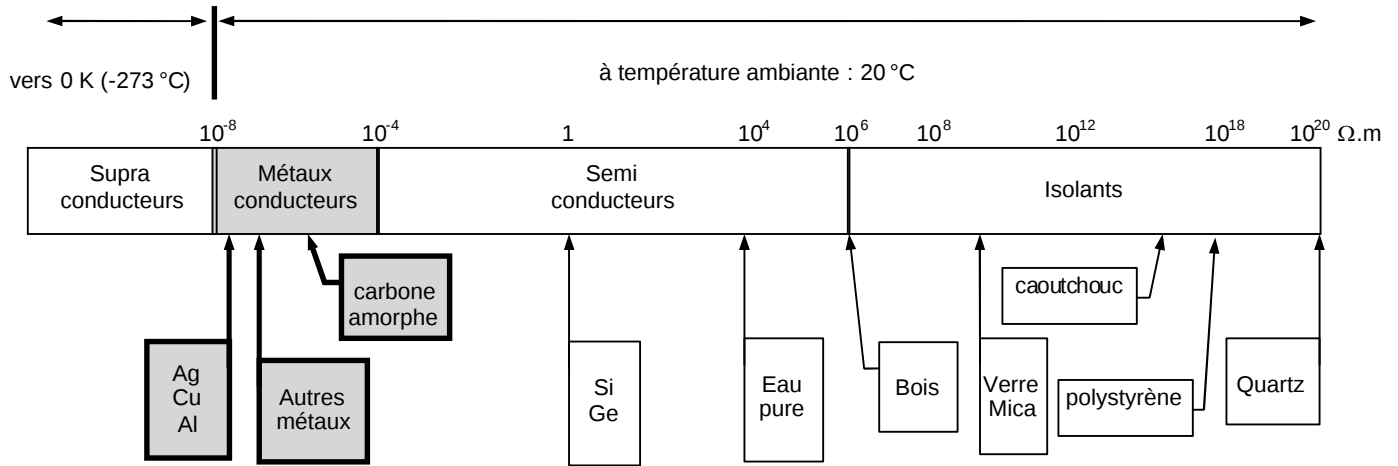


2. MATERIAUX CONDUCTEURS

2.1. Echelle des résistivités

Les matériaux supraconducteurs sont des conducteurs qui, en dessous d'une certaine température critique (-148°C pour la plus élevée connue actuellement), ne présentent plus aucune résistance au passage du courant (résistivité électrique nulle).



2.2. Lexique

METAUX USUELS (éléments de transition)						NON METAUX	
Al	Aluminium	Sn	étain	Au	Or	C	Carbone
Ag	Argent	Fe	fer	Pt	platine	Ge	germanium
Cr	Chrome	Hg	mercure	Pb	plomb	O	Oxygène
Co	Cobalt	Mo	molybdène	W	tungstène	P	phosphore
Cu	Cuivre	Ni	nickel	Zn	zinc	Si	silicium

Fontes : fer (92 %) + 2 à 5 % de carbone + impuretés

Aciers : fer (97 % min) + 0,05 à 1,5 % de C + traitements thermiques

bronzes : Cu + $\approx 10\%$ de Sn

Laitons : Cu + $\approx 50\%$ de Zinc

Constantan : Cu + Ni

2.3. Propriétés physiques

Les conducteurs électriques sont essentiellement des métaux ou des alliages métalliques. Ils possèdent tous à peu près les caractéristiques suivantes :

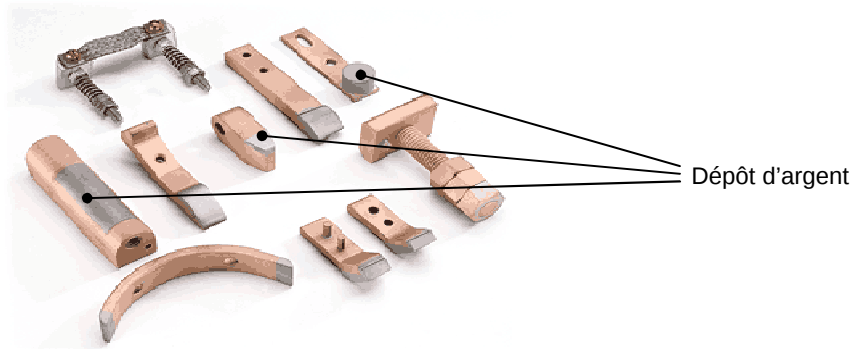
- faible résistivité électrique : $< 10^{-6} \Omega\text{m}$ (≈ 1 million de milliard fois plus pour les isolants)
- bonne conductivité thermique : $\approx 100 \text{ W/(m}^{\circ}\text{C)}$ (≈ 500 fois moins pour les isolants)
- solide de grande dureté sauf pour le mercure (liquide), le sodium et le plomb
- densité élevée : ≈ 10 sauf pour **Al** : 2,6 et **Au, Pt et W** : ≈ 20
- influence importante de la température sur :
 - . la résistivité : **40 % en plus** pour 100°C d'élévation
 - . la dilatation linéique : **qq. mm/m** pour 100°C d'élévation
- influence importante de la fréquence sur la résistivité : **effet de peau** : en alternatif, le courant n'utilise pas la totalité de la section du conducteur mais a tendance à circuler sur sa périphérie. Ce phénomène se traduit par l'augmentation de la résistance du conducteur. C'est la raison pour laquelle on fractionne le câble en plusieurs brins (fil de Litz en HF).

2.4. Bobinages de machines et câbles électriques

Les moins résistifs et les plus économiques sont le **cuivre et l'aluminium**. Ce dernier, étant quasiment 2 fois plus résistif mais 3 fois plus léger, est utilisé pour les lignes de transport haute tension.

2.5. Amélioration des contacts électriques

Le platine, l'or et surtout l'argent, qui ont une très bonne résistivité, et qui sont difficilement altérable (par choc, par corrosion ou par arc électrique) sont déposés en surface du cuivre ou de l'aluminium pour améliorer les résistances de contact et la durée de vie des fusibles, des bras de sectionneur HT, des contacteurs...



2.6. Câblage et soudure

L'étain et le plomb, grâce à leur faible température de fusion sont utilisés pour le câblage des circuits imprimés.

En micro-électronique, on utilise l'argent pour braser les « puces », et l'or ou l'aluminium pour effectuer le câblage par fils de très faible diamètre (bondings de 10 à 500 μ).

2.7. Contacts glissants

Le carbone amorphe (« charbon ») entre dans la constitution des balais de machines à courant continu et de machines synchrones ou asynchrones. Malgré sa résistivité médiocre, il n'altère pas les bagues ou collecteurs tournants et présentent une bonne résistance de contact.

Le bronze est utilisé dans les contacts avec les caténaires.

2.8. Résistances bobinées

Il faut une résistivité plus élevée que pour les câbles ($\approx 100 \cdot 10^{-8}$). On les atteint avec des alliages :

- Fe Cu Ni (maillechort)
- Ni Cr
- Fe Ni Cr
- Fe Cr Al

2.9. Lampes à incandescence

Le tungstène, grâce à sa température de fusion élevée (3400 °C), constitue le filament des lampes à incandescence.

2.10. Lampes à décharges

Le mercure et le sodium, sous forme de vapeur, émettent un rayonnement lumineux.

2.11. Sondes de température

thermocouple : plages de [-185 °C , 300 °C] à [20 °C , 2300 °C] : la jonction de 2 métaux différents (fer, cuivre, platine...) génère une tension fonction de la température.

thermorésistance : plages de [0 °C , 200 °C] à [600 °C , 850 °C] : le plus souvent en fil de platine (sonde PT 100). La résistance, parcourue par un courant connu, génère une tension fonction de la température.

CARACTERISTIQUES DES METAUX CONDUCTEURS

Désignation et composition	Masse volumique (Kg /m ³)	Température de fusion (°C)	Conductivité thermique (W/(m.K))	Coefficient dilatation thermique (10 ⁻⁶ /°C)	Résistivité à 20°C (10 ⁻⁸ Ω.m)	Coefficient de température (10 ⁻⁴ /°C)	Résistance à la rupture (N/mm ²)	Allongement (%)	Dureté (H.B.)	Propriétés et emploi
Argent -- Ag	10,5	960	408	20	1,6	38	157		55	Excellentes propriétés électriques. Grande résistance à l'oxydation. Allié au Cd, Ni : contacts électriques. Fusibles. Elément d'alliage du cuivre et du tungstène.
Cuivre -- Cu	8,9	1085	400	17	1,7	39	25 à 30	10 à 40	50 à 90	bon conducteur. Ductile, malléable (laminage, filage, emboutissage, pliage...). Pur ou faiblement allié : fils, câbles, barres, lames collecteur, caténaires, bagues de moteurs, appareillages en alliages ... alliages : laitons, bronzes, maillechort, constantan
Or -- Au	19,3	1064		19	2,1	30			36	Métal rare. Inaltérable et inoxydable Câblage microélectronique. Contacts.
Aluminium -- Al	2,7	660	222	23	2,8	43	80 à 170	1 à 45	15 à 45	Très léger. Protégé par la faible couche d'alumine qui se forme à sa surface. Très malléable (moulage, laminage, filage, emboutissage, pliage, usinage...). Câbles, câbles aériens, barres, cages de moteur
Sodium -- Na	1	98	134	71	4,2					Très mou, léger. Très réactif avec l'eau. Fluide caloporteur. Lampes à décharge
Rhodium -- Rh	12,4	1960	88	8	4,5					Très rare (3 tonnes/an). Inaltérable et difficile à travailler. Thermocouple. Contacts électriques.
Tungstène -- W	19,1	3410	201	4	5,5	48	900		34 0	Très dur. Grande résistance à température très élevée. Filaments de lampes à incandescence. Contacts électriques (alliés avec Cu et à Al).
Zinc -- Zn	7,1	420	113	29	5,9	42				Malléable à chaud (150 °C). Protégé par la faible couche d'oxyde qui se forme à sa surface. Revêtement anti-corrosion. Allié au cuivre dans les laitons.
Cadmium -- Cd	8,7	320	92	7	6,8	38	50			Bonne résistance à la corrosion. Toxique. Batterie nickel-cadmium
Nickel -- Ni	8,9	1455	92	13	6,8	47			15 5	Bonne dureté. Inoxydable. Allié au fer (matériaux magnétiques, acier inoxydable). Batterie nickel-cadmium. Thermocouples. Résistances.
Fer -- Fe	7,9	1540	75	12	9,7	55				Facilement oxydable, magnétique. Grand nombre d'alliages : , maillechort, constantan, aciers. Matériau magnétique. Résistances.
Platine -- Pt	21,5	1773	71	89	10	48	180		70	Très Bonne résistance à la corrosion et à l'arc électrique. Grande dureté. Contacts. Electrodes. Thermocouple. Thermorésistance
Etain -- Sn	7,3	232	27		11,5	43	80			Faible température de fusion. Allié au cuivre dans les laitons et au plomb pour les soudures électriques.
Plomb -- Pb	11,3	327	35	29	21	42	50			Mou, ductile et malléable. Bonne résistance à la corrosion. Toxique. Batteries. Soudures électriques. Armure de câbles électriques.
Mercure -- Hg	13,6	-39			96	9	xxx	xx	xx	Liquide à température ambiante. Toxique. Contacts électriques. Tubes fluorescents. Lampes à vapeur de mercure.

CARACTERISTIQUES DES ALLIAGES METALLIQUES CONDUCTEURS

Désignation et composition	Masse volumique (Kg / m ³)	Température de fusion (°C)	Conductivité thermique (W/(m.K))	Coefficient dilatation thermique (10 ⁻⁶ /°C)	Résistivité à 20 °C (10 ⁻⁸ Ω.m)	Coefficient de température (10 ⁻⁴ /°C)	Résistance à la rupture (N/mm ²)	Allongement (%)	Dureté (H.B.)	Propriétés et emploi
Laitons Cu+15 à 40%Zn	≈ 8	≈ 940		18	6,5	10	300 à 600	10 à 45	50 à 80	résistance à l'oxydation. Emboutissage. Usinage. Petites pièces de matériels électriques. Cosses, douilles, culots, raccords..
Bronzes Cu+10% Sn+Zn Cu+10% Al+Zn	≈ 9	900		17	12 à 15	5	200 à 240	5 à 20	60 à 70	Moulage. Pièces moulées, pièces frottantes. collecteur, caténaires, portes balais
Constantan Cu+45% Ni		1240			49	0	320	6		Résistivité indépendante de la température. Thermocouples. Appareils de mesure.
maillechort Cu+25% Ni+25%Zn	8,5	1000		23	30 à 50	2,5	520	1 à 45	140	Malléable, ductile, inaltérable. Usinable, résistant à la rupture. Résistivité importante résistances, ressorts conducteurs