

# Matériaux en Electrotechnique

## Introduction

### 1) Classification

#### Matériaux conducteurs

- conducteurs électriques
- le cuivre et l'aluminium pour les conducteurs électriques.

#### Matériaux semi-conducteurs

- Interrupteurs électroniques de puissance
- le silicium pour les composants d'électronique de puissance.

#### Matériaux magnétiques

- circuits magnétiques aimants permanents
- le fer pour les circuits magnétiques.

#### Matériaux isolants

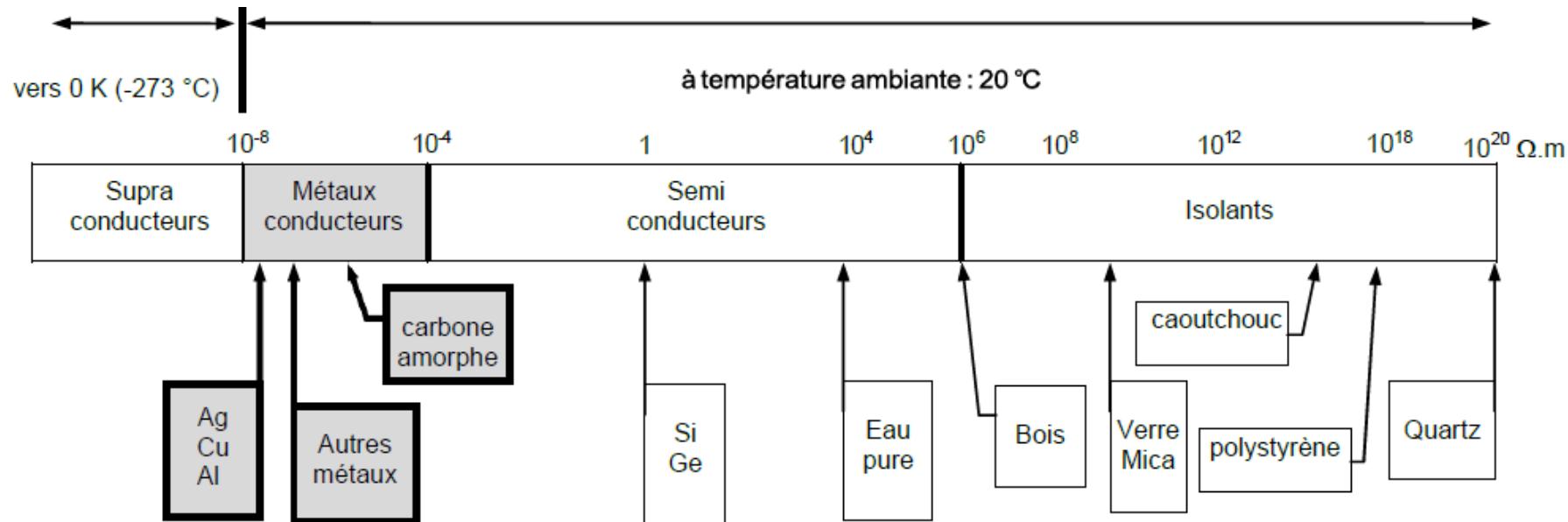
- isolants électriques
- la silice (oxyde de silicium), le bois et les dérivés du pétrole pour les isolants électriques.

Le choix de ces matériaux dépend, en premier lieu de leurs **propriétés électriques** (**résistivité, perméabilité, constante diélectrique...**) et de leur coût, mais aussi de leurs **propriétés physiques et mécaniques** (**densité, dilatation, point de fusion, sensibilité à la corrosion, dureté, élasticité...**).

# Matériaux en Electrotechnique

## Matériaux conducteurs

### 1) Echelle des résistivités



### METAUX USUELS (éléments de transition)

Al	Aluminium	Sn	étain	Au	Or
Ag	Argent	Fe	fer	Pt	platine
Cr	Chrome	Hg	mercure	Pb	plomb
Co	Cobalt	Mo	molybdène	W	tungstène
Cu	Cuivre	Ni	nickel	Zn	zinc

Material	Resistivity (Ω-m) at 20°C
Silver	$1.59 \times 10^{-8}$
Copper	$1.68 \times 10^{-8}$
Gold	$2.44 \times 10^{-8}$
Aluminum	$2.82 \times 10^{-8}$

# Matériaux en Electrotechnique

## Matériaux conducteurs

### 2) Propriétés physiques

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

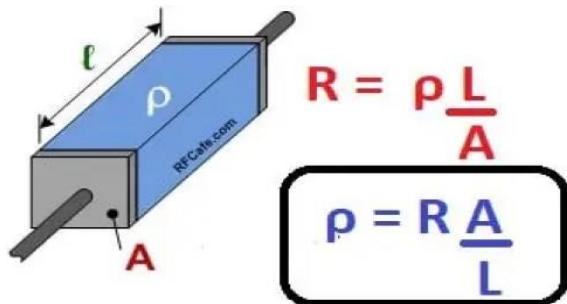
- faible résistivité électrique :  $< 10^{-6} \Omega\text{m}$  ( $\approx$ 1 million de milliard fois plus pour les isolants),
- bonne conductivité thermique :  $\approx 100 \text{ W}/(\text{m}^\circ\text{C})$  ( $\approx$  500 fois moins pour les isolants),
- solide de grande dureté sauf pour le mercure (liquide), le sodium et le plomb,
- densité élevée :  $\approx 10 \text{ (g/cm}^3)$  (Near room temperature) sauf pour Al :  $\approx 2,7 \text{ (g/cm}^3)$  et Au, Pt et W :  $\approx 20 \text{ (g/cm}^3)$  .

# Matériaux en Electrotechnique

## Matériaux conducteurs

### 2) Propriétés physiques

- influence importante de la température sur :
  - la résistivité : **40 % en plus** pour 100 °C d'élévation,



$$R = R_{\text{ref}} [1 + \alpha(T - T_{\text{ref}})]$$

Where,

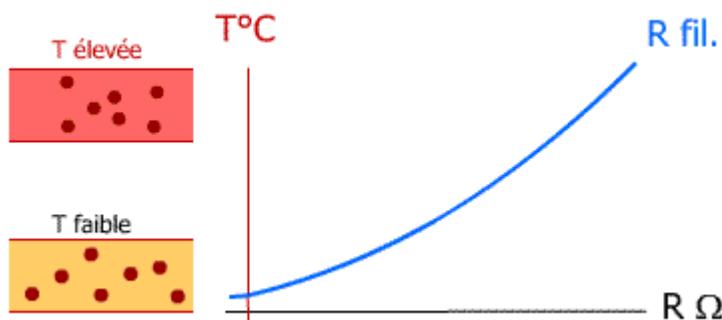
$R$  = Conductor resistance at temperature “T”

$R_{\text{ref}}$  = Conductor resistance at reference temperature  $T_{\text{ref}}$ , usually 20°C, but sometimes 0°C.

$\alpha$  = Temperature coefficient of resistance for conductor material.

$T$  = Conductor temperature in degrees Celcius.

$T_{\text{ref}}$  = Reference temperature that  $\alpha$  is specified at for the conductor material



# Matériaux en Electrotechnique

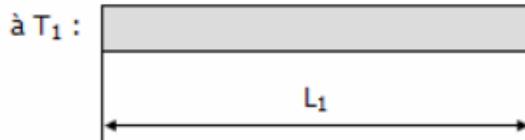
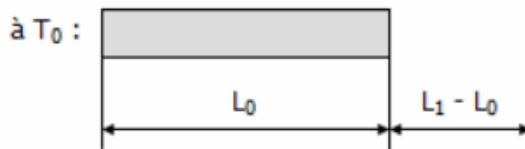
## Matériaux conducteurs

### 2) Propriétés physiques

- influence importante de la température sur :
  - la dilatation linéique : **qq. mm/m** pour 100 °C d'élévation

#### Exemple :

La dilatation d'un solide de longueur  $L_0$ .



$$L_1 - L_0 = \alpha \times L_0 \times (T_1 - T_0)$$

$$\Delta L = \alpha \times L_0 \times \Delta T$$

$\alpha$  : coefficient de dilatation linéaire ( $K^{-1}$ ) du solide.

#### Exemple :

Dilatation d'un rail (en acier) de longueur  $L_0 = 18$  m entre l'été ( $T_1 = 40$  °C) et l'hiver ( $T_0 = 0$  °C).

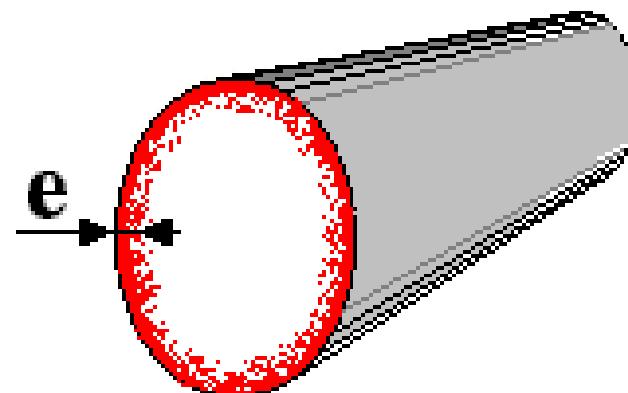
Matériaux	Coefficient de dilatation linéaire $\alpha$ ( $K^{-1}$ )
Acier	$11 \times 10^{-6}$

$$\begin{aligned}\Delta L &= \alpha \times L_0 \times \Delta T \\ &= 11 \times 10^{-6} \times 18 \times (40 - 0) \\ &= 11 \times 10^{-6} \times 18 \times 40 \\ &= 0,00792 \text{ m} \\ &\approx 0,8 \text{ cm}\end{aligned}$$

### 2) Propriétés physiques

- 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).

$$e = \frac{1}{\sqrt{\frac{\pi \cdot \mu_0 \mu_r \cdot f}{\rho}}}$$



$\mu_0$  : perméabilité magnétique du vide ( $4\pi \cdot 10^{-7}$ )

$\mu_r$  : perméabilité magnétique relative du conducteur (on prendra **1** pour le cuivre)

f : fréquence en Hz : résistivité du conducteur en  **$\Omega \cdot m$**  ( $1.68 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$  pour le cuivre)

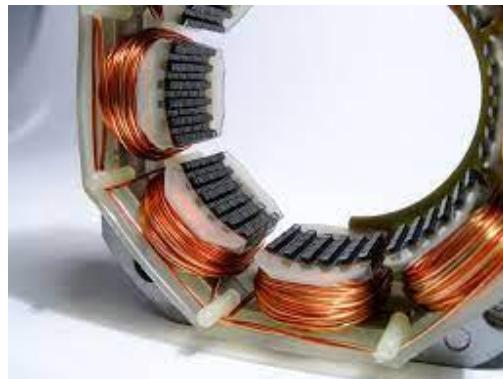
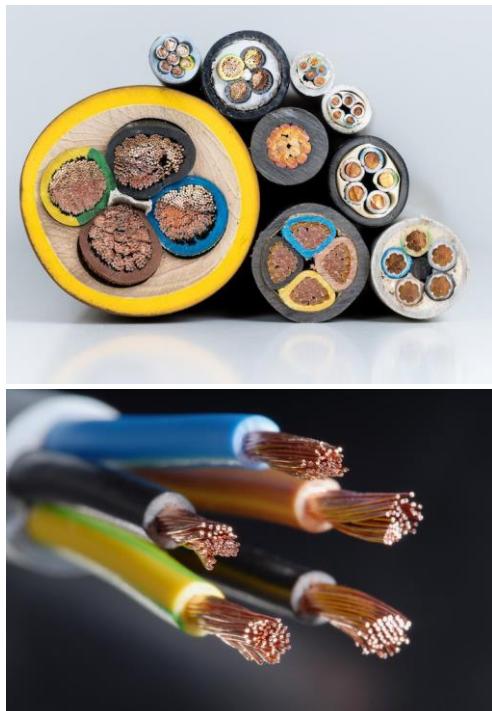
La résistance d'un conducteur en HF est plus importante qu'en continu.

# Matériaux en Electrotechnique

## Matériaux conducteurs

### 3) 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 et bobinages des machines électriques.

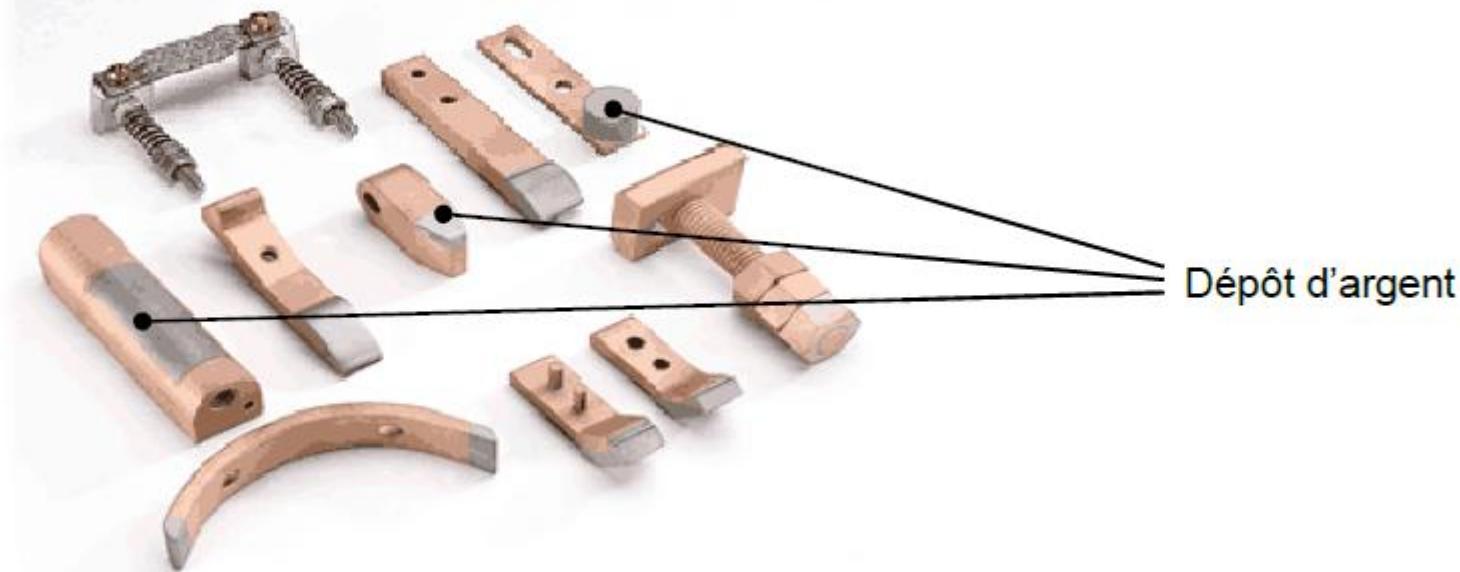


- Circuit magnétique
- Têtes de bobines
- Encoches

## Matériaux conducteurs

### 4) 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...

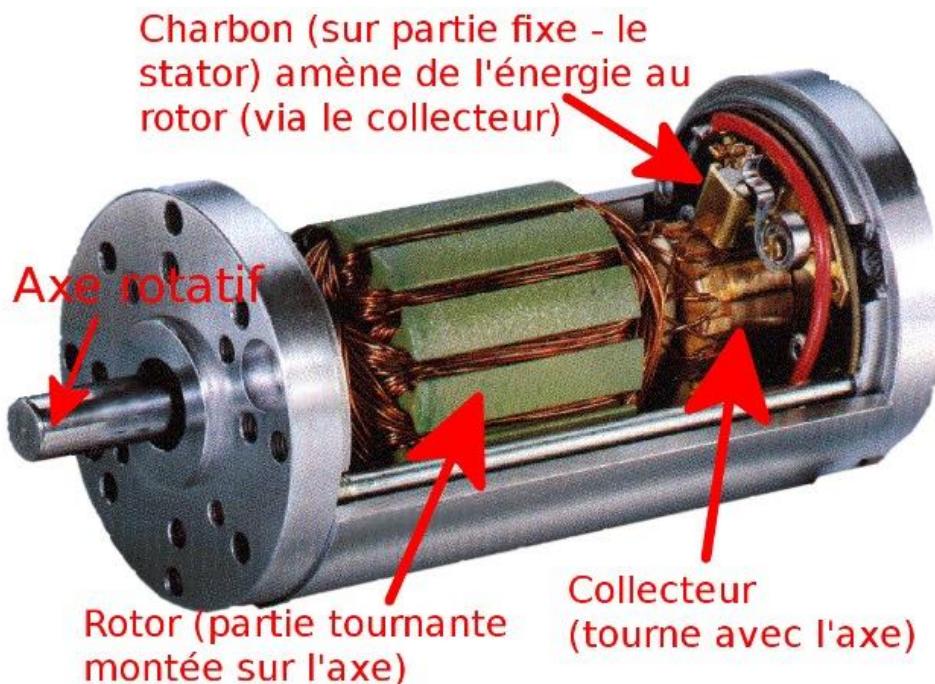


# Matériaux en Electrotechnique

## Matériaux conducteurs

### 5) 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.



Cette bague est équipée d'un kit **charbon** pour assurer une longue durée de vie et une performance optimale. Les contacts cuivre permettent une transmission stable et fiable du courant nominal.