

# NORME INTERNATIONALE **ISO 80000-10**

Deuxième édition  
2019-08

---

---

## Grandeurs et unités —

### Partie 10: Physique atomique et nucléaire

*Quantities and units —*

*Part 10: Atomic and nuclear physics*

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

[ISO 80000-10:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/33e2234f-25b3-4d04-a087-7191097d4aef/iso-80000-10-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/33e2234f-25b3-4d04-a087-7191097d4aef/iso-80000-10-2019>



Numéro de référence  
ISO 80000-10:2019(F)

© ISO 2019

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

[ISO 80000-10:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/33e2234f-25b3-4d04-a087-7191097d4aef/iso-80000-10-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/33e2234f-25b3-4d04-a087-7191097d4aef/iso-80000-10-2019>



**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</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>40</b>
<b>Index alphabétique</b> .....	<b>41</b>

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

[ISO 80000-10:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/33e2234f-25b3-4d04-a087-7191097d4aef/iso-80000-10-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/33e2234f-25b3-4d04-a087-7191097d4aef/iso-80000-10-2019>

## 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 80000-10:2009), 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;
- les définitions du présent document ont été alignées sur les définitions équivalentes de l'ICRU 85a.

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

## 0 Remarques particulières

### 0.1 Grandeurs

Les valeurs numériques des constantes physiques données dans le présent document sont reprises des valeurs cohérentes des constantes physiques fondamentales publiées dans «CODATA recommended values». Les valeurs indiquées sont les dernières connues avant la publication. Il est conseillé à l'utilisateur de se reporter au site Web de CODATA pour obtenir les valeurs les plus récentes, <https://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html>.

Le symbole  $\hbar$  représente la constante de Planck réduite; elle est égale à  $\frac{h}{2\pi}$ , où  $h$  est la constante de Planck.

### 0.2 Unités spéciales

1 eV est l'énergie cinétique obtenue par un électron sous l'effet d'une différence de potentiel de 1 V dans le vide.

### 0.3 Grandeurs stochastiques et non stochastiques

Des différences entre les résultats obtenus lors d'observations répétées sont courantes en physique. Elles peuvent être dues à des systèmes de mesure imparfaits ou au fait que de nombreux phénomènes physiques sont sujets à des fluctuations intrinsèques. En dehors des problèmes de mécanique quantique, on doit souvent faire la distinction entre une grandeur *stochastique*, dont les valeurs suivent une loi de probabilité, et une grandeur *non stochastique* dont la valeur unique est l'espérance mathématique d'une telle loi de probabilité. Dans de nombreux cas, la distinction n'est pas significative car la loi de probabilité est très étroite. Par exemple, la mesure d'un courant électrique implique généralement tellement d'électrons que les fluctuations contribuent de façon négligeable à l'inexactitude de la mesure. Toutefois, lorsque l'on s'approche de la limite d'un courant électrique nul, les fluctuations peuvent devenir manifestes. Ce cas nécessite bien sûr une procédure de mesure plus soignée, mais montre surtout que l'importance des variations stochastiques d'une grandeur peut dépendre de la valeur de la grandeur. Des considérations similaires s'appliquent aux rayonnements ionisants; les fluctuations peuvent jouer un rôle important et, dans certains cas, doivent être prises en compte de manière explicite. Des grandeurs stochastiques telles que l'énergie communiquée et l'énergie communiquée massique (10-81.2), mais aussi le nombre de traversées de régions cibles microscopiques par une particule et les lois de probabilité associées, ont été introduites car elles décrivent comment la nature discontinue des rayonnements ionisants détermine des effets radiochimiques et radiobiologiques. Dans les applications des rayonnements impliquant de grands nombres de particules ionisantes, par exemple en médecine, en radioprotection et dans les essais et traitements des matériaux, ces fluctuations sont représentées de façon adéquate par les espérances mathématiques des lois de probabilité. Les «grandeurs non stochastiques», telles que la fluence de particules (10-43), la dose absorbée (10-81.1) et le kerma (10-86.1) sont basées sur ces espérances mathématiques.

Le présent document contient des définitions basées sur un quotient différentiel du type  $dA/dB$  dans lequel la grandeur  $A$  est de type stochastique, ce qui est une situation courante en métrologie des rayonnements ionisants. Dans ces cas, la grandeur  $A$  est considérée comme l'espérance mathématique ou la valeur moyenne pour laquelle l'élément  $\Delta A$  se situe dans l'élément  $\Delta B$ . Le quotient différentiel  $dA/dB$  est la valeur limite du quotient de différences  $\Delta A/\Delta B$  pour  $\Delta B \rightarrow 0$ . Dans les remarques des définitions appartenant à cette catégorie, il est fait référence au présent paragraphe.



# Grandeurs et unités —

## Partie 10: Physique atomique et nucléaire

### 1 Domaine d'application

Le présent document donne les noms, les symboles, les définitions et les unités des grandeurs utilisées en physique atomique et nucléaire. 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, symboles et définitions des grandeurs et unités de physique atomique et nucléaire sont donnés 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/>.

[ISO 80000-10:2019](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/33e2234f-25b3-4d04-a087-7191097d4aef/iso-80000-10-2019>

Tableau 1 — Grandeurs et unités utilisées en physique atomique et nucléaire

N°	Grandeur			Unité	Remarques
	Nom	Symbole	Définition		
10-1.1	numéro atomique, $m$ nombre de protons, $m$	$Z$	nombre de protons d'un noyau atomique	1	Un nucléide est une espèce d'atome ayant des nombres spécifiés de protons et de neutrons. Les nucléides ayant la même valeur de $Z$ mais différentes valeurs de $N$ sont appelés isotopes d'un élément. Le nombre ordinal d'un élément dans la classification périodique est égal au numéro atomique. Le numéro atomique est égal au quotient de la charge (IEC 80000-6) du noyau par la charge élémentaire (ISO 80000-1).
10-1.2	nombre de neutrons, $m$	$N$	nombre de neutrons d'un noyau atomique	1	Les nucléides ayant la même valeur de $N$ mais différentes valeurs de $Z$ sont appelés isotones. $N - Z$ est appelé excès de neutrons.
10-1.3	nombre de nucléons, $m$ nombre de masse, $m$	$A$	nombre de nucléons d'un noyau atomique	1	$A = Z + N$ Les nucléides ayant la même valeur de $A$ sont appelés isobares.
10-2	masse au repos, $f$ masse propre, $f$	$m(X)$ $m_X$	pour une particule $X$ , masse (ISO 80000-4) de cette particule au repos dans un référentiel inertiel	kg u Da	EXEMPLE $m(\text{H}_2\text{O})$ pour une molécule d'eau, $m_e$ pour un électron. La masse au repos est souvent notée $m_0$ . 1 u est égal à 1/12 de la masse d'un atome libre de carbone 12, au repos et dans son état fondamental. 1 Da = 1 u
10-3	énergie au repos, $f$	$E_0$	énergie $E_0$ (ISO 80000-5) d'une particule au repos: $E_0 = m_0 c^2$ où $m_0$ est la masse au repos (10-2) de cette particule; et $c_0$ est la vitesse de la lumière dans le vide (ISO 80000-1)	J N m kg m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>	



Tableau 1 (suite)

N°	Grandeur		Unité	Remarques
	Nom	Symbole		
10-4.1	masse atomique, f	$m(X)$ $m_x$	kg u Da	$\frac{m(X)}{m_u}$ est appelé masse atomique relative. 1 u est égal à 1/12 de la masse d'un atome libre de carbone 12, au repos et dans son état fondamental. 1 Da = 1 u
10-4.2	masse nucléidique, f	$m(X)$ $m_x$	kg u Da	1 u est égal à 1/12 de la masse d'un atome libre de carbone 12, au repos et dans son état fondamental. 1 Da = 1 u
10-4.3	constante unifiée de masse atomique, f	$m_u$	kg u Da	1 u est égal à 1/12 de la masse d'un atome libre de carbone 12, au repos et dans son état fondamental. 1 Da = 1 u
10-5.1	charge élémentaire, f	$e$	C sA	
10-5.2	nombre de charge, m charge ionique, f	$c$	1	Une particule est dite neutre si son nombre de charge est égal à zéro. Le nombre de charge d'une particule peut être positif, négatif ou nul. L'état de charge d'une particule peut être pré-senté comme un exposant au symbole de cette particule, par exemple: H <sup>+</sup> , He <sup>++</sup> , Al <sup>3+</sup> , Cl <sup>-</sup> , S <sup>-</sup> , N <sup>3-</sup> .

Tableau 1 (suite)

N°	Grandeur		Unité	Remarques
	Nom	Symbole		
10-6	rayon de Bohr, m	$a_0$	m Å	Le rayon de l'orbitale électronique dans l'atome H dans son état fondamental est $a_0$ dans le modèle de Bohr de l'atome. ångström (Å), 1 Å: = $10^{-10}$ m
10-7	constante de Rydberg, f	$R_\infty$	$m^{-1}$	La grandeur $R_y = R_\infty hc_0$ est appelée énergie de Rydberg.

Tableau 1 (suite)

N°	Grandeur		Unité	Remarques
	Nom	Symbole		
10-8	énergie de Hartree, $f$	$E_H$ $E_h$	<p>énergie (ISO 80000-5) de l'électron dans un atome d'hydrogène dans son état fondamental:</p> $E_H = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a_0}$ <p>où</p> <p><math>e</math> est la charge élémentaire (ISO 80000-1);</p> <p><math>\epsilon_0</math> est la constante électrique (IEC 80000-6); et</p> <p><math>a_0</math> est le rayon de Bohr (10-6)</p>	<p>L'énergie de l'électron dans un atome H dans son état fondamental est <math>E_H</math>.</p>
10-9.1	moment magnétique, $m$ <physique atomique>	$\mu$	<p>pour une particule, grandeur vectorielle résultant en une variation de son énergie (ISO 80000-5) <math>\Delta W</math> dans un champ magnétique extérieur d'induction magnétique <math>B</math> (IEC 80000-6):</p> $\Delta W = -\mu \cdot B$	<p>Pour un atome ou un noyau, cette énergie est quantifiée et peut s'écrire:</p> $W = g \mu_x M B$ <p>où</p> <p><math>g</math> est le facteur <math>g</math> approprié (10-14.1 ou 10-14.2), <math>\mu_x</math> est le magnéton de Bohr ou le magnéton nucléaire (10-9.2 ou 10-9.3), <math>M</math> est le nombre quantique magnétique (10-13.4) et <math>B</math> est la norme de l'induction magnétique.</p> <p>Voir également l'IEC 80000-6.</p>
10-9.2	magnéton de Bohr, $m$	$\mu_B$	<p>norme du moment magnétique d'un électron dans un état dont le nombre quantique du moment cinétique orbital (10-13.3) est <math>l=1</math> du fait de son mouvement orbital:</p> $\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e}$ <p>où</p> <p><math>e</math> est la charge élémentaire (ISO 80000-1);</p> <p><math>\hbar</math> est la constante de Planck réduite (ISO 80000-1); et</p> <p><math>m_e</math> est la masse au repos (10-2) de l'électron</p>	<p><math>m^2 \cdot A</math></p>

Tableau 1 (suite)

N°	Grandeur		Unité	Remarques
	Nom	Symbole		
10-9.3	magnéton nucléaire, m	$\mu_N$	norme du moment magnétique d'un noyau: $\mu_N = \frac{e\hbar}{2m_p}$ où $e$ est la charge élémentaire (ISO 80000-1); $\hbar$ est la constante de Planck réduite (ISO 80000-1); et $m_p$ est la masse au repos (10-2) du proton	m <sup>2</sup> A L'indice N s'applique au noyau. Pour un neutron, l'indice n est utilisé. Les moments magnétiques des protons et des neutrons se différencient de cette grandeur par leurs facteurs $g$ spécifiques (10-14.2).
10-10	spin, m	$s$	grandeur vectorielle exprimant le moment cinétique (ISO 80000-4) interne d'une particule ou d'un système de particules	kg m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> Le spin est une grandeur vectorielle additive.
10-11	moment cinétique total, m	$J$	grandeur vectorielle (ISO 80000-2) dans un système quantique composée de la somme vectorielle du moment cinétique $L$ (ISO 80000-4) et du spin $s$ (10-10)	J s eV s kg m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> En physique atomique et nucléaire, le moment cinétique orbital est généralement désigné par $l$ ou $L$ . La norme de $J$ est quantifiée de sorte que: $J^2 = \hbar^2 j(j+1)$ où $J$ est le nombre quantique du moment cinétique total (10-13.6). Le moment cinétique total et le moment magnétique ont la même direction. $j$ n'est pas la norme du moment cinétique total $J$ mais le quotient de sa projection sur l'axe de quantification par $\hbar$ .
10-12.1	coefficient gyromagnétique, m	$\gamma$	constante de proportionnalité entre le moment magnétique et le moment cinétique total: $\boldsymbol{\mu} = \gamma \mathbf{J}$ où $\boldsymbol{\mu}$ est le moment magnétique (10-9.1); et $\mathbf{J}$ est le moment cinétique total (10-11)	1 A·m <sup>2</sup> /(J·s) = 1 A·s/kg = 1 T <sup>-1</sup> ·s <sup>-1</sup> En anglais, la désignation scientifique est «gyromagnetic coefficient», mais le terme usuel est «gyromagnetic ratio». Le coefficient gyromagnétique du proton est désigné par $\gamma_p$ . Le coefficient gyromagnétique du neutron est désigné par $\gamma_n$ .

Tableau 1 (suite)

N°	Grandeur			Unité	Remarques
	Nom	Symbole	Définition		
10-12.2	coefficient gyromagnétique de l'électron, m	$\gamma_e$	constante de proportionnalité entre le moment magnétique et le moment cinétique total de l'électron: $\mu = \gamma_e J$ où $\mu$ est le moment magnétique (10-9.1); et $J$ est le moment cinétique total (10-11)	$1 \text{ A}\cdot\text{m}^2/(\text{J}\cdot\text{s}) = 1 \text{ A}\cdot\text{s}/\text{kg} = 1 \text{ T}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$  A s/kg kg <sup>-1</sup> s A	
10-13.1	nombre quantique, m	$N$ $L$ $M$ $j$ $s$ $F$	nombre décrivant un état particulier dans un système quantique	1	Les états électroniques déterminent l'énergie de liaison $E = E(n, l, m, j, s, f)$ dans un atome. En règle générale, les lettres majuscules $N$ , $L$ , $M$ , $j$ , $s$ , $F$ sont employées pour le système complet. La distribution de probabilité spatiale d'un électron est donnée par $ \psi ^2$ , où $\psi$ est sa fonction d'onde. Pour un électron dans un atome H, avec une approximation non relativiste, la fonction d'onde peut être représentée par: $\psi(r, \vartheta, \phi) = R_{nl}(r) \cdot Y_l^m(\vartheta, \phi)$ où $r, \vartheta, \phi$ sont les coordonnées sphériques (ISO 80000-2) par rapport au noyau et à un axe (de quantification) donné, $R_{nl}(r)$ est la fonction de distribution radiale et $Y_l^m(\vartheta, \phi)$ sont les harmoniques sphériques. Dans le modèle de Bohr des atomes à un électron, $n$ , $l$ et $m$ définissent les orbites possibles d'un électron autour du noyau.

Tableau 1 (suite)

N°	Grandeur			Unité	Remarques
	Nom	Symbole	Définition		
10-13.2	nombre quantique principal, m	$n$	nombre quantique d'un atome associé au nombre $n-1$ de nœuds radiaux des fonctions d'onde à un électron	1	Dans le modèle de Bohr, $n = 1, 2, \dots, \infty$ est associé à l'énergie de liaison d'un électron et au rayon des orbites sphériques (axe principal des orbites elliptiques). Pour un électron dans un atome H, le rayon semi-classique de son orbite est $r_n = a_0 n^2$ et son énergie de liaison est $E_n = E_H/n^2$ .
10-13.3	nombre quantique orbital, m nombre quantique orbital, m	$l$ $l_i$ $L$	nombre quantique d'un atome associé au moment cinétique orbital $l$ d'un état à un électron	1	$ l ^2 = \hbar^2 l(l-1)$ , $l = 0, 1, \dots, n-1$ où $l$ est le moment cinétique orbital et $\hbar$ est la constante de Planck réduite (ISO 80000-1). S'il est fait référence à une particule spécifique $i$ , le symbole $l_i$ est employé au lieu de $l$ ; s'il est fait référence au système complet, le symbole $L$ est employé au lieu de $l$ . Un électron dans un atome H pour $l = 0$ apparaît comme un nuage sphérique. Dans le modèle de Bohr, $l$ est associé à la forme de l'orbite.
10-13.4	nombre quantique magnétique, m	$m$ $m_i$ $M$	nombre quantique d'un atome associé à la composante $l_z, j_z$ ou $s_z$ du moment cinétique orbital, total ou de spin sur l'axe $z$	1	$l_z = m_l \hbar$ , $j_z = m_j \hbar$ et $s_z = m_s \hbar$ , avec respectivement des étendues de $-l$ à $l$ , de $-j$ à $j$ , et $\pm 1/2$ . $m_i$ correspond à une particule sphérique $i$ . $M$ est employé pour le système complet. Les indices $l, s, j$ , etc., peuvent, si nécessaire, être ajoutés pour indiquer le moment cinétique considéré. $\hbar$ est la constante de Planck réduite (ISO 80000-1).
10-13.5	nombre quantique du spin, m	$s$	nombre quantique caractéristique d'une particule $s$ associé à son spin (10-10), $s$ : $s^2 = \hbar^2 s(s+1)$ où $\hbar$ est la constante de Planck réduite (ISO 80000-1)	1	Les nombres quantiques de spin des fermions sont des multiples impairs de $1/2$ , et ceux des bosons sont des entiers.