

Les fiches techniques

1

Les matériaux Les matériaux conducteurs



1 Matériaux conducteurs

Les matériaux conducteurs sont utilisés pour la construction des machines et des appareillages ainsi que pour les liaisons entre les appareils.

Leur résistivité doit être faible afin de les utiliser dans des conditions technico-économique acceptables.

Note : Capacité thermique massique appelée anciennement chaleur massique ρ .

1.1 Masse

La masse d'un conducteur est le produit du volume par sa masse volumique.

$$m = V \times \rho$$

m en kg ; V en m^3 ; ρ en kg/m^3 .

1.2 Dilatation

Sous l'effet de la chaleur, un corps métallique s'allonge. Le coefficient de dilatation linéique est donné pour un intervalle de température de 0° à 100° . Avec L_0 longueur à 0° C.

$$L_1 = L_0 (1 + \alpha_\ell \times \theta)$$

α_ℓ en C^{-1} , θ en $^\circ C$, L_1 et L_0 en m.

1.3 Capacité thermique massique

Un corps métallique emmagasine et restitue une énergie thermique. Le coefficient de capacité thermique massique représente la capacité du corps à absorber et stocker l'énergie.

$$W = mc (\theta_2 - \theta_1)$$

W en joule ; θ_2 : température finale en $^\circ C$;
 m en kg ; θ_1 : température initiale en $^\circ C$;
 c capacité thermique massique en $J/kg \cdot ^\circ C$.

1.4 Conductivité thermique

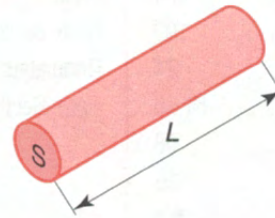
Un conducteur transmet la chaleur entre deux milieux soumis à des températures différentes.

La quantité de chaleur transmise par une paroi s'exprime par :

$$W = \frac{\lambda S (\theta_1 - \theta_2) \times t}{L}$$

W en joule ; t en seconde ; S en m^2 ; θ_1 : température finale ; L en m ; θ_2 : température initiale.
 λ conductivité thermique en $W/(m \cdot ^\circ C)$.

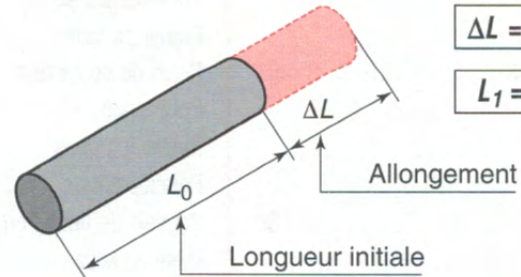
LOIS GÉNÉRALES



Volume :
 $V = S \times L$

Masse :
 $m = V \times \rho$

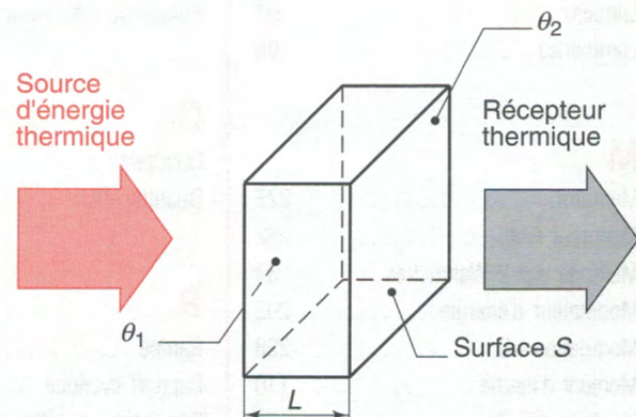
DILATATION



$$\Delta L = L_0 \times \alpha_\ell \theta$$

$$L_1 = L_0 + \Delta L$$

CONDUCTIVITÉ



EXEMPLE D'APPLICATION :

Un conducteur de volume 5 dm^3 et de longueur initiale $L_0 = 10 \text{ m}$ est porté à une température de $80^\circ C$.

Sa masse est $44,5 \text{ kg}$ s'il est en cuivre et 13 kg s'il est en aluminium.

Pour le cuivre, son allongement est de $13,6 \text{ mm}$ et de $19,2 \text{ mm}$ si le métal choisi est l'aluminium.

Pour le cuivre, l'énergie stockée est de $1\,015 \text{ J}$ et 724 J pour l'aluminium.

1.5 Résistivité d'un matériau

La résistivité croît avec la température du conducteur avec ρ_0 résistivité à 0 °C selon la loi :

$$\rho_\theta = \rho_0(1 + \alpha\theta)$$

ρ_θ et ρ_0 en $\Omega \cdot m$, α en $^{\circ}C^{-1}$ et θ en $^{\circ}C$.

Cette relation reste valable dans une plage de variation de 0 à 100 °C.

1.6 Résistance d'un conducteur

$$R = \rho \cdot L / s$$

R en Ω ; ρ en $\Omega \cdot m$; L en m ; s en m^2 .

RÉSISTIVITÉ EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE ($\times 10^{-8} \Omega \cdot m$)

Température en °C	0	20	40	50	100
Cuivre	1,6	1,72	1,85	1,91	2,22
Aluminium	2,42	2,63	2,84	2,94	3,46

EXEMPLE D'APPLICATION :

Une bobine de fil, de longueur 100 m, de section 2,5 mm² en cuivre, a une résistance de 0,688 Ω à 20 °C et 0,888 Ω à 100 °C.

Sa résistance serait de 1,384 Ω à 100 °C pour un fil en aluminium. Une barre de section de 120 mm² et de longueur 6 m possède une résistance de 0,86 m Ω à 20 °C, une résistance identique est obtenue par une barre d'aluminium de même longueur et de section 183 mm².

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DES MÉTAUX

Métaux	Symbole	Masse volumique ($\times 10^{-3}$ kg/m ³)	Coefficient de dilatation linéique α_l ($\times 10^{-6} ^{\circ}C^{-1}$)	Capacité thermique massique c (J/(kg.°C))	Conductivité thermique λ ($\times 10^2$ W/(m.°C))	Résistivité ρ ($\times 10^{-8} \Omega \cdot m$)	Coefficient de température α ($\times 10^{-4} ^{\circ}C^{-1}$)	Température de fusion (°C)	Température d'ébullition (°C)	Exemples d'emplois
Aluminium	Al	2,6	24	928	2,09	2,63	43	660	2 050	Conducteurs
Argent	Ag	10,53	20	230	4,18	1,59	41	960	2 210	Contacts
Berillium	Be	1,85	—	—	—	4	—	1 315	—	Alliages
Chrome	Cr	7,2	6,2	—	0,16	13	—	1 800	2 200	Résistances
Cuivre	Cu	8,9	17	380	3,85	1,72	39	1 083	2 310	Conducteurs
Étain	Sn	7,3	23	2 230	0,765	1,5	44	232	2 370	Soudure
Fer	Fe	7,84	12	435	0,627	10	50	1 530	3 235	Résistances
Manganèse	Mn	7,44	—	—	—	185	—	1 245	—	Alliages
Mercure	Hg	13,6	60	138	0,104	95,8	10	- 39	357	Contacts
Molybdène	Mo	10,2	14	418	1,463	5,8	—	2 625	3 700	Filaments
Nickel	Ni	8,9	14	435	0,961	6,8	54	1 455	2 700	Résistances
Or	Au	19,3	9	125	2,968	2,04	36	1 063	2 900	Contacts
Platine	Pt	21,5	9	—	0,711	10,6	39	1 770	4 300	Contacts
Plomb	Pb	11,36	5	1 279	0,334	22	39	327	1 610	Soudure
Tungstène	W	19,3	4	138	2,01	5,5	48	3 410	5 900	Filaments
Zinc	Zn	7,15	30	91	0,27	5,8	35	419	930	Alliages
Alliages pour résistances	Capacité thermique massique c (J/(kg.°C))		Résistivité ($\times 10^{-8} \Omega \cdot m$)		Coefficient de température α ($\times 10^{-8} ^{\circ}C$)		Température de fusion (°C)		Température d'utilisation (°C)	
Acier inoxydable	—		70 à 74		0,7 à 0,9		1 400		350 à 500	
Maillechort	0,095		30 à 35		0,25 à 0,35		1 000		250	
Constantan	0,1		48 à 50		0,01		1 250		300	

L'industrie électrique utilise de nombreux alliages de cuivre, de bronze (cuivre et étain), de laiton (cuivre et zinc) ainsi que le cuivre possédant une bonne résistance mécanique et des caractéristiques électriques moyennes pour réaliser les contacts glissants (les caténaires, les pantographes). Ces alliages sont à base de cuivre additionné de quelques % d'argent ou de chrome, de béryllium, de cadmium, de tellure, de nickel.