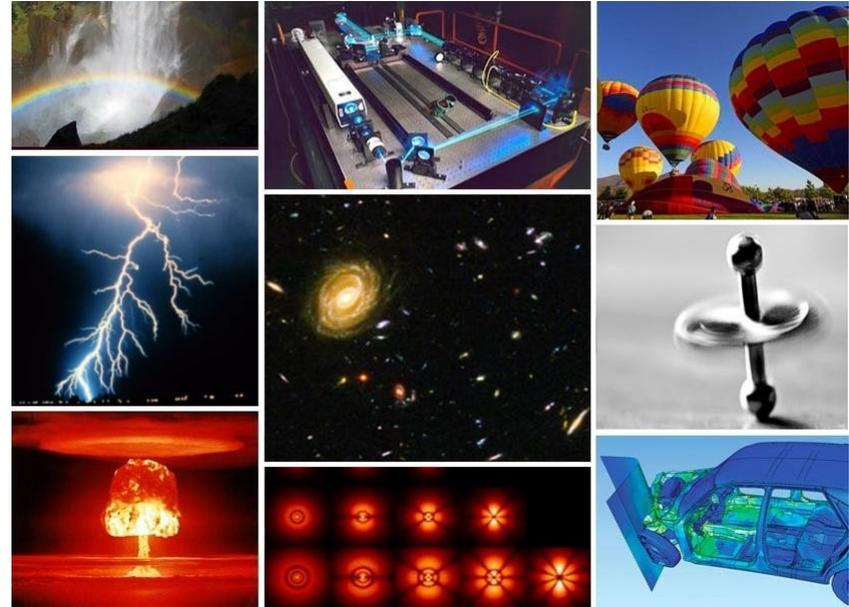


# Introduction

- Série de courtes conférences pour comprendre
  - Les lois physiques de notre environnement
  - La composition de la matière
  - La structure de l'Univers
  - La démarche scientifique

- Objectifs :

- Mieux comprendre le monde physique
- Acquérir des connaissances pour améliorer son discernement



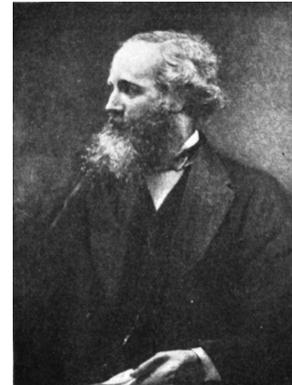
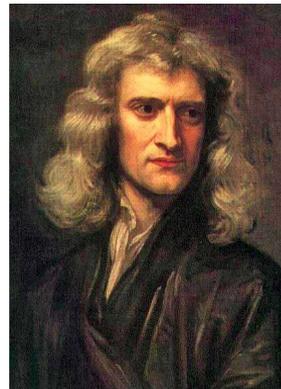
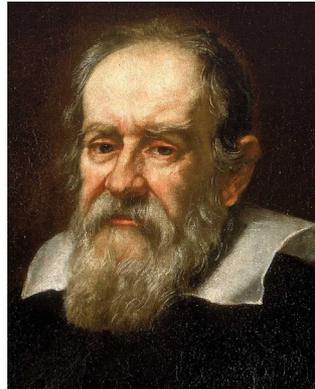
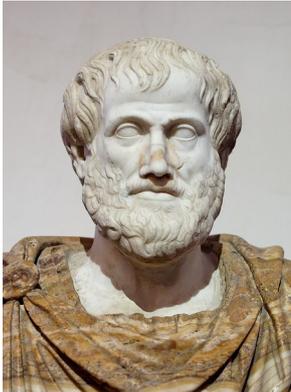
# Sommaire

Préalable pour comprendre les présentations à venir

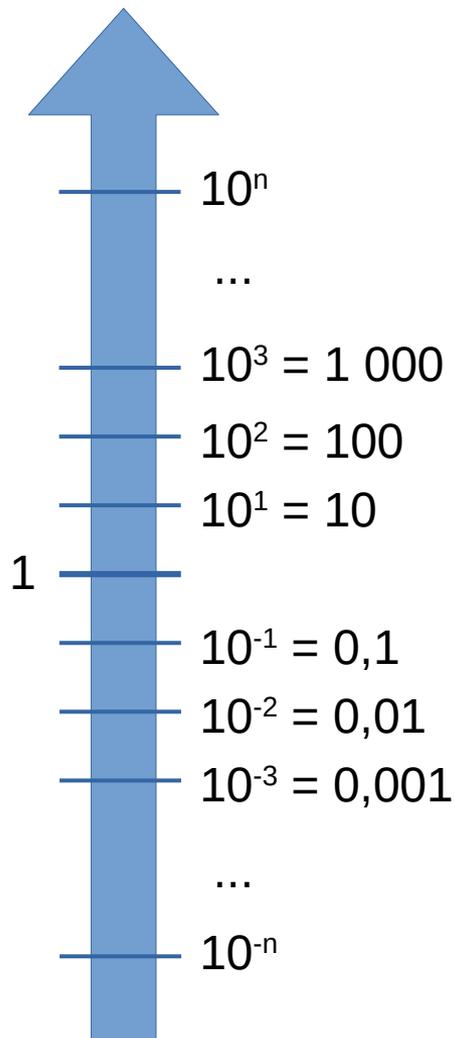
- Ordres de grandeur et puissances de 10
- Les ordres de grandeur de l'être humain
- Les ordres de grandeur dans l'Univers
- Les unités



Aristote  
Galilée  
Newton  
Maxwell  
Dirac



# Ordres de grandeur



Ils sont représentés par des « puissances de 10 »

– Supérieures à 1 :

- $10^n = 10 \times 10 \times \dots \times 10 \times 10$  (n fois)  
= 100...00 (n zéros)

- Exemple :  $10^6 = 1\,000\,000$

–  $10^0 = 1$

– Inférieures à 1 :

- $10^{-n} = 1 / 10^n$   
= 0,0...001 (n chiffres après la virgule, soit n-1 zéros)

- Exemple :  $10^{-8} = 0,000\,000\,01$

# Préfixes

$10^n$	$1\ 000^m$ $m = \frac{n}{3}$	Préfixe français	Symbole	Depuis <sup>a</sup>	Nombre décimal	Désignation	
						Échelle longue <sup>b</sup>	Échelle courte
$10^{24}$	$1\ 000^8$	yotta	Y	1991	1 000 000 000 000 000 000 000 000	Quadrillion	Septillion
$10^{21}$	$1\ 000^7$	zetta	Z	1991	1 000 000 000 000 000 000 000	Trilliard	Sextillion
$10^{18}$	$1\ 000^6$	exa	E	1975	1 000 000 000 000 000 000	Trillion <sup>8</sup>	Quintillion
$10^{15}$	$1\ 000^5$	péta	P	1975	1 000 000 000 000 000	Billiard	Quadrillion
$10^{12}$	$1\ 000^4$	téra	T	1960	1 000 000 000 000	Billion <sup>8</sup>	Trillion
$10^9$	$1\ 000^3$	giga	G	1960	1 000 000 000	Milliard	Billion
$10^6$	$1\ 000^2$	méga	M	1960	1 000 000	Million	
$10^3$	$1\ 000^1$	kilo	k	1795	1 000	Millier	
$10^2$	$1\ 000^{2/3}$	hecto	h	1795	100	Centaine	
$10^1$	$1\ 000^{1/3}$	déca	da	1795	10	Dizaine	
$10^0$	$1\ 000^0$	(aucun)	—	—	1	Unité	

Source : [wikipedia](https://fr.wikipedia.org/wiki/Système_international_d'unités), « Système international d'unités »

# Préfixes

$10^n$	$1\ 000^m$ $m = \frac{n}{3}$	Préfixe français	Symbole	Depuis <sup>a</sup>	Nombre décimal	Désignation	
						Échelle longue <sup>b</sup>	Échelle courte
$10^0$	$1\ 000^0$	(aucun)	—	—	1	Unité	
$10^{-1}$	$1\ 000^{-1/3}$	déci	d	1795	0,1	Dixième	
$10^{-2}$	$1\ 000^{-2/3}$	centi	c	1795	0,01	Centième	
$10^{-3}$	$1\ 000^{-1}$	milli	m	1795	0,001	Millième	
$10^{-6}$	$1\ 000^{-2}$	micro	μ	1960 <sup>c</sup>	0,000001	Millionième	
$10^{-9}$	$1\ 000^{-3}$	nano	n	1960	0,000 000 001	Milliardième <sup>8</sup>	Billionième
$10^{-12}$	$1\ 000^{-4}$	pico	p	1960	0,000 000 000 001	Billionième	Trillionième
$10^{-15}$	$1\ 000^{-5}$	femto	f	1964	0,000 000 000 000 001	Billiardième	Quadrillionième
$10^{-18}$	$1\ 000^{-6}$	atto	a	1964	0,000 000 000 000 000 001	Trilliardième	Quintillionième
$10^{-21}$	$1\ 000^{-7}$	zepto	z	1991	0,000 000 000 000 000 000 001	Trilliardième	Sextillionième
$10^{-24}$	$1\ 000^{-8}$	yocto	y	1991	0,000 000 000 000 000 000 000 001	Quadrilliardième	Septillionième

Source : [wikipedia](#), « Système international d'unités »

# Les unités

- Une **grandeur physique** est caractérisée par
  - Une **valeur**
  - Une **unité**
- Exemples :
  - 1 microgramme = 1  $\mu\text{g}$  =  $10^{-6}$  g
  - $10^9$  années-lumière =  $9,461 \times 10^{12} \times 10^9$  km
    - =  $9,461 \times 10^{21}$  km
    - =  $9,461 \times 10^{24}$  m



*rnp.t*, **année**



*3bd*, **mois**



*hrw*, **jour**

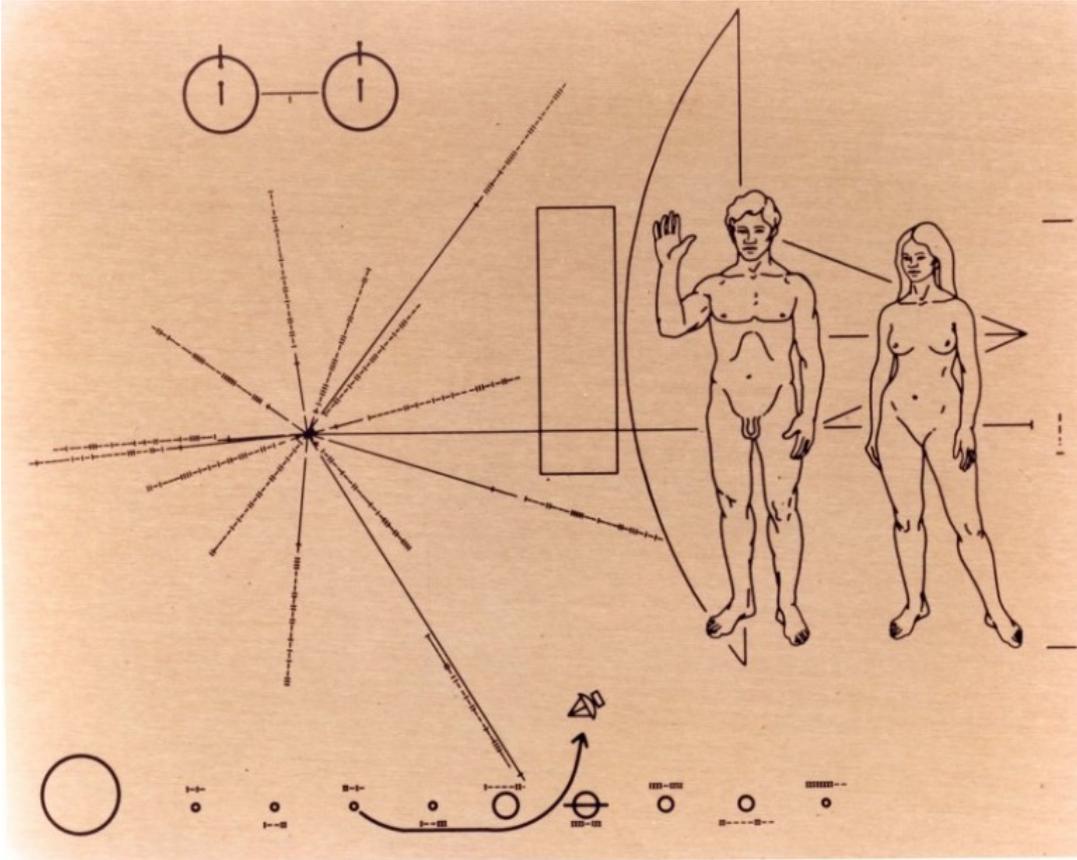


*wnw.t*, **heure**



*3.t*, **minute**

# Ordres de grandeurs humains



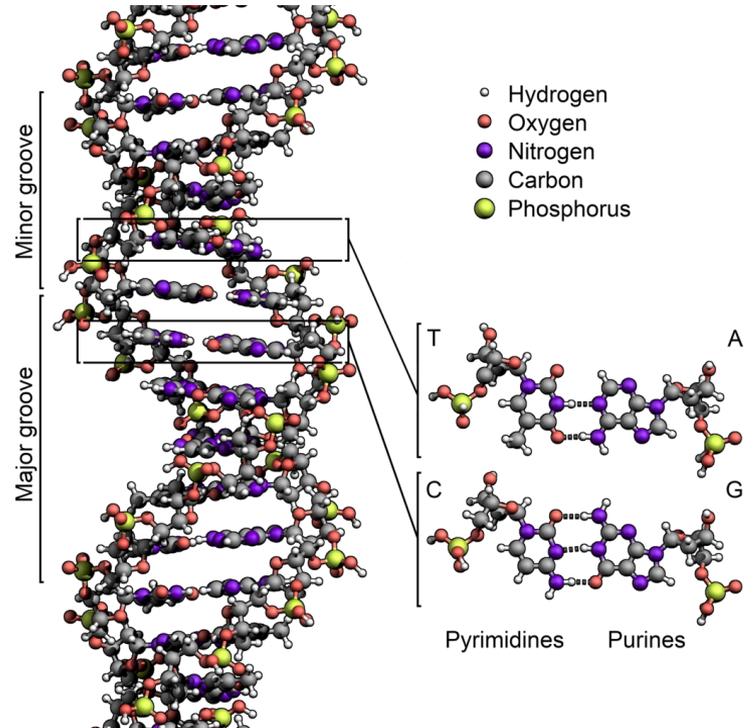
- $10^2$  kg,  $10^0$  m
- $10^{13}$  cellules
- $10^{11}$  neurones
  - $10^{15}$  connexions neuronales
- $10^{15}$  bactéries
- $10^8$  m = 100 000 km de veines
- $10^9$  battements de cœur

Plaque de la sonde Pioneer, 1972

# Ordres de grandeurs du vivant

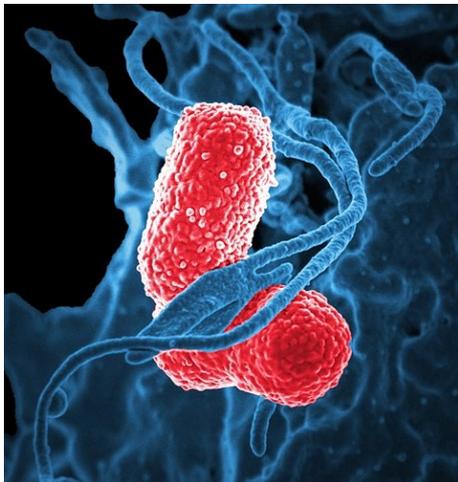
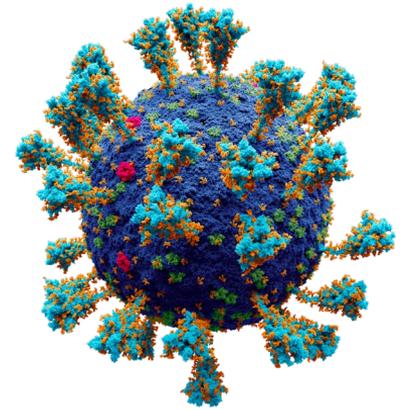
## Dimensions de l'ADN

- Diamètre =  $2 \times 10^{-9}$  m
- Chromosome 1 :  $L = 7 \times 10^{-2}$  m



## Virus

- Typiquement : 10-100 nm =  $10^{-7/-8}$  m
- Diamètre du SARS-CoV-2 : 100 nm
- Mimivirus : 1  $\mu$ m

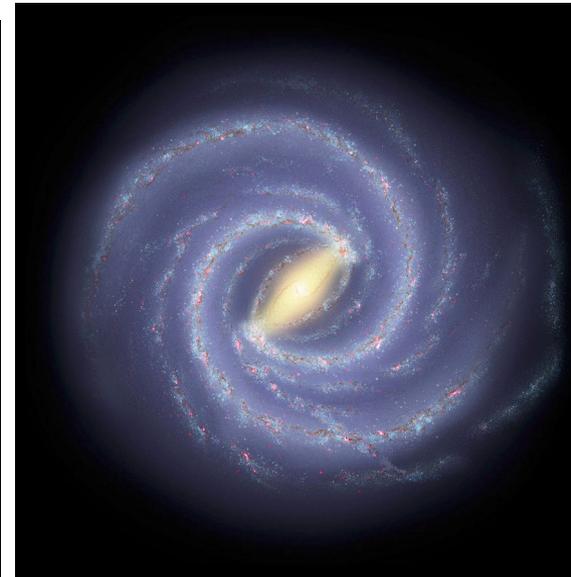
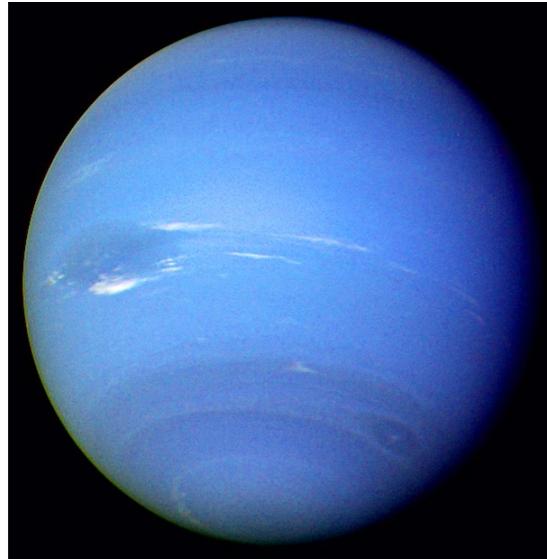
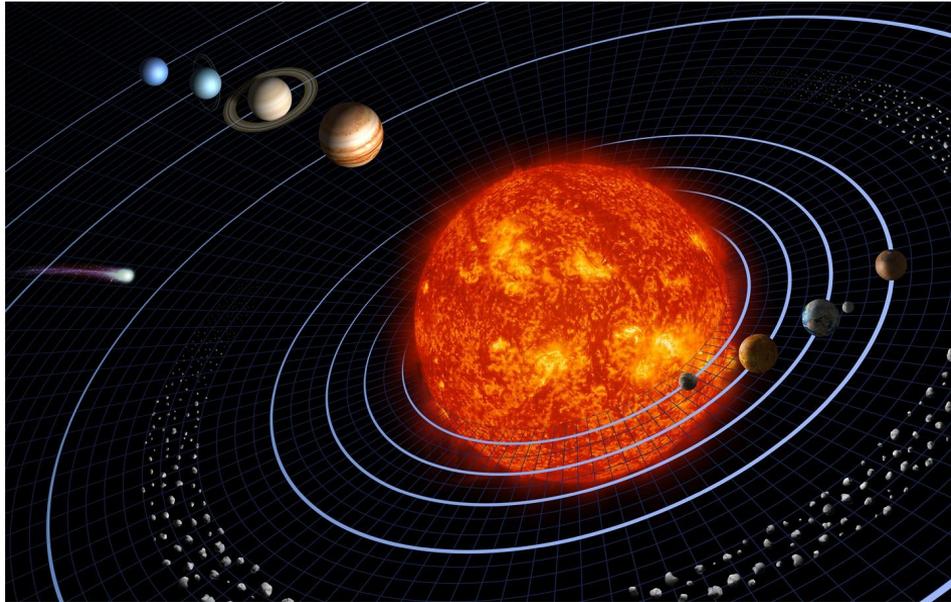


## Bactéries

- Typiquement 0,5 – 5  $\mu$ m
- Bactéries géantes : 750  $\mu$ m
- Ultramicrobactéries : 0,3  $\mu$ m

# Ordres de grandeur dans l'Univers

- Masses : Soleil :  $2 \times 10^{30}$  kg, Terre :  $6 \times 10^{24}$  kg = 6 Ykg
- Distance Soleil-Neptune :  $4,5 \times 10^9$  km = 4,5 Gkm = 4,5 Tm
- Diamètre Voie Lactée : 100 000 a.l. =  $10^{18}$  km = 1 Ekm
- Taille de l'Univers : 15 milliards d'a.l. =  $1,5 \times 10^{23}$  km



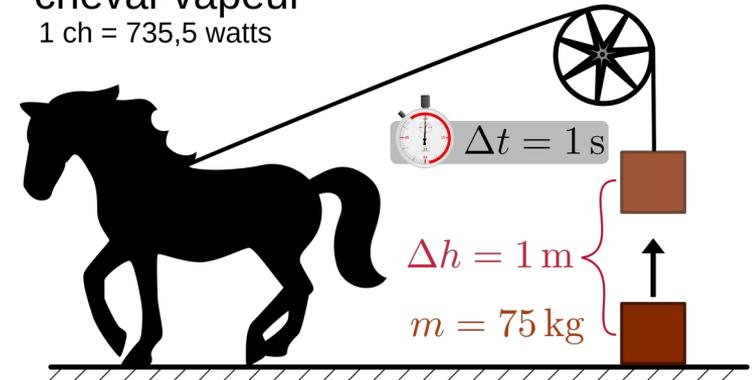
# Les unités de base

Grandeur	Symbole de la grandeur	Symbole de la dimension	Unité SI	Symbole associé à l'unité
Masse	$m$	M	kilogramme	kg
Temps	$t$	T	seconde	s
Longueur	$l, x, r...$	L	mètre	m
Température	$T$	$\Theta$	kelvin	K
Intensité électrique	$I, i$	I	ampère	A
Quantité de matière	$n$	N	mole	mol
Intensité lumineuse	$I_v$	J	candela	cd

- Sept **unités** de base caractérisant sept grandeurs physiques indépendantes
- Toutes les autres unités en sont dérivées

– Ex : 1 cheval = 735,5 W = 735,5 kg.m<sup>2</sup>.s<sup>-3</sup>

cheval-vapeur  
1 ch = 735,5 watts



# Evolution des définitions



- D'abord basées sur le monde physique puis des étalons de matière puis grâce aux constantes physiques fondamentales

- **Mètre :**

- Première définition en 1791 :  $1/40\,000\,000^e$  d'un méridien
- Étalon conservé au BIPM (Bureau International des Poids et Mesures) à Paris
- Vitesse de la lumière

- **Kilogramme**

- 1795 Masse d'un décimètre cube ( $\text{dm}^3$ ) d'eau pure à  $4^\circ\text{C}$
- Étalon en platine d'un kilogramme
- constante de Planck,  $h = 6,626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$

- **Température :**

- Celsius :  $0^\circ\text{C}$  = point de congélation de l'eau et  $100^\circ\text{C}$  = point d'ébullition de l'eau
- Kelvin : même taille de graduation mais  $0\text{ K} = -273,15^\circ\text{C}$  = zéro absolu (thermodynamique)



# Définition des unités (depuis mai 2019)

Grandeur	Unité	Définition
Temps	seconde	définie en fixant la valeur de la fréquence du césium, $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ = égale à 9 192 631 770 Hz ( $\text{s}^{-1}$ ) (fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 non perturbé)
Longueur	mètre	défini en fixant la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide, $c = 299\,792\,458$ m/s
Masse	kilogramme	défini en prenant la valeur de la constante de Planck, $h = 6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$ J.s (ou $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ )
Courant électrique	ampère	défini en fixant la valeur de la charge élémentaire $e = 1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$ C, (ou A.s)
Température	Kelvin	défini en fixant la valeur de la constante de Boltzmann $k_{\text{B}} = 1,380\,649 \times 10^{-23}$ J.K <sup>-1</sup> (ou $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ )
Quantité de matière	mole	Une mole contient exactement $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$ entités élémentaires (nombre d'Avogadro)
Intensité lumineuse	candela	définie en fixant la valeur de l'efficacité lumineuse d'un rayonnement monochromatique de fréquence $540 \times 10^{12}$ Hz à $K_{\text{cd}} = 683$ cd.sr.W <sup>-1</sup>