

## Informations générales

# Unités SI

### 1. Système d'unités internationales SI

D'après le Comité international des Poids et Mesures (CIPM)

Grandeurs fondamentales

Symbole	Grandeur physique	Unité fondamentale SI	Autres unités SI
<i>l</i>	Longueur	m (mètre)	km, dm, cm, mm, $\mu\text{m}$ , nm, pm
<i>m</i>	Masse	kg (kilogramme)	Mg, g, mg, $\mu\text{g}$
<i>t</i>	Temps	s (seconde)	ks, ms, $\mu\text{s}$ , ns
<i>I</i>	Courant électrique	A (ampère)	kA, mA, $\mu\text{A}$ , nA, pA
<i>T</i>	Température thermodynamique	K (kelvin)	
<i>n</i>	Quantité de matière	mol (mole)	Gmol, Mmol, kmol, mmol, $\mu\text{mol}$
<i>I<sub>v</sub></i>	Intensité lumineuse	cd (candela)	Mcd, kcd, mcd

### 2. Unités SI dérivées

Les symboles abrégés sont imprimés en diagonale italique, les symboles d'unités en caractère romain.

Grandeur	Symbole abrégé	Nom de l'unité	Symbole de l'unité	Rapports/Remarques
<b>Géométrie</b>				
Surface	<i>A</i>	Mètre carré	m <sup>2</sup>	
Volume	<i>V</i>	Mètre cube	m <sup>3</sup>	
<b>Temps</b>				
Fréquence	<i>f</i>	Hertz	Hz	1 Hz = 1/s
Pulsation	$\omega$	Tours par seconde	1/s	$\omega = 2\pi f$
Vitesse de rotation	<i>n</i>	Tours par seconde	1/s	
<b>Mécanique</b>				
Densité	$\rho$	Kilogramme par mètre cube	kg/m <sup>3</sup>	
Vitesse	<i>v</i>	Mètre par seconde	m/s	
Accélération	<i>a</i>	Mètre par seconde au carré	m/s <sup>2</sup>	
Force	<i>F</i>	Newton	N	1 N = 1 kgm/s <sup>2</sup>
Impulsion	<i>I</i>	Newton par seconde	Ns	1 Ns = 1 kgm/s
Pression (méch.)	<i>p</i>	Pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> = 10 <sup>-5</sup> bar
Energie, Travail	<i>W</i>	Joule	J	1 J = 1 Nm = 1 Ws
Moment	<i>M</i>	Newton mètre	Nm	1 Nm = 1 kgm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
Couple	<i>T</i>	Newton mètre	Nm	1 Nm = 1 kgm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
Puissance	<i>P</i>	Watt	W	1 W = 1 Nm/s = 1 J/s
<b>Chaleur</b>				
Température	$\vartheta$	Degré Celsius	°C	$\vartheta = T - T_0$ avec $T_0 = 273.15 \text{ K}$
Différence de température	$\Delta T$ $\Delta \vartheta$	Kelvin Degré Celsius	K °C	préférence 1°C = 1 K
Quantité de chaleur	<i>Q</i>	Joule	J	1 J = 1 Nm = 1 Ws
Flux de chaleur	$\phi$	Watt	W	1 W = 1 Nm/s = 1 J/s
<b>Electricité</b>				
Tension électr.	<i>U</i>	Volt	V	1 V = 1 W/A
Charge électr.	<i>Q</i>	Coulomb	C	1 C = 1 As
Capacité électr.	<i>C</i>	Farad	F	1 F = 1 C/V = 1 As/V
Courant électr.	$\theta$	Ampère	A	Ampères-tours de la bobine
Résistance électr.	<i>R</i>	Ohm	$\Omega$	1 $\Omega$ = 1 V/A
Conductance électr.	<i>G</i>	Siemens	S	G = 1/R 1 S = 1 A/V = 1/ $\Omega$

## Informations générales

### 2. Continuation Unités SI dérivées

Les symboles abrégés sont imprimés en diagonale italique, les symboles d'unités en caractère romain.

Grandeur	Symbole abrégé	Nom de l'unité	Symbole de l'unité	Rapports/Remarques
<b>Electricité</b>				
Conductivité électr.	$\kappa$	Siemens par mètre	S/m	$\kappa = 1/\rho$
Résistance él. spéc.	$P$	Ohm mètre	$\Omega\text{m}$	$1 \Omega\text{m} = 1 \text{Vm/A}$
Flux magnétique	$\Phi$	Weber	Wb	$1 \text{Wb} = 1 \text{Vs}$
Champ magnétique	$H$	Ampère par mètre	A/m	
Densité de flux magn.	$B$	Tesla	T	$1 \text{T} = 1 \text{Wb/m}^2 = 1 \text{Vs/m}^2$
Induction	$L$	Henry	H	$1 \text{H} = 1 \text{Wb/A} = 1 \text{Vs/A}$
Puissance apparente	$S$	Voltampère	VA	
Puissance effective	$P$	Watt	W	$1 \text{W} = 1 \text{J/s}$
Puissance réactive	$Q$	Voltampère	Var	
Energie	$W$	Joule	J	$1 \text{J} = 1 \text{Nm} = 1 \text{Ws}$
Résistance apparente, Impédance	$Z$	Ohm	$\Omega$	
Réactance	$X$	Ohm	$\Omega$	
Angle de déphasage	$\varphi$	Radian	rad	$1 \text{rad} = 1$

Grandeur	Symboles	Rapports/Remarques
Permittivité du vide	$\epsilon_0$	$= 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$
Perméabilité magnétique	$\mu_0$	$= 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$

### 3. Notions et rapports

Symbole	Grandeur physique	Unité	Rapport
R	Résistance ohmique	$[\Omega = \frac{\text{V}}{\text{A}}]$	$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{l}{G}$ $R_w = R_{20} \cdot (1 + \alpha_{20} \cdot \Delta T)$
X	Réactance	$[\Omega]$	
$X_L$	Réactance d'induction	$[\Omega]$	$X_L = \omega L$
$X_C$	Réactance capacitive	$[\Omega]$	$X_C = -\frac{1}{\omega C}$
			$\omega = 2\pi f = \text{fréquence}$
Z	Impédance	$[\Omega]$	(résistance en courant alternatif, résistance apparente) $Z = \sqrt{R_w^2 + X_L^2}$
$\epsilon_r$	Constante diélectrique relative		
$\text{tg}\delta$	Angle de perte		
$\varphi$	Angle de déphasage		$\cos \varphi = P/S$
S	Puissance apparente	[VA]	$S = \sqrt{3} \cdot I \cdot U$ (3-ph.)
P	Puissance effective	[W]	$P = \sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot \cos \varphi$ (3-ph.)
Q	Puissance réactive	[Var]	$Q = \sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot \sin \varphi$ (3-ph.)

## Informations générales

### 4. Formules importantes dans la technique des câbles

#### 4.1 Capacité de fonctionnement $C_B$ et courant de charge $I_C$

Pour des câbles à champ radial comme les câbles polymères à haute tension, on a:

$$C_B = \frac{5.56 \cdot \varepsilon_r}{\ln(D/d)} \cdot 10^{-2} \quad [\mu\text{F/km}]$$

D = diamètre sur isolation [mm]

d = diamètre du conducteur sur écran interne [mm]

#### Courant de charge $I_C$ et courant à la terre $I_E$

$$I_C = I_E = U_0 \cdot \omega \cdot C_B \cdot 10^{-3} \quad [\text{A/km}]$$

$U_0$  = Tensions de phase

#### 4.2 Puissance réactive capacitive $P_C$

$$P_C = 3 \cdot I_C \cdot U_0 \quad [\text{kVA}]$$

où

$I_C$  = courant de charge en A

$U_0$  = tensions de phase en kV

#### 4.3 Pertes dans le câble

Pertes diélectriques

$$P_d = U_0^2 \cdot \omega \cdot C_B \cdot \text{tg}\delta \cdot 10^{-3} \quad [\text{kW/km}]$$

Facteurs de perte  $\text{tg}\delta$

XLPE (1.5 à 3.5) · 10<sup>-4</sup>

EPR (4 à 30) · 10<sup>-4</sup>

Pertes ohmiques par phase

$$P_{Cu} = I^2 \cdot R_T \cdot 10^{-3} \quad [\text{kW/km}]$$

où

$$R_T = R_{20} \cdot [1 + \alpha_{th} (T - 20^\circ\text{C})] \quad [\text{kW/km}]$$

$R_T$  = résistance du conducteur à température de fonctionnement

$R_{20}$  = résistance courant continu à 20 °C

$\alpha_{th}$  = coefficient de température  
pour cuivre 0,00393/K  
por aluminium 0,00403/K

T = température du conducteur à température de fonctionnement

#### 4.4 Induction L

Induction pour chaque phase pour câbles tripolaires ou trois câbles unipolaires disposés en triangle:

$$L' = 2 \left( 0.25 + \ln \frac{2s}{d} \right) \cdot 10^{-4} \quad [\text{H/km}]$$

où

s = distance entre axes des conducteurs (mm)

d = diamètre des conducteurs (mm)

Pour des câbles armés, l'induction augmente selon les valeurs suivantes:

- armure légère de ruban d'acier -CL: +5%

- autres armures -C, -F, -FF: +10%

#### 4.5 Dilatation des câbles thermiques

$$\Delta l = \alpha_{th} \cdot l \cdot \Delta T \quad [\text{m}]$$

$\alpha_{th}$  = coefficient de dilatation thermique

pour le cuivre: 16.2 · 10<sup>-6</sup>/K

pour l'aluminium: 23.8 · 10<sup>-6</sup>/K

#### 4.6 Alphabet grec

Alpha	A α	Nu	N ν
Bêta	B β	Xi	Ξ ξ
Gamma	Γ γ	Omikron	O o
Delta	Δ δ	Pi	Π π
Epsilon	E ε	Rhô	P ρ
Dzéta	Z ζ	Sigma	Σ σ
Eta	H η	Tau	T τ
Thêta	Θ θ	Upsilon	Υ υ
Iota	I ι	Phi	Φ φ
Kappa	K κ	Khi	X χ
Lambda	Λ λ	Psi	Ψ ψ
Mu	M μ	Oméga	Ω ω

#### 4.7 Préfixes SI

Facteur	Désignation	Unité
1 000 000 000 000 = 10 <sup>12</sup>	Billion	téra T
1 000 000 000 = 10 <sup>9</sup>	Milliard	giga G
1 000 000 = 10 <sup>6</sup>	Million	méga M
1 000 = 10 <sup>3</sup>	Millier	kilo k
100 = 10 <sup>2</sup>	Centaine	hecto h
10 = 10 <sup>1</sup>	Dizaine	déca da
0.1 = 10 <sup>-1</sup>	Dixième	déci d
0.01 = 10 <sup>-2</sup>	Centième	centi c
0.001 = 10 <sup>-3</sup>	Millième	milli m
0.000 001 = 10 <sup>-6</sup>	Millionième	micro μ
0.000 000 001 = 10 <sup>-9</sup>	Milliardième	nano n
0.000 000 000 001 = 10 <sup>-12</sup>	Billionième	pico p