

# Les grandeurs physiques et leurs unités

## Introduction

### Les lettres grecques

L'alphabet grec comporte les lettres suivantes:

$\alpha$  (alpha),  $\beta$  (bêta),  $\gamma$  (gamma),  $\delta$  (delta),  $\epsilon$  (epsilon),  $\zeta$  (dzêta),  $\eta$  (êta),  $\theta$  (thêta),  $\iota$  (iota),  $\kappa$  (kappa),  $\lambda$  (lambda),  $\mu$  (mu),  $\nu$  (nu),  $\xi$  (ksi),  $\omicron$  (omicron),  $\pi$  (pi),  $\rho$  (rhô),  $\sigma$  (sigma),  $\tau$  (tau),  $\upsilon$  (upsilon),  $\phi$  (phi),  $\chi$  (khi),  $\psi$  (psi) et  $\omega$  (oméga).

### Les préfixes définissant les multiples et les sous-multiples de l'unité

multiples de l'unité			sous-multiples de l'unité		
préfixe	symbole	valeur	préfixe	symbole	valeur
déca	da	10	déci	d	10 <sup>-1</sup>
hecto	h	10 <sup>2</sup>	centi	c	10 <sup>-2</sup>
kilo	k	10 <sup>3</sup>	milli	m	10 <sup>-3</sup>
méga	M	10 <sup>6</sup>	micro	$\mu$	10 <sup>-6</sup>
giga	G	10 <sup>9</sup>	nano	n	10 <sup>-9</sup>
téra	T	10 <sup>12</sup>	pico	p	10 <sup>-12</sup>
péta	P	10 <sup>15</sup>	femto	f	10 <sup>-15</sup>
exa	E	10 <sup>18</sup>	atto	a	10 <sup>-18</sup>

### Les unités du système international (unités S.I.)

Chaque **grandeur physique** est représentée par une lettre; elle s'exprime à l'aide d'une **unité**, dont l'abréviation (symbole) est une majuscule si elle correspond au nom d'un savant.

Grandeur physique		Unité S.I.	
nom	représentation	nom	symbole
<b>1. Les unités géométriques</b>			
distance, longueur	d ou $\ell$	mètre	m
aire (surface)	S	mètre carré	m <sup>2</sup>
volume	V	mètre cube	m <sup>3</sup>
angle plan	a	radian	rad
angle solide	$\Omega$	stéradian	sr
<b>2. Les unités mécaniques</b>			
durée, temps	t	seconde	s
vitesse	v	mètre par seconde	m·s <sup>-1</sup> (ou m/s)
vitesse angulaire	$\omega$	radian par seconde	rad·s <sup>-1</sup> (ou rad/s)
fréquence	f	hertz	Hz
accélération	a	mètre par (seconde) <sup>2</sup>	m·s <sup>-2</sup> (m/s <sup>2</sup> )
masse	m	<b>kilogramme</b>	kg

masse volumique	$\rho$	kilogramme par (mètre) <sup>3</sup>	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (ou $\text{kg}/\text{m}^3$ )
volume massique		(mètre) <sup>3</sup> par kilogramme	$\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$ (ou $\text{m}^3/\text{kg}$ )
force	F	newton	N
travail, énergie	W	joule	J
puissance	P	watt	W
pression	p	pascal	Pa
rendement (machine)	r	sans unité	
constante d'un ressort	k	newton par mètre	$\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ (N/m)
moment d'une force	M	newtonxmètre	N·m
<b>3. Les unités électriques et magnétiques</b>			
intensité électrique	I	ampère	A
charge électrique	q	coulomb	C
tension électrique	U	volt	V
résistance électrique	R	ohm	$\Omega$
conductance électrique	G	siemens	S
champ électrique	E	volt par mètre	$\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$ (V/m)
champ magnétique	B	tesla	T
capacité d'un condens.	C	farad	F
inductance d'une bob.	L	henry	H
<b>4. Les unités thermiques</b>			
température	T	kelvin	K
<b>5. Les unités optiques</b>			
indice d'un milieu	n	sans unité	
vergence (lentille)	C	dioptrie	$\delta$
<b>6. Les unités photométriques</b>			
intensité lumineuse	J	candela	cd
flux lumineux	$\Phi$	lumen (ou candelaxsr)	lm
luminance	L	candela par (mètre) <sup>2</sup>	$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )
éclairage	E	lux (ou lumen par m <sup>2</sup> )	$\text{lx} = \text{lm}\cdot\text{m}^{-2}$ ( $\text{lm}/\text{m}^2$ )
<b>7. Les unités radioactives</b>			
activité	A	becquerel	Bq
dose absorbée	D	gray	Gy
<b>7. Les unités chimiques</b>			
quantité de matière	n	mole	mol
concentration molaire	c	mole par (mètre) <sup>3</sup>	$\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ ( $\text{mol}/\text{m}^3$ )
<b>8. Unités électrochimiques</b>			
conductivité	$\sigma$	siemens par mètre	$\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ (S/m)
conductivité molaire	$\lambda$	siemensxm <sup>2</sup> par mole	$\text{S}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$

## Compléments et unités usuelles (hors système)

### unité de masse

#### **kilogramme**

C'est bien le **kilogramme** (kg), et non le gramme, qui est choisi pour unité du système international. (remarque: les préfixes méga ou giga ne sont pas utilisés; on a: 1 **tonne** =  $10^3$  kg)

### unités d'angle

#### **degré**

Un angle au centre de  $1^\circ$  intercepte sur la circonférence un arc de longueur égale à  $1/360$  de la longueur de la circonférence.

On peut subdiviser l'angle de  $1^\circ$  en 60 parties égales, chaque partie correspondant alors à un angle de 1 minute d'angle (noté 1'); l'angle de 1' peut à son tour être subdivisé en 60 parties égales, chaque partie correspondant alors à un angle de 1 seconde d'angle (noté 1")

#### **radian**

Soit un cercle de centre O et de rayon 1 mètre; le radian est l'angle au centre (donc de sommet O) qui intercepte un arc de 1 mètre sur ce cercle; dans le cas d'un cercle de rayon R, le radian intercepte sur ce cercle un arc de longueur R. Étant donné que la circonférence d'un cercle mesure  $2 \cdot \pi \cdot R$ , l'angle au centre de la totalité de la circonférence vaut  $2 \cdot \pi$ , d'où la relation  $360^\circ = 2 \cdot \pi$  rad. D'autre part, un angle  $\alpha$  (exprimé en rad) intercepte sur le cercle un arc de longueur notée s, tel que  $s = R \cdot \alpha$ .

#### **stéradian**

Soit une sphère de rayon 1 mètre; le stéradian est l'angle solide, de sommet O, qui découpe sur la surface de cette sphère une aire de  $1 \text{ m}^2$ ; dans le cas d'une sphère de rayon R, le stéradian découpe sur la surface de cette sphère une aire valant  $R^2$ . Étant donné que l'aire d'une surface sphérique mesure  $4 \cdot \pi \cdot R^2$ , l'angle solide de centre O pour la totalité de la surface sphérique vaut  $4 \cdot \pi$  sr (stéradian).

### unités de durée

Les sous-multiples de la seconde (ms,  $\mu$ s, ns, ...) sont couramment utilisés, contrairement aux préfixes définissant les multiples qui eux ne sont jamais utilisés.

#### **heure**

1 heure = 3600 s ; 1 jour = 24 h = 86 400 s =  $8,64 \times 10^4$  s

#### **année**

1 année = 365,25 jours  $\approx 3,156 \times 10^7$  s

### unités de température

#### **degré Celsius (°C)**

C'est la valeur  $\theta$  indiquée sur les thermomètres (non anglo-saxons)  
Elle était autrefois appelée degré centigrade ou centésimal

#### **Kelvin (K)**

Une variation de température de  $1^{\circ}\text{C}$  est identique à une variation de  $1\text{K}$ :  $\Delta\theta = 1\text{K} = 1^{\circ}\text{C}$  ; l'unité K est la même que l'unité  $^{\circ}\text{C}$ , mais l'origine (c'est-à-dire la valeur nulle) est différente:  $0\text{K} = -273^{\circ}\text{C}$  ; d'où la relation entre la température  $\theta$  (en  $^{\circ}\text{C}$ ) et la température T (en K) :  $T = t + 273$

### unités usuelles en chimie

Lorsqu'on travaille exclusivement sur des grandeurs chimiques (électrochimie exclue), on a l'habitude d'utiliser des unités plus adaptées à l'échelle de la verrerie:

- \* le **gramme** (g) pour unité de masse
- \* le **litre** (L) pour unité de volume (avec  $1\text{L} = 1\text{dm}^3 = 10^{-3}\text{m}^3$ , donc  $1\text{m}^3 = 10^3\text{L}$ )

D'où les unités (hors système) des chimistes:

- \* **masse molaire** en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  (g/mol)
- \* **concentration massique** en  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  (g/L)

## Analyse dimensionnelle

Il suffit de choisir quelques **grandeurs fondamentales** pour pouvoir exprimer toutes les autres grandeurs physiques (dites **grandeurs dérivées**) en fonction de ces grandeurs fondamentales.

Par exemple, il apparaît clairement que la vitesse est une grandeur dérivée, qui s'exprime en fonction des deux grandeurs (fondamentales) distance et durée.

La **dimension** d'une grandeur s'écrit entre crochets: [...]

### Grandeurs fondamentales (ou de base)

On a choisi 8 grandeurs fondamentales:

- ◇ distance et longueur de dimension notée [L]
- ◇ temps et durée de dimension notée [T]
- ◇ masse de dimension notée [M]
- ◇ intensité électrique de dimension notée [I]
- ◇ température de dimension notée [θ]
- ◇ quantité de matière de dimension notée [n]
- ◇ intensité lumineuse de dimension notée [J]
- ◇ angle plan sans dimension

### Grandeurs dérivées (secondaires)

Elles s'expriment en fonction des grandeurs fondamentales par une **relation**, qui permet d'aboutir à l'**équation aux dimensions**, qui donne la dimension de la grandeur dérivée en fonction de [L], [T], [M], [I], [θ], [n], [J].

(Rappel: Une **variation** de la grandeur X se note  $\Delta X = X_{\text{final}} - X_{\text{initial}}$ )

grandeur dérivée	relation	équation aux dimensions	nom de l'unité S.I.
aire	produit de 2 longueurs	[L] <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
volume	produit de 3 longueurs	[L] <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
vitesse	$v = d / \Delta t$	[L]·[T] <sup>-1</sup>	m·s <sup>-1</sup>
vitesse angulaire	$\omega = \alpha / \Delta t$	[T] <sup>-1</sup>	rad·s <sup>-1</sup>
fréquence	$f = 1 / T$	[T] <sup>-1</sup>	Hz (hertz)
masse volumique	$\rho = m / V$	[M]·[L] <sup>-3</sup>	kg·m <sup>-3</sup>
densité	$d = \rho / \rho_{\text{référence}}$	sans dimension	sans unité
accélération	$a = \Delta v / \Delta t$	[L]·[T] <sup>-2</sup>	m·s <sup>-2</sup>
force	$f = m \cdot a$	[M]·[L]·[T] <sup>-2</sup>	N (newton)
énergie et travail	$W = F \cdot d$	[M]·[L] <sup>2</sup> ·[T] <sup>-2</sup>	J (joule)
puissance	$P = W / \Delta t$	[M]·[L] <sup>2</sup> ·[T] <sup>-3</sup>	W (watt)
pression	$p = F / S$	[M]·[L] <sup>-1</sup> ·[T] <sup>-2</sup>	Pa (pascal)
constante d'un ressort	$k = F / \Delta l$	[M]·[T] <sup>-2</sup>	N·m <sup>-1</sup>
charge et quantité d'électricité	$Q = I \cdot \Delta t$	[T]·[I]	C (coulomb)
tension électrique	$U = P / I$	[M]·[L] <sup>2</sup> ·[T] <sup>-3</sup> ·[I] <sup>-1</sup>	V (volt)
résistance électrique	$R = U / I$	[M]·[L] <sup>2</sup> ·[T] <sup>-3</sup> ·[I] <sup>-2</sup>	Ω (ohm)
conductance électrique	$G = 1 / R = I / U$	[M] <sup>-1</sup> ·[L] <sup>-2</sup> ·[T] <sup>3</sup> ·[I] <sup>2</sup>	S (siemens)
capacité d'un condensateur	$C = Q / U$	[M] <sup>-1</sup> ·[L] <sup>-2</sup> ·[T] <sup>4</sup> ·[I] <sup>2</sup>	F (farad)
inductance d'une bobine	$L = U / (\Delta I / \Delta t)$	[M]·[L] <sup>2</sup> ·[T] <sup>-2</sup> ·[I] <sup>-2</sup>	H (henry)
flux lumineux	$\Delta \Phi = J \cdot \Delta \Omega$	[J]	lm (lumen) ou cd·sr

éclairage	$E = \Delta\Phi / \Delta s$	$[J] \cdot [L]^{-2}$	lx (lux)
dose radioactive absorbée	$D = W / m$	$[L]^2 \cdot [T]^{-2}$	Gy (gray)