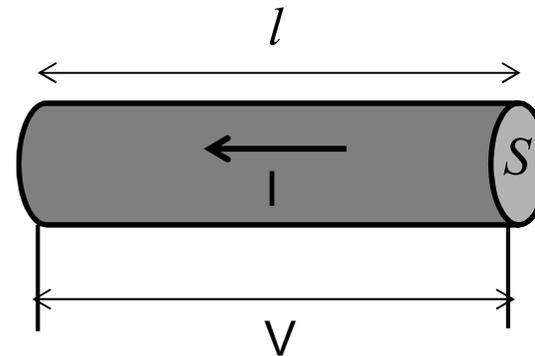
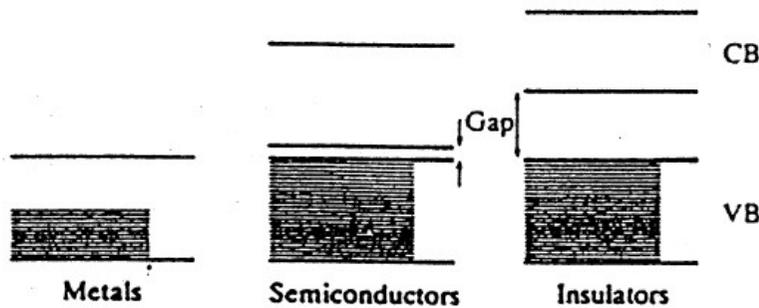


# Principales propriétés des matériaux

➤ Propriétés conductrices

- Résistivité → dans quelle mesure un matériau est résistant au passage d'un courant électrique



Loi d'Ohm :  $V = RI$  avec **R** : résistance ( $\Omega$ )

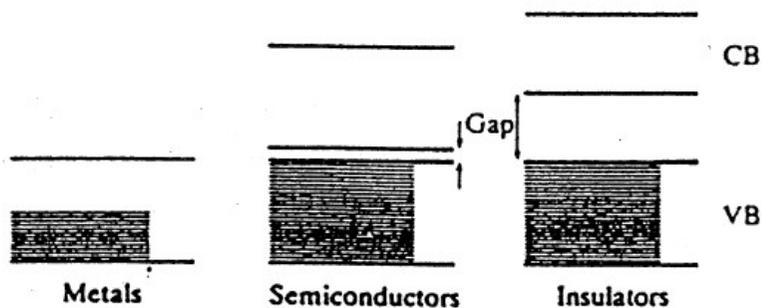
↳  $\rho$  : résistivité électrique ( $\Omega \cdot m$ )  $R = \rho \frac{l}{S}$  ↗ mesure avec ohmmètre  
↘  $\rho = f(T)$

↳  $\sigma$  : conductibilité électrique ( $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ )  $\sigma = \frac{1}{\rho}$

# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés conductrices

- Résistivité → dans quelle mesure un matériau est résistant au passage d'un courant électrique



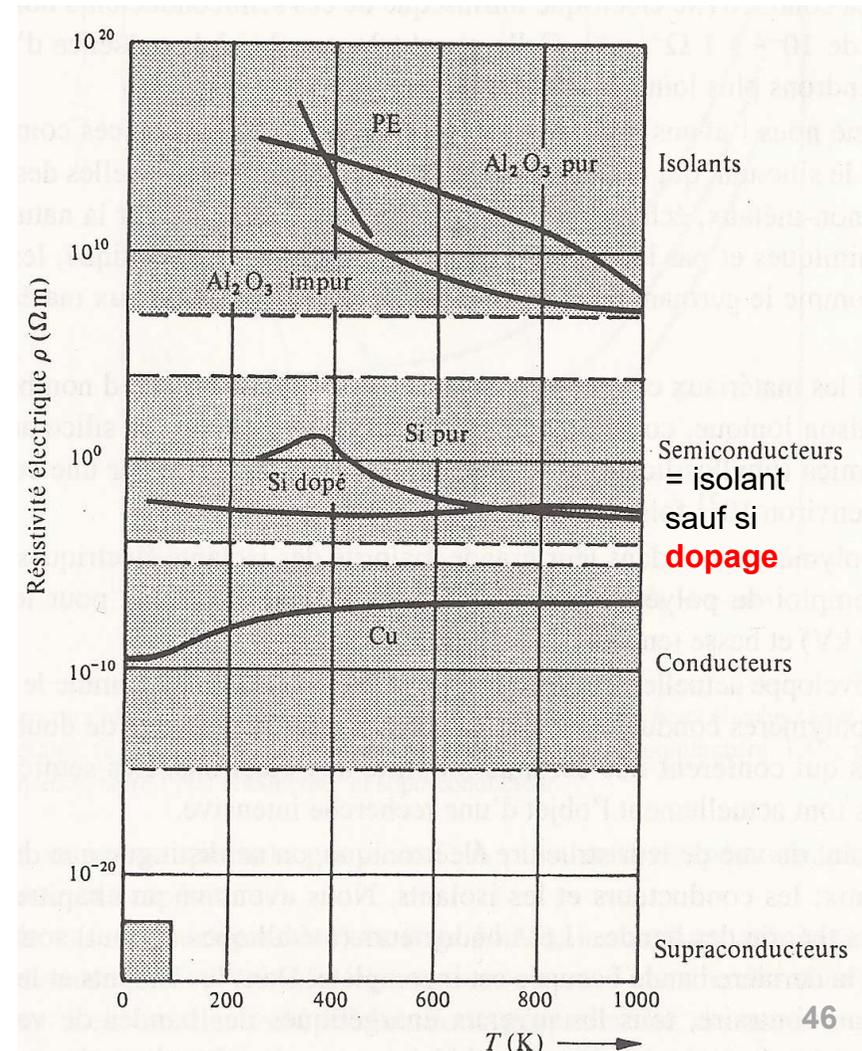
## ▪ Influence de la température :

$$\rho = \rho_0(1 + \beta\Delta T)$$

$$\Delta T = T - T_0$$

$\rho_0$  : résistivité à  $T_0$

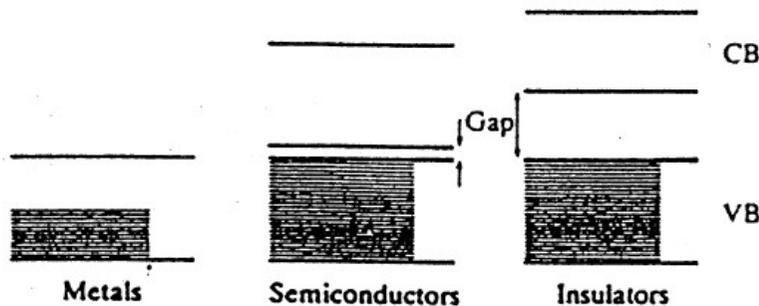
$\beta$  : coeff. de variation de la résistivité avec la température



# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés conductrices

- Résistivité → dans quelle mesure un matériau est résistant au passage d'un courant électrique



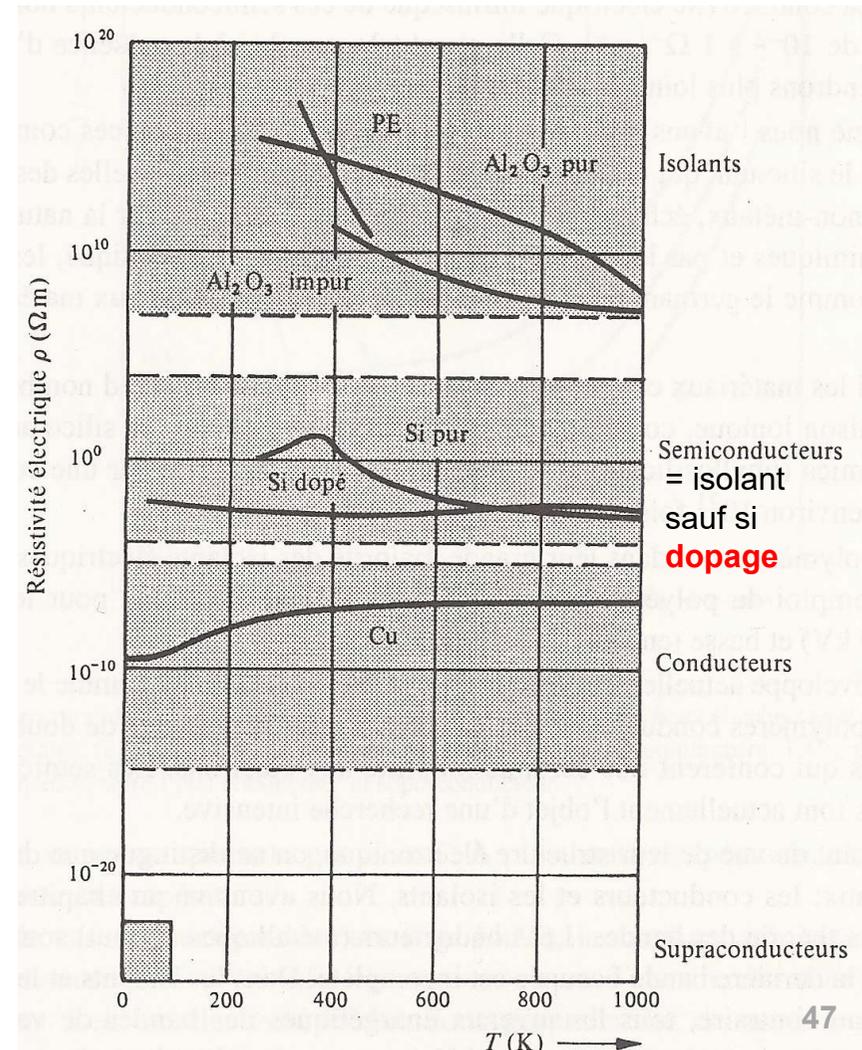
- Influence de la composition : règle de Matthiessen (cas des alliages en solution solide très diluée)

$$\rho_a = \rho_M + \rho_C$$

$\rho_a$  : résistivité de l'alliage

$\rho_M$  : résistivité du métal pur

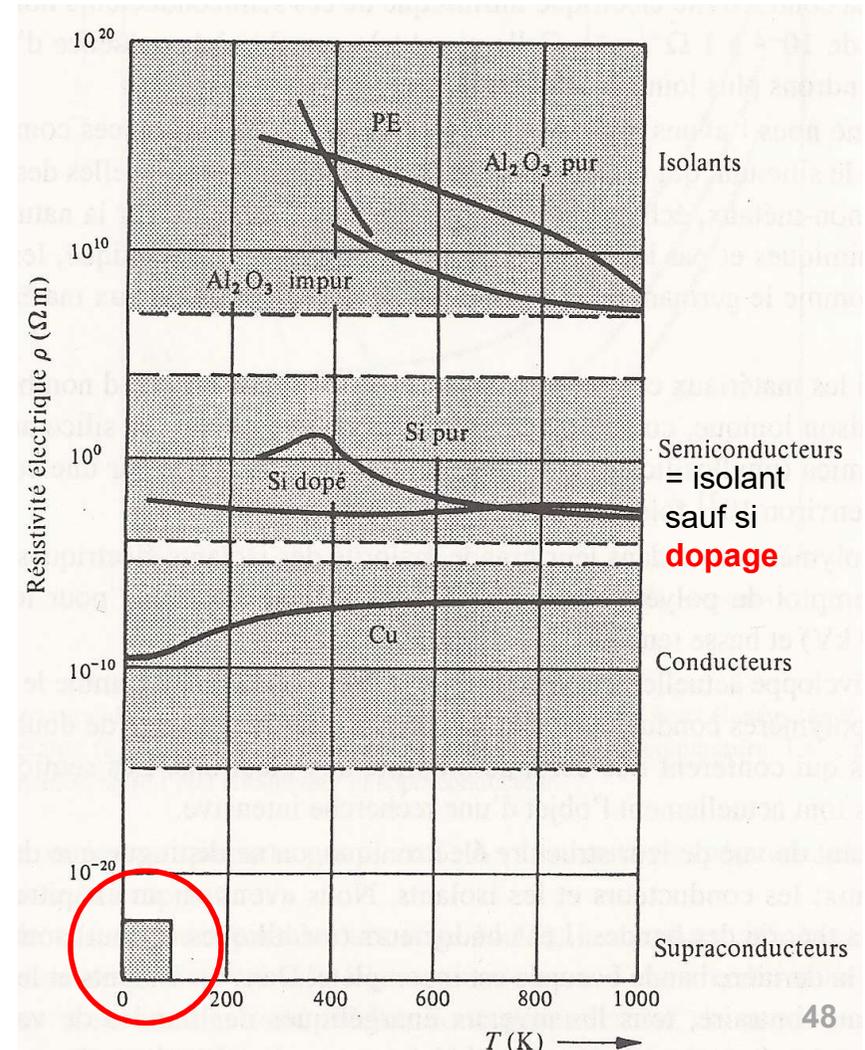
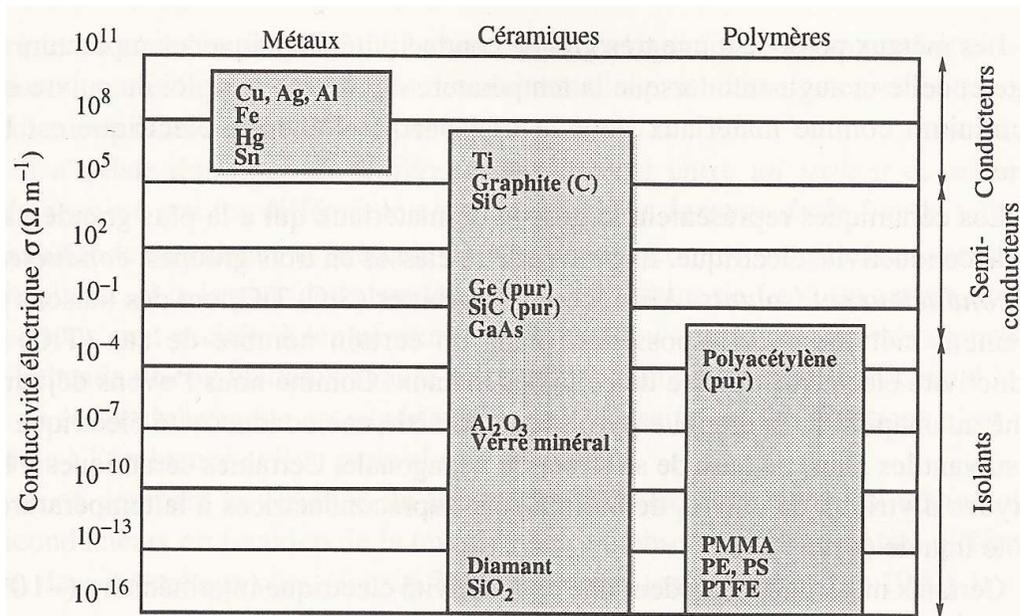
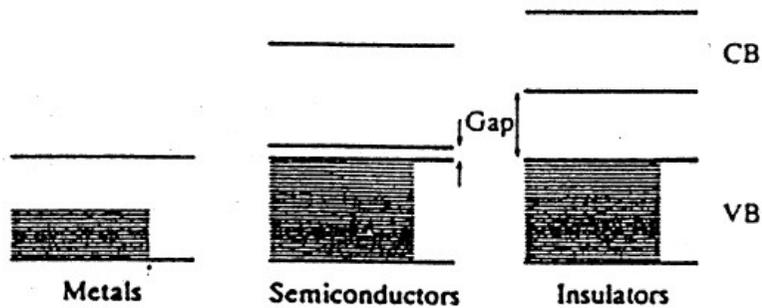
$\rho_C$  : résistivité additionnelle due à la présence des atomes étrangers en concentration C



# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés conductrices

- Résistivité → dans quelle mesure un matériau est résistant au passage d'un courant électrique



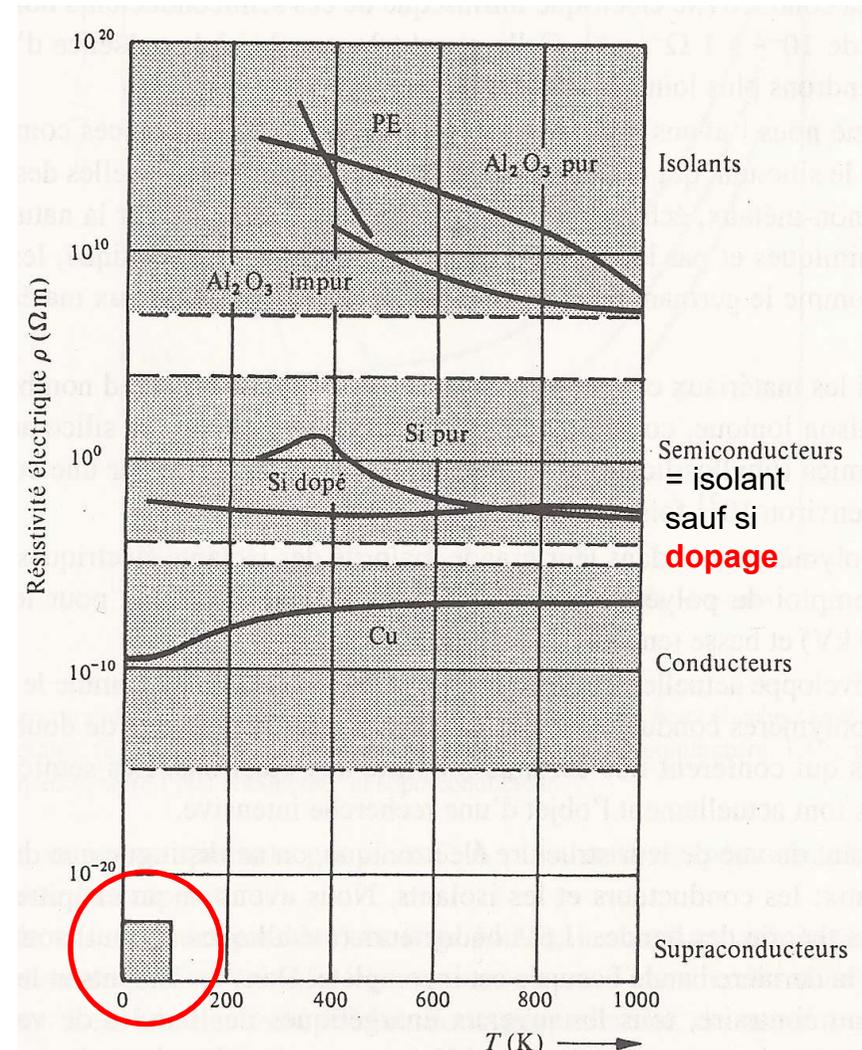
# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés conductrices

- Résistivité → dans quelle mesure un matériau est résistant au passage d'un courant électrique



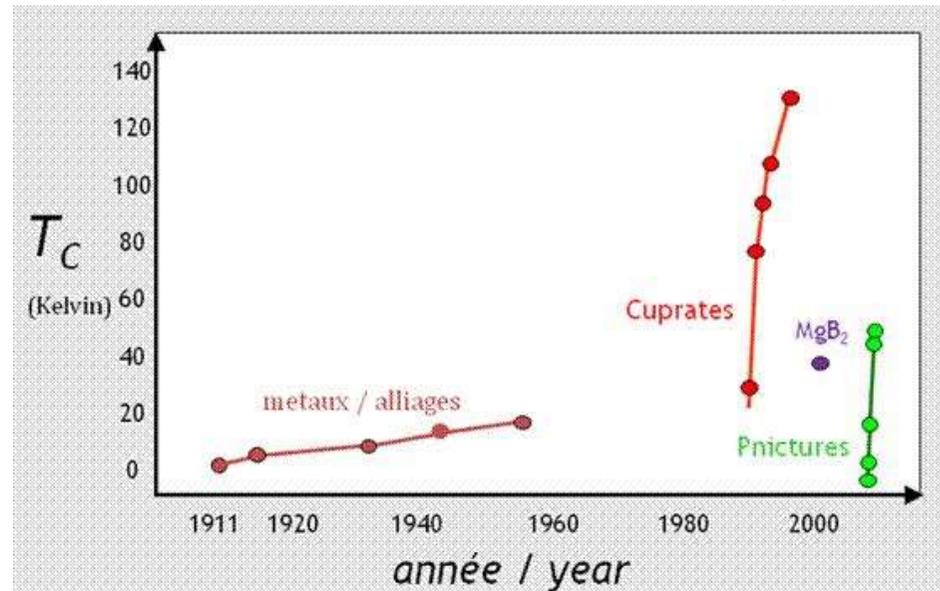
Absence résistivité électrique → expulsion du champ magnétique du **matériau supraconducteur** = effet Meissner  
⇒ Aimant en lévitation magnétique au-dessus d'un supraconducteur



# Principales propriétés des matériaux

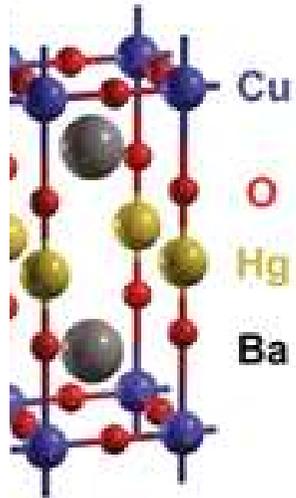
## ➤ Propriétés conductrices

- Résistivité → dans quelle mesure un matériau est résistant au passage d'un courant électrique

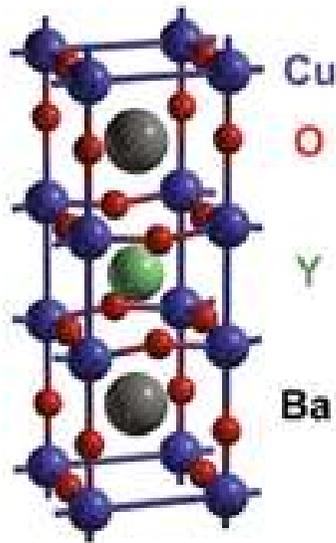


# Principales propriétés des matériaux

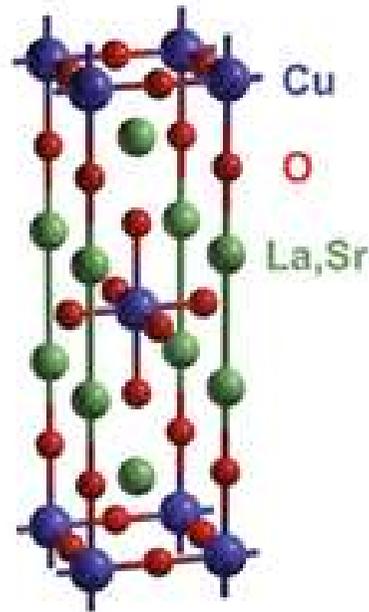
$\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+\delta}$   
(Hg1201)



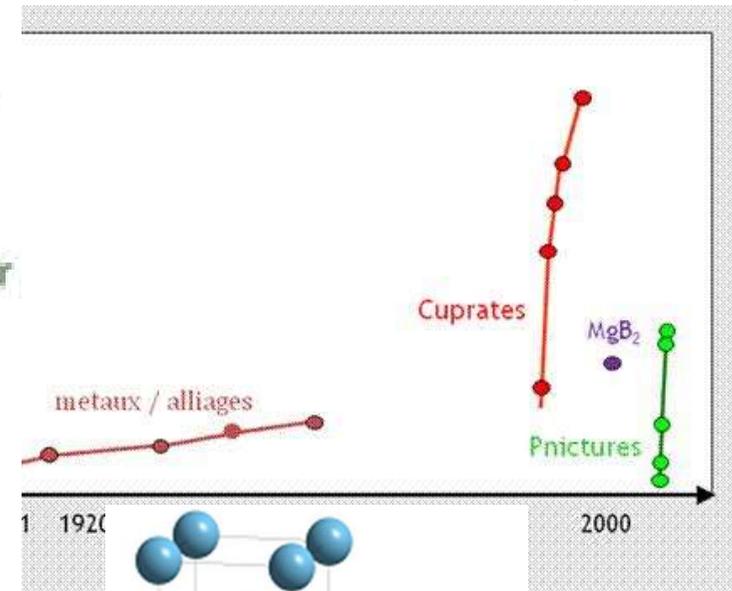
$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+\delta}$   
(YBCO)



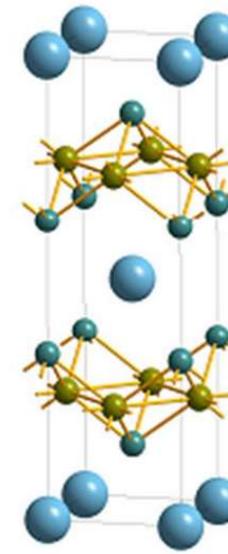
$\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$   
(LSCO)



matériau est résistant au passage d'un



IUT Mesures Physiq

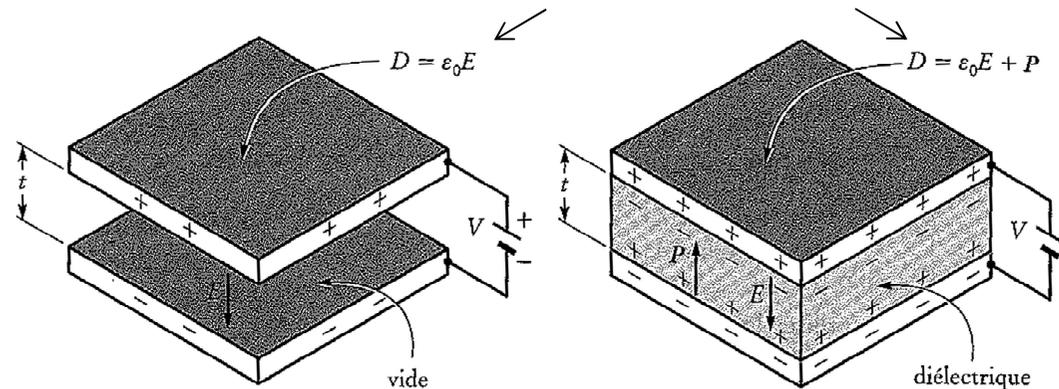


# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés diélectriques

- matériau diélectrique = pas de charges électriques susceptibles de se déplacer dans le matériau (donc isolant) MAIS atomes qui constituent le matériau = dipôles électrostatiques → interaction avec un champ électrique = création d'une polarisation

Densité superficielle des charges électriques ( $C/m^2$ ) :



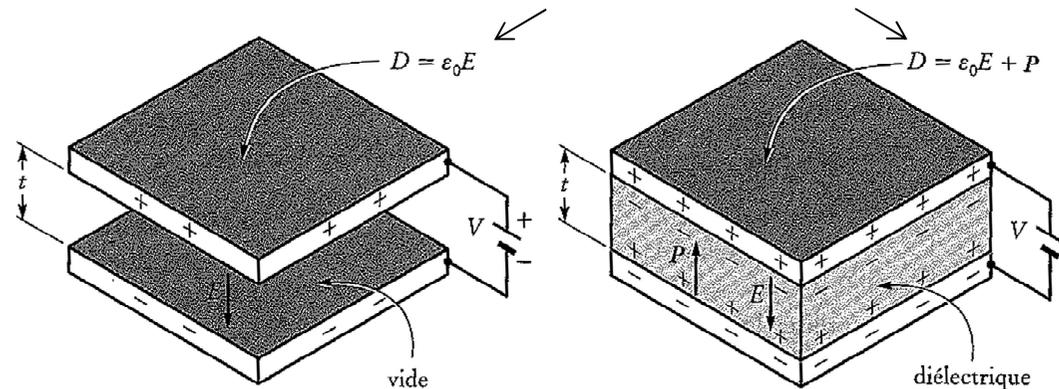
$$D = \epsilon E$$

# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés diélectriques

- matériau diélectrique = pas de charges électriques susceptibles de se déplacer dans le matériau (donc isolant) MAIS atomes qui constituent le matériau = dipôles électrostatiques → interaction avec un champ électrique = création d'une polarisation

Densité superficielle des charges électriques (C/m<sup>2</sup>) :



$$D = \epsilon E$$

$\epsilon_0$  : permittivité électrique du vide ( $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ C.V}^{-1}.\text{m}^{-1}$ )

$\epsilon$  : permittivité électrique du diélectrique

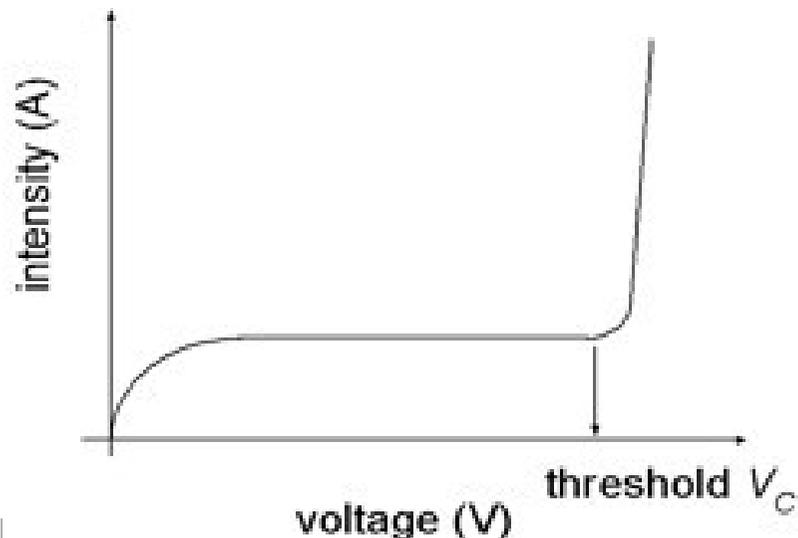
↳  $\epsilon_r$  : constante diélectrique

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés diélectriques

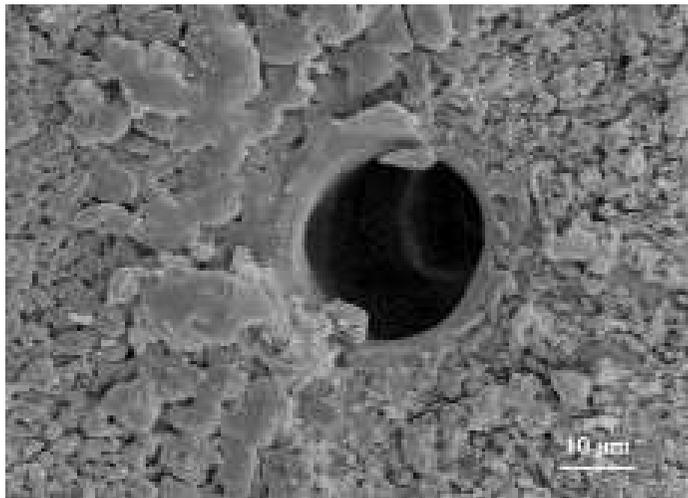
- matériau diélectrique = pas de charges électriques susceptibles de se déplacer dans le matériau (donc isolant) MAIS atomes qui constituent le matériau = dipôles électrostatiques → interaction avec un champ électrique = création d'une polarisation
- grandeur associée : **rigidité diélectrique** ou **tension de claquage** = valeur maximum du champ électrique que le milieu peut supporter avant le déclenchement d'un arc électrique



# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés diélectriques

- matériau diélectrique = pas de charges électriques susceptibles de se déplacer dans le matériau (donc isolant) MAIS atomes qui constituent le matériau = dipôles électrostatiques → interaction avec un champ électrique = création d'une polarisation
- grandeur associée : **rigidité diélectrique** ou **tension de claquage** = valeur maximum du champ électrique que le milieu peut supporter avant le déclenchement d'un arc électrique



*Cratère de claquage d'une alumine polycristalline*



# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés diélectriques

- matériau diélectrique = pas de charges électriques susceptibles de se déplacer dans le matériau (donc isolant) MAIS atomes qui constituent le matériau = dipôles électrostatiques → interaction avec un champ électrique = création d'une polarisation
- grandeur associée : **rigidité diélectrique** ou **tension de claquage** = valeur maximum du champ électrique que le milieu peut supporter avant le déclenchement d'un arc électrique

MATERIAL	RESISTIVITY (20° C) ohm·m	DIELECTRIC STRENGTH,* V/mm
<b>Ceramic Materials</b>		
Soda-lime glass	10 <sup>13</sup>	10,000
Pyrex glass	10 <sup>14</sup>	14,000
Fused silica	10 <sup>17</sup>	10,000
Mica	10 <sup>11</sup>	40,000
Steatite porcelain	10 <sup>12</sup>	12,000
Mullite porcelain	10 <sup>11</sup>	12,000
<b>Polymeric Materials</b>		
Polyethylene	10 <sup>13</sup> – 10 <sup>16</sup>	20,000
Polystyrene	10 <sup>16</sup>	20,000
Polyvinyl chloride	10 <sup>14</sup>	40,000
Natural rubber	—	16,000–24,000
Polybutadiene	—	16,000–24,000
Phenol-formaldehyde	10 <sup>10</sup>	12,000

\* Not constant with thickness.

# Principales propriétés des matériaux

---

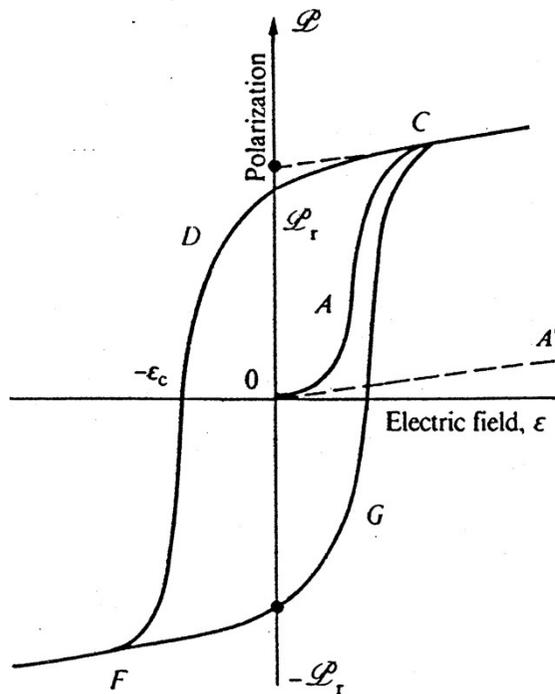
## ➤ Propriétés diélectriques

- matériau diélectrique = pas de charges électriques susceptibles de se déplacer dans le matériau (donc isolant) MAIS atomes qui constituent le matériau = dipôles électrostatiques → interaction avec un champ électrique = création d'une polarisation
- grandeur associée : **rigidité diélectrique** ou **tension de claquage** = valeur maximum du champ électrique que le milieu peut supporter avant le déclenchement d'un arc électrique



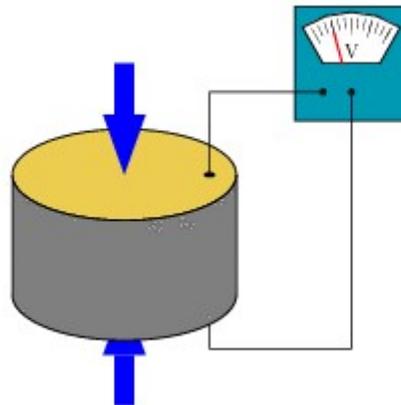
# Principales propriétés des matériaux

- Propriétés ferroélectriques et piezoélectriques  
= polarisation électrique spontanée en dessous d'une température critique (température de Curie). Cette polarisation peut être renversée par l'application d'un champ électrique extérieur.



## Piézoélectricité :

polarisation électrique + contrainte mécanique = courant électrique  
ou  
polarisation électrique + courant électrique = déformation mécanique



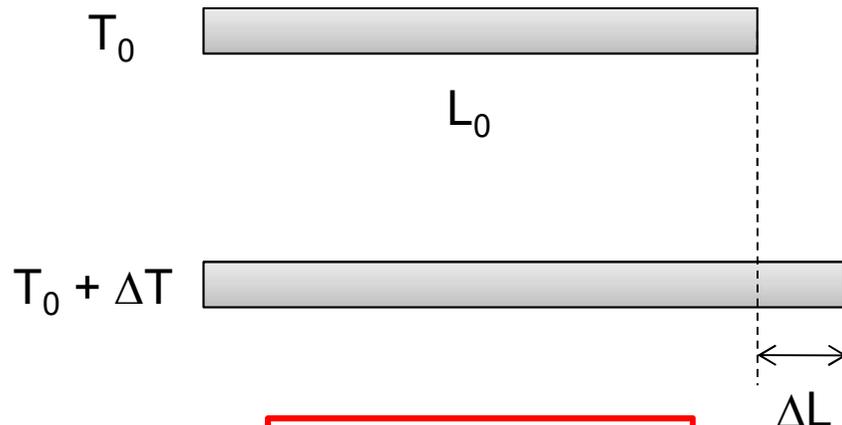
Société Murata - Japon

# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés thermiques

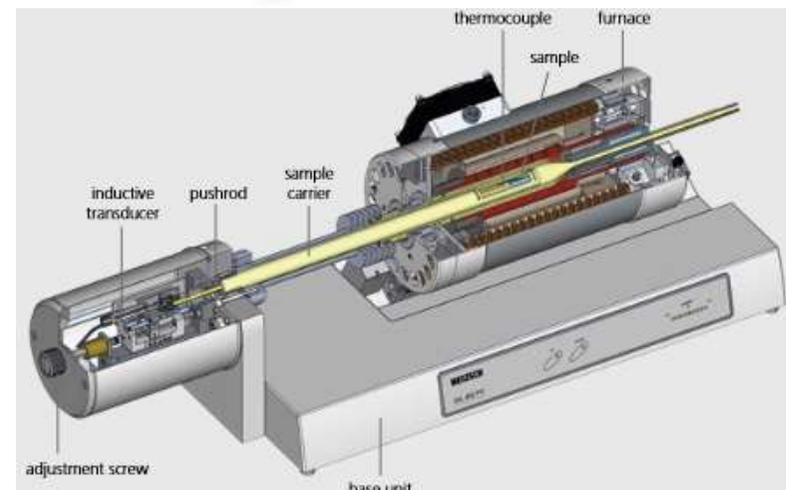
- **coefficient de dilatation thermique** :  $\alpha_L$

Élévation de température = augmentation des amplitudes d'oscillation des atomes → augmentation distance



$$\alpha_L = \frac{1}{L_0} \frac{\Delta L}{\Delta T}$$

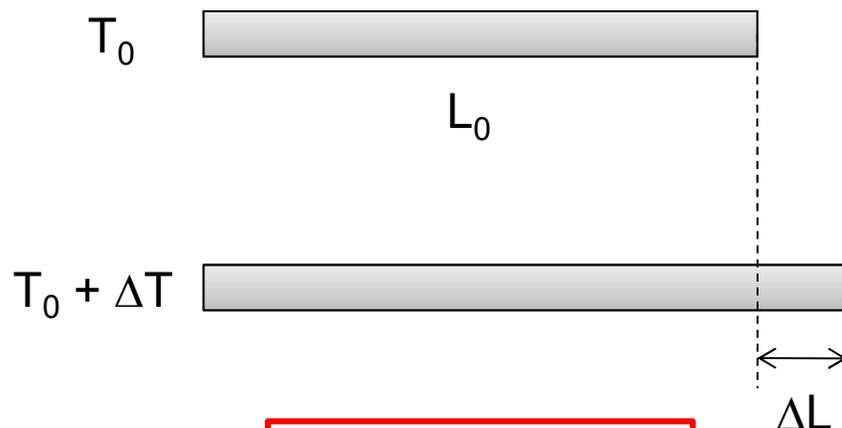
*Dilatometre à contact*



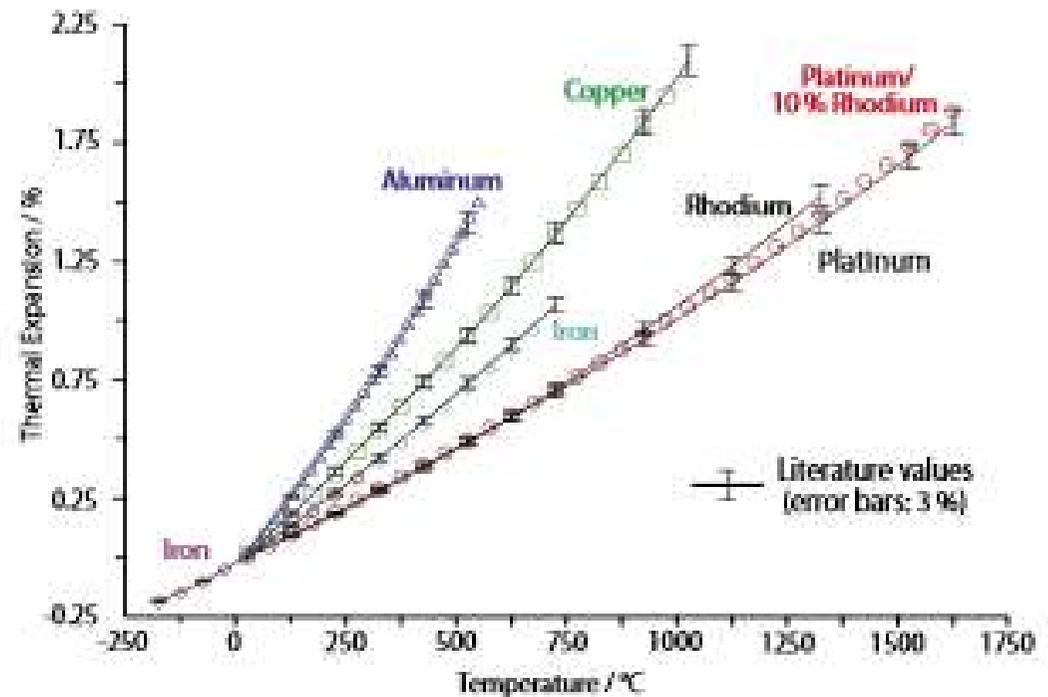
# Principales propriétés des matériaux

- Propriétés thermiques
  - **coefficient de dilatation thermique** :  $\alpha_L$

Élévation de température = augmentation des amplitudes d'oscillation des atomes → augmentation distance



$$\alpha_L = \frac{1}{L_0} \frac{\Delta L}{\Delta T}$$

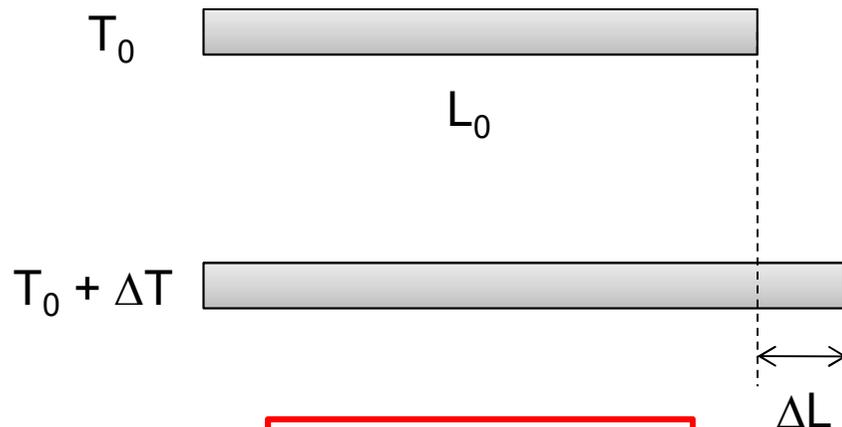


# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés thermiques

- **coefficient de dilatation thermique** :  $\alpha_L$

Élévation de température = augmentation des amplitudes d'oscillation des atomes → augmentation distance



$$\alpha_L = \frac{1}{L_0} \frac{\Delta L}{\Delta T}$$

Substance	$\alpha_L$ in $10^{-5}[\text{K}^{-1}]$
Hard rubber	8.00
Lead	2.73
Aluminum	2.39
Brass	1.80
Copper	1.67
Iron	1.23
Glass (ordinary)	0.90
Glass (pyrex)	0.32
NaCl	0.16
Invar	0.07
Quartz glass	0.05

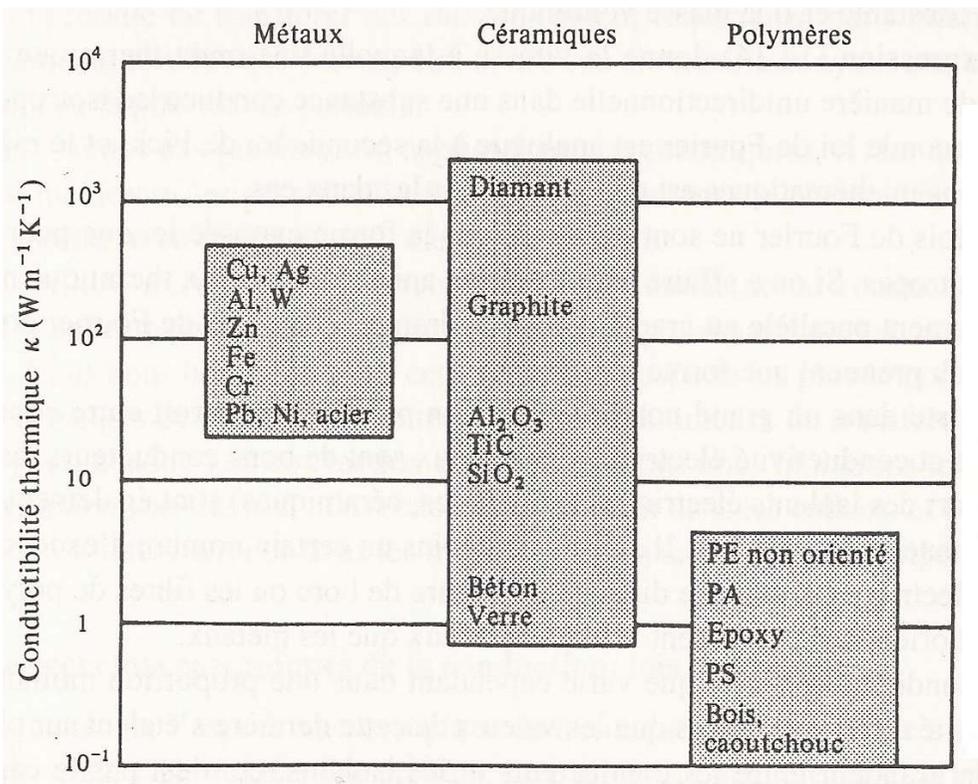


# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés thermiques

- coefficient de dilatation thermique :  $\alpha_L$
- **conductibilité thermique ou conductivité thermique :  $\kappa$**

= aptitude d'un matériau conducteur à transmettre de la chaleur (en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )



# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés thermiques

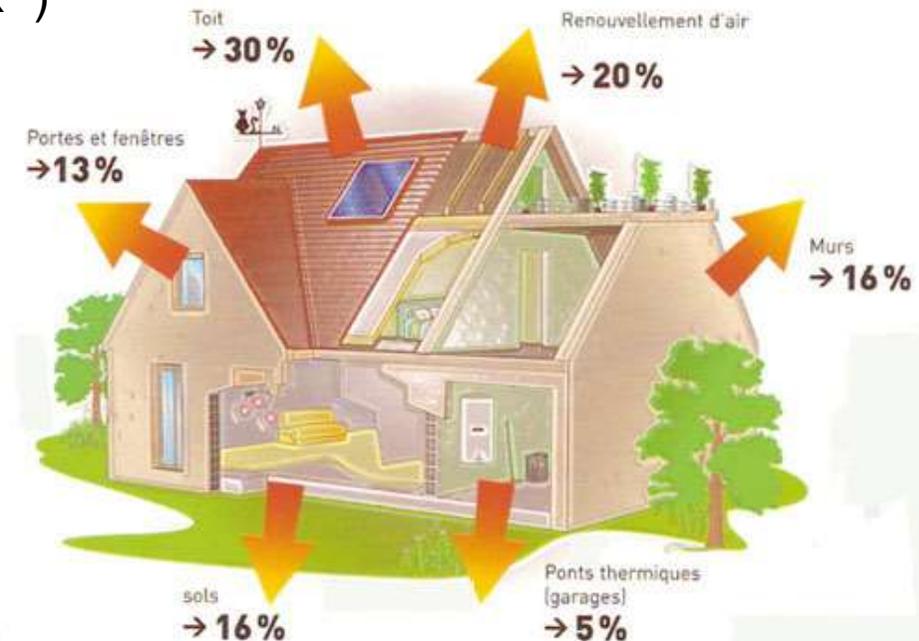
- coefficient de dilatation thermique :  $\alpha_L$
- conductibilité thermique ou conductivité thermique :  $\kappa$

= aptitude d'un matériau conducteur à transmettre de la chaleur (en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )

### • capacité calorifique : $C_p$

= grandeur permettant de quantifier la possibilité qu'a un corps d'absorber ou restituer de l'énergie par échange thermique au cours d'une transformation pendant laquelle sa température varie (en  $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )

$$W = mC_p\Delta\theta$$



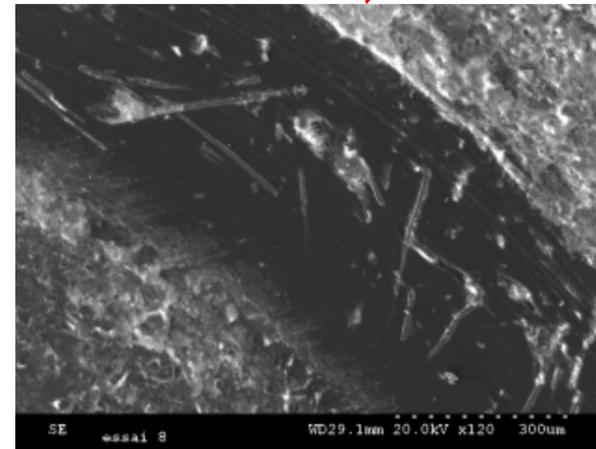
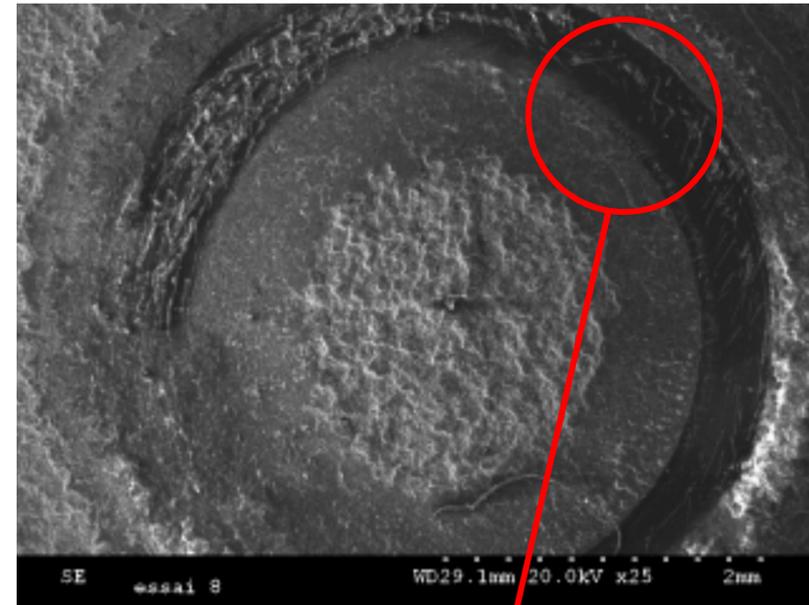
# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés optiques

MATERIAL	INDEX (20°)	
	$\lambda = 589.3 \text{ nm}$	656.3 nm
Air	1.00028	
Water	1.333	
Optical glass (heavy flint)	1.650	1.644
Optical glass (crown)	1.517	1.514
Fused silica	1.458	1.457
Quartz	{ 1.544 1.553	
Calcite	{ 1.658 1.486	
Diamond	2.438	2.426
Polytetrafluoroethylene	1.4	
Polypropylene	1.47	
Polyethylene		
(low density)	1.51	
(high density)	1.54	
Polymethyl methacrylate	1.49	
Polystyrene	1.60	

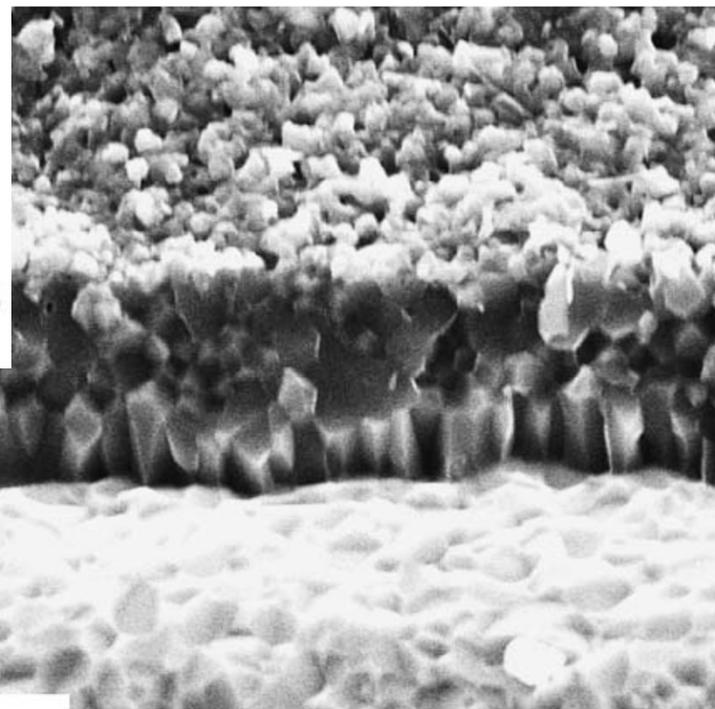
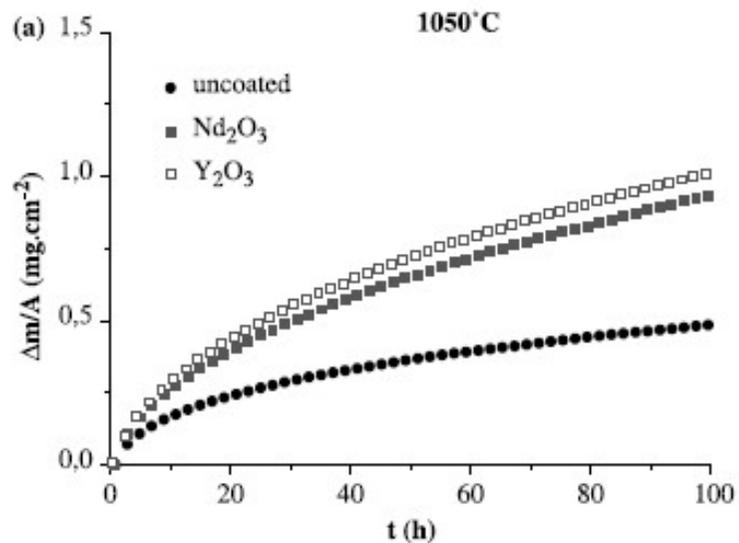
# Principales propriétés des matériaux

- Propriétés de surface
  - résistance à l'usure = tribologie



# Principales propriétés des matériaux

- Propriétés de surface
  - résistance à l'usure
  - corrosion



Metallic substrate

10 μm

# Principales propriétés des matériaux

## ➤ BILAN

Matériau / Propriété	organiques	métalliques	inorganiques non métalliques
Liaison	covalente	métallique	ionique et covalente
Etat	amorphe	crystallin	crystallin et amorphe
Densité	faible	élevée	modérée
Temp. de fusion,	faible	moyenne	élevée
Module de Young	faible	moyen	élevé
Coeff. de dilatation	très élevé	élevé	faible
Dureté	faible	élevée	très élevée
Résistance mécanique	faible	élevée	élevée
Déformation	déformable	ductile	fragile
Résistance à la température	mauvaise	moyenne	forte
Conductivité électrique	isolant (exceptions)	élevée	isolant à conducteur
Conductivité thermique	isolant	élevée	isolant à conducteur