiance	$L, (L_e)$	En un point d'une surface et dans une direction donnée, quotient de l'intensité énergétique d'un élément de cette surface par l'aire de la projection orthogonale de cet élément sur un plan perpendiculaire à la direction donnée.	$L = \int L_\lambda d\lambda$ Pour le rayonnement non polarisé du radiateur intégral $L_\lambda = \frac{c}{4\pi} w_\lambda = 2hc^2 \cdot f(\lambda, T)$ et $L = \frac{\sigma}{\pi} T^4.$ Pour $f(\lambda, T)$ et σ , voir 6-16.1, 6-17.1 et 6-15.1, respectivement.
6-13.1	exitance énergétique	$M, (M_e)$	En un point d'une surface, quotient du flux énergétique quittant un élément de cette surface par l'aire de cet élément.	Anciennement appelée émittance énergétique. $M = \int M_\lambda d\lambda$ Pour le rayonnement non polarisé du radiateur intégral $M_\lambda = \frac{c}{4} w_\lambda = 2\pi hc^2 \cdot f(\lambda, T)$ et $M = \sigma \cdot T^4.$ Pour $f(\lambda, T)$ et σ , voir 6-16.1, 6-17.1 et 6-15.1, respectivement.
6-14.1	éclairage énergétique	$E, (E_e)$	En un point d'une surface, quotient du flux énergétique reçu par un élément de cette surface par l'aire de cet élément.	$E = \int E_\lambda d\lambda$
6-15.1	constante de Stefan-Boltzmann	σ	Constante σ dans l'expression de l'exitance énergétique du radiateur intégral à la température thermodynamique T : $M = \sigma \cdot T^4$	$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15h^3c^2}$ $= (5,670\ 32 \pm 0,000\ 71) \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4) \text{ (1)}$ Pour k et h , voir ISO 31/8 et ISO 31/9, respectivement.
6-16.1	première constante de rayonnement	c_1	Constantes c_1 et c_2 dans l'expression de l'exitance énergétique spectrique du radiateur intégral à la température thermodynamique T :	$c_1 = 2\pi hc^2$ $= (3,741\ 832 \pm 0,000\ 020) \times 10^{-16} \text{ W} \cdot \text{m}^2 \text{ (1)}$ Le nom première constante de rayonnement a été utilisé aussi pour les facteurs $8\pi hc$ et hc^2 dans les expressions correspondantes pour w_λ et L_λ (voir remarques à 6-8.1 et 6-12.1).
6-17.1	seconde constante de rayonnement	c_2		$M_\lambda = c_1 f(\lambda, T)$ $= c_1 \frac{\lambda^{-5}}{\exp(c_2/\lambda T) - 1}$ $c_2 = \frac{hc}{k}$ $= (1,438\ 786 \pm 0,000\ 045) \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{K} \text{ (1)}$ Pour exprimer les températures dans l'«Échelle internationale pratique de température de 1968», adoptée par le Comité International des Poids et Mesures, il faut employer la valeur numérique $1,438\ 8 \times 10^{-2}$.

(1) Bulletin 11 de CODATA (1973).

6. Lumière et rayonnements électromagnétiques connexes (suite)

Unités
6-12.a . . . 6-17.a

N°	Nom de l'unité	Symbole international de l'unité	Définition	Facteurs de conversion	Remarques
6-12.a	watt par stéradian mètre carré	W/(sr.m ²)			
6-13.a	watt par mètre carré	W/m ²			
6-14.a	watt par mètre carré	W/m ²			
6-15.a	watt par mètre carré kelvin bicarré	W/(m ² .K ⁴)			
6-16.a	watt mètre carré	W.m ²			
6-17.a	mètre kelvin	m.K			

6. Lumière et rayonnements électromagnétiques connexes (suite)

N°	Grandeur	Symbole	Définition	Remarques
6-18.1	émissivité	ε	Rapport de l'exittance énergétique d'un corps thermorayonnant à celle du radiateur intégral à la même température.	Ces grandeurs sont sans dimension.
6-18.2	émissivité spectrale, émissivité à une longueur d'onde spécifiée	$\varepsilon(\lambda)$	Rapport de l'exittance énergétique spectrique d'un corps thermorayonnant à celle du radiateur intégral à la même température.	L'émissivité spectrale est une fonction de la longueur d'onde; cela est indiqué par le symbole $\varepsilon(\lambda)$.
6-18.3	émissivité spectrale directionnelle	$\varepsilon(\lambda, \theta, \varphi)$	Rapport de la luminance énergétique spectrique dans une direction θ, φ donnée d'un corps thermorayonnant à celle du radiateur intégral à la même température.	
6-19.1	intensité lumineuse	$I, (I_v)$		Voir aussi remarque à 6-20.1. $I = \int I_\lambda d\lambda$
6-20.1	flux lumineux	$\Phi, (\Phi_v)$	Le flux lumineux $d\Phi$ d'une source d'intensité lumineuse I , dans un élément d'angle solide $d\Omega$, est $d\Phi = Id\Omega$.	$\Phi = \int \Phi_\lambda d\lambda$ Le flux lumineux Φ est relié au flux énergétique spectrique $\Phi_{e\lambda}$ par $\Phi = \int K(\lambda) \Phi_{e\lambda} d\lambda$ où $K(\lambda)$ est l'efficacité lumineuse; voir 6-26.1 et 6-27.1.
6-21.1	quantité de lumière	$Q, (Q_v)$	Intégrale du flux lumineux prise par rapport au temps.	$Q = \int Q_\lambda d\lambda$
6-22.1	luminance	$L, (L_v)$	En un point d'une surface et dans une direction donnée, quotient de l'intensité lumineuse d'un élément de cette surface par l'aire de la projection orthogonale de cet élément sur un plan perpendiculaire à la direction donnée.	$L = \int L_\lambda d\lambda$
6-23.1	exittance lumineuse	$M, (M_v)$	En un point d'une surface, quotient du flux lumineux quittant un élément de cette surface par l'aire de cet élément.	Anciennement appelée émittance lumineuse. $M = \int M_\lambda d\lambda$
6-24.1	éclairage lumineux, éclairage	$E, (E_v)$	En un point d'une surface, quotient du flux lumineux reçu par un élément de cette surface par l'aire de cet élément.	$E = \int E_\lambda d\lambda$
6-25.1	exposition lumineuse	H	$H = \int Edt$	Anciennement appelée quantité d'éclairage.