

---

---

**Grandeurs et unités —  
Partie 7:  
Lumière et rayonnements**

*Quantities and units —  
Part 7: Light and radiation*

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[ISO 80000-7:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/12aedcf0-d2b5-4339-bc46-89de9d219811/iso-80000-7-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/12aedcf0-d2b5-4339-bc46-89de9d219811/iso-80000-7-2019>



iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

[ISO 80000-7:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/12aedcf0-d2b5-4339-bc46-89de9d219811/iso-80000-7-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/12aedcf0-d2b5-4339-bc46-89de9d219811/iso-80000-7-2019>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2019

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
Fax: +41 22 749 09 47  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

**Sommaire**

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction — Remarques particulières</b> .....	<b>v</b>
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>30</b>
<b>Index alphabétique</b> .....	<b>31</b>

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[ISO 80000-7:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/12aedcf0-d2b5-4339-bc46-89de9d219811/iso-80000-7-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/12aedcf0-d2b5-4339-bc46-89de9d219811/iso-80000-7-2019>

## 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 en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [www.iso.org/iso/fr/avant-propos](http://www.iso.org/iso/fr/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 12, *Grandeurs et unités*, en collaboration avec le comité d'études IEC/TC 25, *Grandeurs et unités*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 80000-7:2008), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- le tableau donnant les grandeurs et les unités a été simplifié;
- certaines définitions et les remarques ont été énoncées physiquement de manière plus précise.

Une liste de toutes les parties des séries ISO 80000 et IEC 80000 se trouve sur les sites de l'ISO et de l'IEC.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction — Remarques particulières

### 0.1 Grandeurs

L'ISO 80000-7 contient une sélection de grandeurs relatives à la lumière et à d'autres rayonnements électromagnétiques. Les grandeurs radiométriques, correspondant aux rayonnements en général, peuvent être utilisées pour toute la gamme des rayonnements électromagnétiques, alors que les grandeurs photométriques correspondent seulement aux rayonnements visibles.

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

Néanmoins, pour les rayonnements ionisants, voir l'ISO 80000-10.

Plusieurs des grandeurs spécifiées dans l'ISO 80000-7 peuvent être définies pour un rayonnement monochromatique, c'est-à-dire un rayonnement d'une seule fréquence  $\nu$ . Elles sont appelées grandeurs spectrales et notées en indiquant leur grandeur de référence par un argument, comme  $q(\nu)$ . Des exemples sont la vitesse de la lumière dans un milieu  $c(\nu)$  ou l'indice de réfraction dans un milieu  $n(\nu) = c_0/c(\nu)$ . Certaines de ces grandeurs sont des dérivées

$$q'(\lambda) = \frac{dq(\lambda)}{d\lambda} = \lim_{\Delta\lambda \rightarrow 0} \frac{q(\lambda + \Delta\lambda) - q(\lambda)}{\Delta\lambda}$$

d'une grandeur, qui sont aussi souvent définies comme quotient de la fraction  $\Delta q(\lambda)$  d'une grandeur  $q$  correspondant au rayonnement dont la longueur d'onde se trouve dans l'intervalle  $[\lambda, \lambda + \Delta\lambda]$ , par l'étendue  $\Delta\lambda$  de cet intervalle, afin de souligner le processus de mesure physique sous-jacent. De telles fractions doivent être additives de sorte que l'intégrale donne la grandeur globale, par exemple la luminance énergétique (7-6.1) et la luminance énergétique spectrique (7-6.2). Ces dérivées de grandeurs sont appelées grandeurs spectrales et notées par l'indice  $\lambda$ .

D'autre part, certaines grandeurs multidimensionnelles telles que l'intensité énergétique  $I_e(\vartheta, \varphi)$ , l'éclairement énergétique  $E_e(x, y)$ , la luminance énergétique  $L_e(x, y, \vartheta, \varphi)$ , etc. sont des grandeurs qui sont strictement définies comme des valeurs d'une dérivée en un point donné, dans une direction donnée ou en un point et dans une direction donnés dans l'espace. Par conséquent, la définition la plus fondamentale selon l'ISO 80000-2 serait par exemple dans le cas du terme le plus complexe «luminance énergétique» (7-6.1):

«en un point donné  $(x_1, y_1)$  d'une surface réelle ou fictive, dans une direction donnée  $(\vartheta_1, \varphi_1)$ ,

$$L_e(x, y, \vartheta, \varphi) = \frac{\partial^2 \Phi_e(x, y, \vartheta, \varphi)}{\partial A(x, y) \cdot \cos \varepsilon \cdot \partial \Omega(\vartheta, \varphi)} = \left( \frac{\partial^2 \Phi_e}{\partial A \cdot \cos \varepsilon \cdot \partial \Omega} \right)_{\substack{x=x_1 \\ y=y_1 \\ \vartheta=\vartheta_1 \\ \varphi=\varphi_1}}$$

où  $\Phi_e(x, y, \vartheta, \varphi)$  représente le flux énergétique transmis à travers une aire  $A(x, y)$  en un point donné  $(x_1, y_1)$  et se propageant dans une direction donnée  $(\vartheta_1, \varphi_1)$ , et  $\varepsilon$  est l'angle entre la normale  $\overline{A(x_1, y_1)}$  à cette aire au point donné et dans la direction donnée  $(\vartheta_1, \varphi_1)$ .

Pour faciliter l'utilisation du tableau de l'Article 3, les définitions simplifiées (telles que 7-6.1 dans le cas de la luminance énergétique) sont utilisées, ce qui suppose que les fractions des grandeurs sont toujours isotropes, uniformes et continues. Dans ce cas, les définitions données sont équivalentes à l'approche fondamentale indiquée ci-dessus.

Au lieu de la fréquence  $\nu$ , il est possible d'utiliser d'autres grandeurs de référence relatives à la lumière: pulsation  $\omega = 2\pi\nu$ , longueur d'onde dans un milieu  $\lambda = c_0 / (n\nu)$ , longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0 = c_0 / \nu$ , nombre d'onde dans un milieu  $\sigma = 1/\lambda$ , nombre d'onde dans le vide  $\tilde{\nu} = \nu / c_0 = \sigma / n = 1/\lambda_0$ , etc. À titre d'exemple, l'indice de réfraction peut être donné par  $n(\lambda = 555 \text{ nm}) \approx 1,333$ .

Les grandeurs spectriques correspondant à différentes grandeurs de référence sont reliées, par exemple

$$dq = q_\nu (\nu)d\nu = q_\omega (\omega)d\omega = q_{\tilde{\nu}} (\tilde{\nu})d\tilde{\nu} = q_\lambda (\lambda)d\lambda = q_\sigma (\sigma)d\sigma$$

ainsi

$$q_\nu (\nu) = 2\pi \cdot q_\omega (\omega) = q_{\tilde{\nu}} (\tilde{\nu}) / c_0 = q_\lambda (\lambda) \cdot c_0 / n = q_\sigma (\sigma) \cdot n / c_0$$

Du point de vue théorique, la fréquence  $\nu$  est la grandeur de référence la plus fondamentale parce qu'elle conserve sa valeur lorsqu'un faisceau lumineux traverse des milieux ayant des indices de réfraction,  $n$ , différents. Pour des raisons historiques, la longueur d'onde,  $\lambda$ , est encore dans la plupart des cas utilisée comme grandeur de référence parce qu'elle était autrefois la grandeur mesurée avec la plus grande exactitude. À cet égard, les grandeurs spectriques, telles que la luminance énergétique spectrique (7-6.2),  $L_{e,\lambda} (\lambda)$ , ont la signification de «densités» spectrales correspondant aux grandeurs intégrées respectives – c'est-à-dire dans le cas de la luminance énergétique,  $L_e (\lambda)$  (7-6.1),

$$L_{e,\lambda} = \frac{\partial L_e}{\partial \lambda}$$

## 0.2 Unités

En photométrie et en radiométrie, il est commode d'utiliser l'unité stéradian.

## 0.3 Grandeurs photopiques

Dans la plupart des cas, on a affaire à la vision photopique (assurée par les cônes dans le système visuel humain et utilisée pour la vision de jour). Les valeurs normales de l'efficacité lumineuse relative spectrale  $V(\lambda)$  en vision photopique ont été adoptées initialement par la Commission internationale de l'éclairage (CIE) en 1924. Elles ont été adoptées plus tard par le Comité International des Poids et Mesures (CIPM) (voir la monographie du BIPM dans la Référence [11]).

## 0.4 Grandeurs scotopiques

En vision scotopique (assurée par les bâtonnets et utilisée pour la vision de nuit), des grandeurs correspondantes sont définies de la même manière que les grandeurs photopiques (7-10 à 7-18), avec les symboles primes.

Pour le terme «efficacité lumineuse relative spectrale» (7-10.2), la remarque deviendrait:

«Les valeurs normales de l'efficacité lumineuse relative spectrale  $V'(\lambda)$  en vision scotopique ont été adoptées initialement par la CIE en 1951. Elles ont été adoptées plus tard par le CIPM[11].»

Pour le terme «efficacité lumineuse maximale» (7-11.3), la définition deviendrait:

«<en vision scotopique> valeur maximale de l'efficacité lumineuse spectrale en vision scotopique».

La Remarque deviendrait:

«La valeur est calculée par:

$$K'_m = \frac{683 \text{ lm W}^{-1}}{V'(\lambda_{\text{cd}})} \approx 1700 \text{ lm W}^{-1}$$

où  $V'(\lambda)$  est l'efficacité lumineuse relative spectrale en longueur d'onde  $\lambda$  en vision scotopique et  $\lambda_{\text{cd}}$  est la longueur d'onde dans l'air correspondant à la fréquence  $540 \cdot 10^{12}$  Hz donnée dans la définition de l'unité SI de la candela.»

## 0.5 Grandeurs mésopiques

En vision mésopique (assurée par les bâtonnets et les cônes et utilisée pour la vision intermédiaire entre la vision photopique et scotopique), des grandeurs correspondantes sont définies de la même manière que les grandeurs photopiques (7-10 à 7-18), en utilisant les symboles avec l'indice «mes».

Pour le terme «efficacité lumineuse relative spectrale» (7-10.2), la remarque deviendrait:

«Les valeurs normales de l'efficacité lumineuse relative spectrale  $V_{\text{mes}}(\lambda)$  en vision mésopique dépendent du niveau d'adaptation utilisé  $m$  et ont été initialement recommandées par la CIE en 2010.<sup>[12]</sup> Elles sont adoptées par le CIPM<sup>[11]</sup>.»

Pour le terme «efficacité lumineuse maximale» (7-11.3), la définition deviendrait:

«<en vision mésopique> valeur maximale de l'efficacité lumineuse spectrale dépendant du niveau d'adaptation  $m$  en vision mésopique»

La Remarque deviendrait:

«La valeur est calculée par

$$K_{m,\text{mes};m} = \frac{683 \text{ lm W}^{-1}}{V_{\text{mes};m}(\lambda_{\text{cd}})}$$

où  $V_{\text{mes};m}(\lambda)$  est l'efficacité lumineuse relative spectrale en vision mésopique à un niveau d'adaptation  $m$  et  $\lambda_{\text{cd}}$  est la longueur d'onde dans l'air correspondant à la fréquence  $540 \cdot 10^{12}$  Hz donnée dans la définition de l'unité SI de la candela.»



# Grandeurs et unités —

## Partie 7: Lumière et rayonnements

### 1 Domaine d'application

Le présent document donne les noms, les symboles, les définitions et les unités des grandeurs utilisées pour la lumière et les autres rayonnements optiques dans le domaine de longueurs d'onde de 1 nm à 1 mm environ. Des facteurs de conversion sont également indiqués, s'il y a lieu.

### 2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

### 3 Termes et définitions

Les noms, les symboles, les définitions et les unités des grandeurs utilisées pour la lumière et les autres rayonnements optiques dans le domaine de longueurs d'onde de 1 nm à 1 mm environ sont indiqués dans le [Tableau 1](#).

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>;

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>.

Dans le domaine de la lumière, la CIE tient à jour le vocabulaire international de l'éclairage au format électronique, disponible à l'adresse <http://eiv.cie.co.at/>.

Tableau 1 — Grandeurs et unités de lumière et autres rayonnements optiques dans le domaine de longueurs d'onde de 1 nm à 1 mm environ

N°	Grandeur			Unité	Remarques
	Nom	Symbole	Définition		
7-1.1	vitesse de la lumière dans un milieu, $v$	$c$	vitesse de phase d'une onde électromagnétique en un point donné dans un milieu	$m\ s^{-1}$	Voir également l'ISO 80000-3. La valeur de la vitesse de la lumière dans un milieu peut dépendre de la fréquence, de la polarisation et de la direction. Pour la définition de la vitesse des ondes électromagnétiques dans le vide, $c_0$ , voir l'ISO 80000-1.
7-1.2	indice de réfraction, $n$	$n$	quotient de la vitesse de la lumière dans le vide (ISO 80000-1) par la vitesse de la lumière dans un milieu (7-1.1)	1	La valeur de l'indice de réfraction peut dépendre de la fréquence, de la polarisation et de la direction. L'indice de réfraction est exprimé par $n = c_0/c$ , où $c_0$ est la vitesse de la lumière dans le vide et $c$ est la vitesse de la lumière dans le milieu. Pour un milieu avec absorption, l'indice de réfraction complexe $\underline{n}$ est défini par $\underline{n} = n + ik$ où $k$ est l'indice d'absorption spectral (IEC 60050-845) et $i$ est l'unité imaginaire. La réfractivité est exprimée par $n - 1$ , où $n$ est l'indice de réfraction.
7-2.1	énergie rayonnante, $f$ <électromagnétisme>	$Q_e, W, U$ ( $Q$ )	énergie (ISO 80000-5) émise, transportée ou reçue sous forme d'ondes électromagnétiques	J $kg\ m^2\ s^{-2}$	L'énergie rayonnante peut être exprimée par l'intégrale par rapport au temps du flux énergétique (7-4.1), $\Phi_e$ , pendant une durée (ISO 80000-3) donnée, $\Delta t$ $Q_e = \int_{\Delta t} \Phi_e dt$ L'énergie rayonnante est exprimée en fonction de la longueur d'onde (ISO 80000-3), $\lambda$ , en fonction de la fréquence (ISO 80000-3), $\nu$ , ou en fonction du nombre d'onde, $\sigma$ . (Voir également 0.1.) La grandeur photométrique correspondante est la «quantité de lumière» (7-12). La grandeur photonique correspondante est l'«énergie photonique» (7-19.2).

Tableau 1 (suite)

N°	Grandeur		Unité	Remarques
	Nom	Symbole		
7-2.2	énergie rayonnante spectrique, $f$	$Q_{e,\lambda}$ , $W_\lambda$ , $U_\lambda$ ( $Q_\lambda$ )	J/mm kg m s <sup>-2</sup>	L'intégrale de l'énergie rayonnante (totale) est déterminée par l'intervalle de longueurs d'onde ( $\lambda_1$ , $\lambda_2$ ) considéré: $Q_e = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} Q_{e,\lambda} d\lambda$
7-3.1	énergie rayonnante volumique, $f$	$w$ ( $\rho_e$ )	J/m <sup>3</sup> kg m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup>	L'énergie rayonnante volumique d'un radiateur de Planck est donnée par $w = \frac{4\sigma}{c_0} T^4$ où $\sigma$ est la constante de Stefan-Boltzmann (ISO 80000-1), $c_0$ est la vitesse de la lumière dans le vide (ISO 80000-1) et $T$ est la température thermodynamique (ISO 80000-5).
7-3.2	énergie rayonnante spectrique volumique en longueur d'onde, $f$	$w_\lambda$	J/(m <sup>3</sup> nm) kg m <sup>-2</sup> s <sup>-2</sup>	L'énergie rayonnante spectrique volumique d'un radiateur de Planck est donnée par $w_\lambda = 8\pi h c_0 \cdot f(\lambda, T)$ , où $h$ est la constante de Planck (ISO 80000-1), $c_0$ est la vitesse de la lumière dans le vide (ISO 80000-1), $T$ est la température thermodynamique (ISO 80000-5) et $f(\lambda, T) = \frac{\lambda^{-5}}{\exp(c_2 \lambda^{-1} T^{-1}) - 1}$ Pour la constante de rayonnement $c_2$ dans $f(\lambda, T)$ , voir l'ISO 80000-1.
7-3.3	énergie rayonnante spectrique volumique en nombre d'onde, $f$	$w_{\tilde{\nu}}$ , $\rho_{\tilde{\nu}}$	J/m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>	variation de l'énergie rayonnante volumique en fonction du nombre d'onde, exprimée par $w_{\tilde{\nu}} = \frac{dw}{d\tilde{\nu}}$ où $w$ est l'énergie rayonnante volumique (7-3.1) en fonction de la longueur d'onde $\lambda$ (ISO 80000-3)
				variation de l'énergie rayonnante volumique en fonction du nombre d'onde $\tilde{\nu}$ (7-3.1) en fonction du nombre d'onde $\tilde{\nu}$ (ISO 80000-3)

Tableau 1 (suite)

N°	Grandeur		Unité	Remarques
	Nom	Symbole		
7-4.1	flux énergétique, m puissance rayonnante, f	$\Phi_e, P_e$ ( $\Phi, P$ )	W kg m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup>	La grandeur photométrique correspondante est le «flux lumineux» (7-13). La grandeur photonique correspondante est le «flux photonique» (7-20).
7-4.2	flux énergétique spectrique, m puissance rayonnante spectrique, f	$\Phi_{e,\lambda}, P_{e,\lambda}$ ( $\Phi_\lambda, P_\lambda$ )	W/nm kg m s <sup>-3</sup>	L'intégrale du flux énergétique (total) est déterminée par l'intervalle de longueurs d'onde ( $\lambda_1, \lambda_2$ ) considéré: $\Phi_e = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \Phi_{e,\lambda} d\lambda$
7-5.1	intensité énergétique, f	$I_e$ ( $I$ )	W/sr kg m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup> sr <sup>-1</sup>	La définition ne s'applique strictement que pour une source ponctuelle. La répartition des intensités énergétiques en fonction de la direction d'émission, par exemple donnée par les coordonnées angulaires ( $\vartheta, \varphi$ ), est utilisée pour déterminer le flux énergétique (7-4.1) à l'intérieur d'un angle solide (ISO 80000-3) donné, $\Omega$ , d'une source: $\Phi_e = \iint_{\Omega} I_e(\vartheta, \varphi) \sin \vartheta d\vartheta d\varphi$ La grandeur photométrique correspondante est l'«intensité lumineuse» (7-14). La grandeur photonique correspondante est l'«intensité photonique» (7-21).
7-5.2	intensité énergétique spectrique, f	$I_{e,\lambda}$ ( $I_\lambda$ )	W/(sr nm) kg m s <sup>-3</sup> sr <sup>-1</sup>	L'intégrale de l'intensité énergétique (totale) est déterminée par l'intervalle de longueurs d'onde ( $\lambda_1, \lambda_2$ ) considéré: $I_e = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_{e,\lambda} d\lambda$