

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, μ m, nm, pm
<i>m</i>	Masse	kg (kilogramme)	Mg, g, mg, μ g
<i>t</i>	Temps	s (seconde)	ks, ms, μ s, ns
<i>I</i>	Courant électrique	A (ampère)	kA, mA, μ A, nA, pA
<i>T</i>	Température thermodynamique	K (kelvin)	
<i>n</i>	Quantité de matière	mol (mole)	Gmol, Mmol, kmol, mmol, μ mol
<i>I_v</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
Géométrie				
Surface	<i>A</i>	Mètre carré	m ²	
Volume	<i>V</i>	Mètre cube	m ³	
Temps				
Fréquence	<i>f</i>	Hertz	Hz	1 Hz = 1/s
Pulsation	ω	Tours par seconde	1/s	$\omega = 2\pi f$
Vitesse de rotation	<i>n</i>	Tours par seconde	1/s	
Mécanique				
Densité	ρ	Kilogramme par mètre cube	kg/m ³	
Vitesse	<i>v</i>	Mètre par seconde	m/s	
Accélération	<i>a</i>	Mètre par seconde au carré	m/s ²	
Force	<i>F</i>	Newton	N	1 N = 1 kgm/s ²
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 ² = 10 ⁻⁵ 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 ² /s ²
Couple	<i>T</i>	Newton mètre	Nm	1 Nm = 1 kgm ² /s ²
Puissance	<i>P</i>	Watt	W	1 W = 1 Nm/s = 1 J/s
Chaleur				
Température	ϑ	Degré Celsius	°C	$\vartheta = T - T_0$ avec $T_0 = 273.15$ K
Différence de température	ΔT $\Delta \vartheta$	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	ϕ	Watt	W	1 W = 1 Nm/s = 1 J/s
Electricité				
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.	θ	Ampère	A	Ampères-tours de la bobine
Résistance électr.	<i>R</i>	Ohm	Ω	1 Ω = 1 V/A
Conductance électr.	<i>G</i>	Siemens	S	G = 1/R 1 S = 1 A/V = 1/ Ω

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
Electricité				
Conductivité électr.	κ	Siemens par mètre	S/m	$\kappa = 1/\rho$
Résistance él. spéc.	P	Ohm mètre	Ωm	$1 \Omega\text{m} = 1 \text{Vm/A}$
Flux magnétique	Φ	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	Ω	
Réactance	X	Ohm	Ω	
Angle de déphasage	φ	Radian	rad	$1 \text{rad} = 1$

Grandeur	Symboles	Rapports/Remarques
Permittivité du vide	ϵ_0	$= 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$
Perméabilité magnétique	μ_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) $Z = \sqrt{R_w^2 + X_L^2}$
ϵ_r	Constante diélectrique relative		
$\text{tg}\delta$	Angle de perte		
φ	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) · 10⁻⁴

EPR (4 à 30) · 10⁻⁴

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

α_{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

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

α_{th} = coefficient de dilatation thermique

pour le cuivre: 16.2 · 10⁻⁶/K

pour l'aluminium: 23.8 · 10⁻⁶/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 ¹²	Billion	téra T
1 000 000 000 = 10 ⁹	Milliard	giga G
1 000 000 = 10 ⁶	Million	méga M
1 000 = 10 ³	Millier	kilo k
100 = 10 ²	Centaine	hecto h
10 = 10 ¹	Dizaine	déca da
0.1 = 10 ⁻¹	Dixième	déci d
0.01 = 10 ⁻²	Centième	centi c
0.001 = 10 ⁻³	Millième	milli m
0.000 001 = 10 ⁻⁶	Millionième	micro μ
0.000 000 001 = 10 ⁻⁹	Milliardième	nano n
0.000 000 000 001 = 10 ⁻¹²	Billionième	pico p