

# Matériaux en Electrotechnique

## INTRODUCTION

### 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

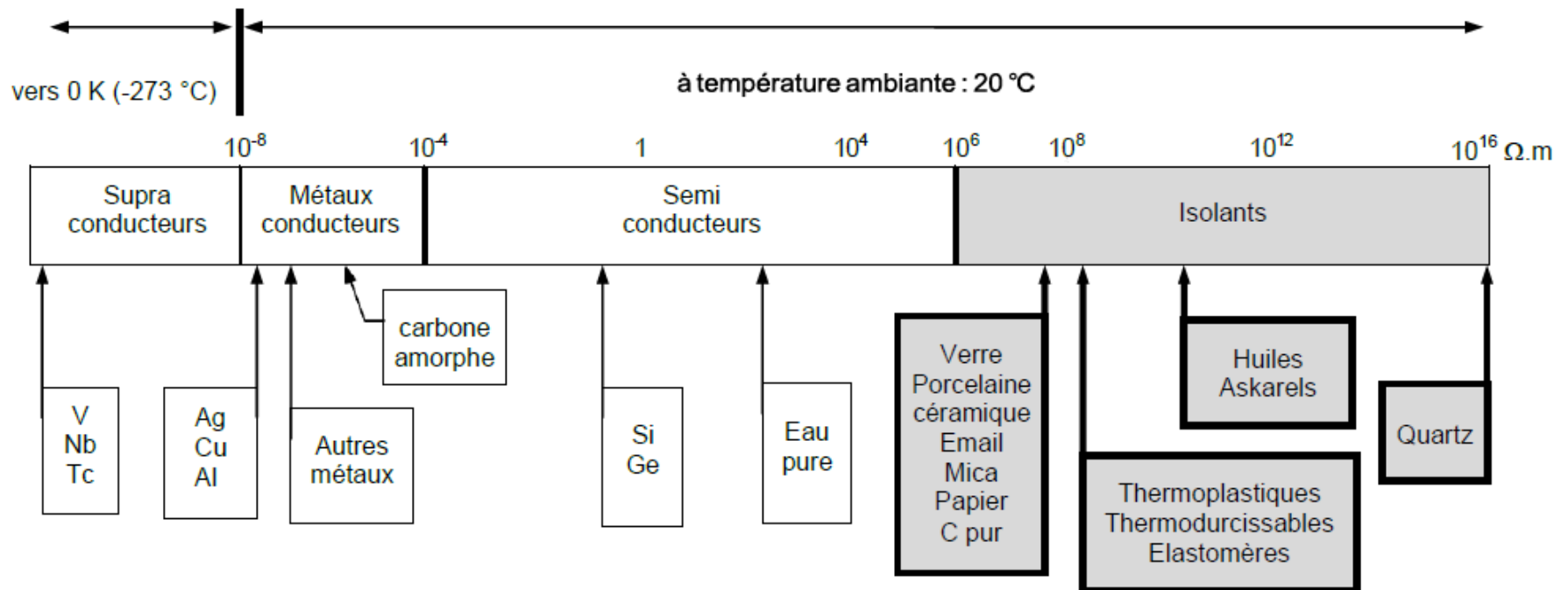
- isolants électriques
- la silice (oxyde de silicium), le bois et les dérivés du pétrole pour les isolants électriques.

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

## MATERIAUX ISOLANTS

### 1) Echelle des résistivités



# Matériaux en Electrotechnique

## MATERIAUX ISOLANTS

### 2) Lexique

**Diamant** : cristal de carbone pur

الماس: كريستال الكربون النقي

**Silice** : nom commun de l'oxyde de silicium. Dissous dans l'eau, on obtient de l'acide silicique qui donne des sels métalliques ou non appelés silicates. Silice et silicates sont très répandus dans la nature (27 % de la croûte terrestre) sous forme de roches et d'argiles.

السيليكا: الاسم الشائع لأكسيد السيليكون. بإذابته في الماء نحصل على حمض السيليكات الذي يعطي أملاحاً معدنية أو غير معدنية تسمى السيليكات. وتنتشر السيليكا والسيليكات بشكل كبير في الطبيعة (27% من القشرة الأرضية) على شكل صخور وطين.

**Quartz** : cristal de Silice pure  $\text{SiO}_2$

الكوارتز: كريستال السيليكا النقي

**Silicone** : matière plastique mais avec du silicium à la place du carbone

السيليكون: مادة بلاستيكية ولكن تحتوي على السيليكون بدلاً من الكربون

**Mica** : Silicate aluminopotassique

الميكات: سيليكات الألومنيوم والبوتاسيوم

**Micanite** : Aggloméré de mica et de gomme-laque

الميكانيت: تكتل الميكات والشيلاك

**Verre** : solide amorphe obtenu par fusion à base de silicates et de silice additionnée de potasse, de soude, de chaux et d'éléments divers.

الزجاج: مادة صلبة غير متبلورة يتم الحصول عليها عن طريق الانصهار المعتمد على السيليكات والسيليكا مع إضافة البوتاس والصودا والجير وعناصر مختلفة.

**Vernis (Émail)** : enduit vitreux (à base de silice, de potasse et d'oxydes métalliques) appliqué à froid sur verre ou métal et fixé après fusion.

المينا: طلاء زجاجي (يعتمد على السيليكا والبوتاس وأكاسيد المعادن) يوضع على البارد على الزجاج أو المعدن ويتم تثبيته بعد الصهر.

# Matériaux en Electrotechnique

## MATERIAUX ISOLANTS

### 2) Lexique

**Céramique** : nom commun donné au mélange d'argiles (silicate d'aluminium) plus ou moins pures avec d'autres substances (sable, craie, quartz...) façonnée puis durcie par cuisson au four. Les produits obtenus vont de la poterie grossière à la porcelaine.

السيراميك: اسم شائع يطلق على خليط من الطين النقي بدرجة أو بأخرى (سيليكات الألومنيوم) مع مواد أخرى (الرمل والطباشير والكوارتز وغيرها) يتم تشكيلها ثم تصلبها بالحرق في الفرن. تتراوح المنتجات الناتجة من الفخار الخشن إلى الخزف.

**Huile minérale** : par opposition à huile végétale ; en fait, il vaudrait mieux dire huile organique. produit visqueux organique, extrait du pétrole ou synthétisée. Certaines ont des qualités isolantes.

الزيوت المعدنية: مقابل الزيوت النباتية؛ في الواقع، سيكون من الأفضل أن نقول زيت عضوي. منتج عضوي لزج، مستخرج من البترول أو مركب. بعضها لديه صفات عازلة.

**Huile silicone** : idem huile minérale avec du silicium à la place du carbone.

زيت السيليكون: نفس الزيت المعدني الذي يحتوي على السيليكون بدلاً من الكربون.

**Askarels** : liquides organiques chlorés (PCB, PCT), aux bonnes qualités isolantes.

الأسكاريل: سوائل عضوية مكلورة، ذات خصائص عزل جيدة.

**Elastomères** : haut polymère possédant de bonnes qualités élastiques.

اللدائن: بوليمر عالي الجودة مع خصائص مرنة جيدة.

**Plastiques** : colloïde à très grosses molécules malléables à chaud et durcissant à froid (thermoplastique, thermodurcissables).

البلاستيك: مادة غروانية تحتوي على جزيئات كبيرة جدًا تكون قابلة للطرق عندما تكون ساخنة وتتصلب عندما تكون باردة (اللدائن الحرارية).

# Matériaux en Electrotechnique

## MATERIAUX ISOLANTS

### 3) Propriétés physiques

Les isolants électriques possèdent tous à peu près les caractéristiques suivantes :

- **mauvaise tenue en température  $< 200^{\circ}\text{C}$**  en général (sauf pour l'amiante, le verre et le mica),
- rigidité électrique élevée :  $\approx 10 \text{ kV/mm}$ ,
- très forte résistivité électrique :  $> 10^6 \Omega\text{m}$ ,
- constante diélectrique relative  $\epsilon_R > 1$  ( $\approx 2$  à  $8$ ),
- mauvaise conductivité thermique : isolant thermique ,
- Solide, liquide ou gaz ,
- densité voisine de 1 .

### 4) Classification

Plusieurs méthodes peuvent être adoptées pour classer les isolants :

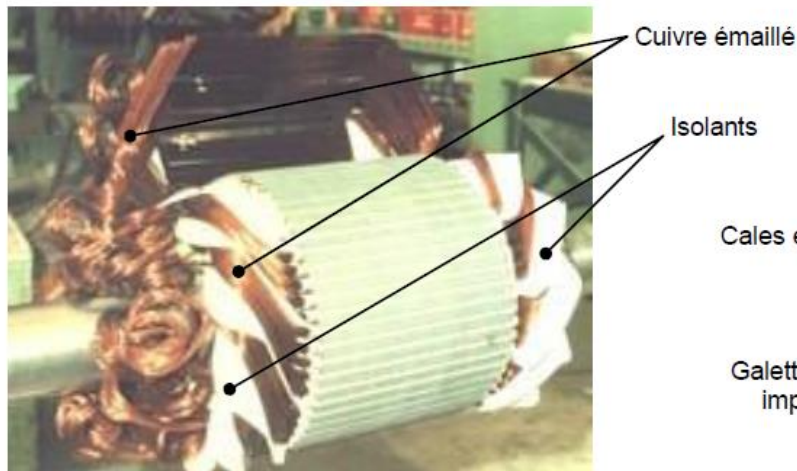
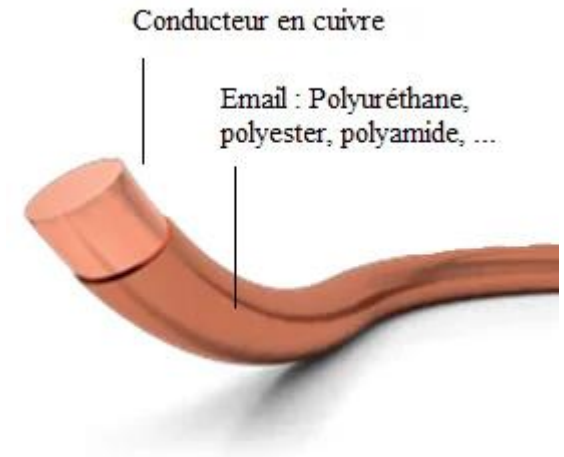
- **@ classification en fonction de la tenue en température:** La norme NFC 51-111 définit des classes d'isolant selon leur tenue en température, qui dépend de la matière isolante, mais aussi des matières d'agglomération et d'imprégnation.
- **@ classification en fonction de l'état physique :**
  - A. solide : mica, bois, céramiques, plastiques ...
  - B. liquide : huiles, pyralène, vernis...
  - C. gaz : air sec, azote, SF6...
- **@ classification en fonction de l'origine :**
  - A. minérale : mica, porcelaine, verre, amiante,...
  - B. organique : bois, papier, coton, soie, caoutchouc (latex),...
  - C. synthétique : plastiques (thermoplastiques ou thermodurcissables), silicones.

# Matériaux en Electrotechnique

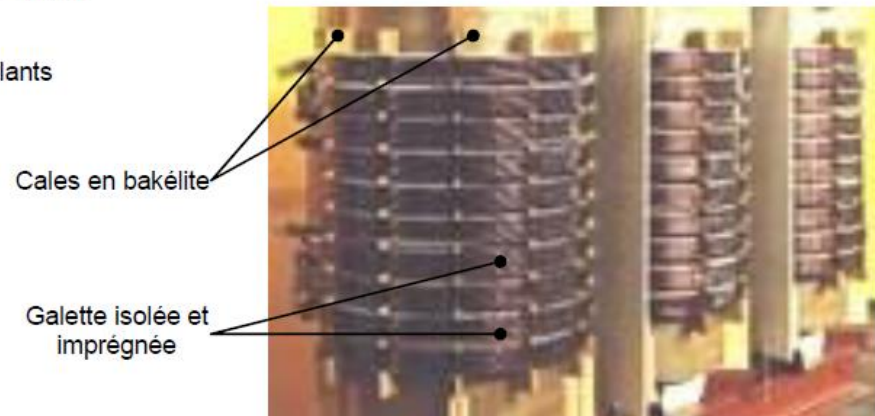
## MATERIAUX ISOLANTS

### 5) Bobinages de machines

- **basse tension** : fils conducteurs émaillés
- **haute tension** : barres conductrices isolées par du papier, mica, verre, bakélite, résine (enrobage, imprégnation)



--- Rotor bobiné de moteur asynchrone ---



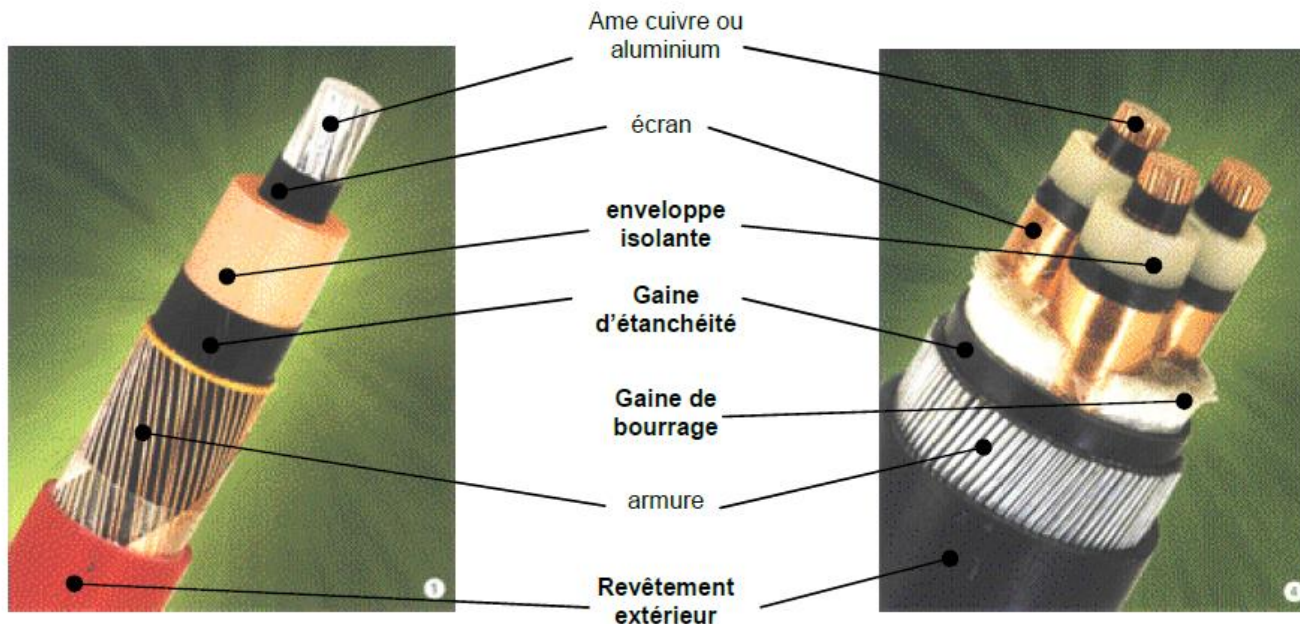
--- Transformateur triphasé ---

# Matériaux en Electrotechnique

## MATERIAUX ISOLANTS

### 6) Câbles électriques

- Un câble est constitué d'une âme conductrice métallique (Cu ou Al) recouvert d'un isolant, d'un écran et d'un revêtement extérieur, complété si besoin est par une gaine d'étanchéité et par une « armure ».
- L'enveloppe isolante, mais aussi les gaines et revêtement extérieur sont constitués de matières synthétiques (thermoplastiques et élastomères) :
- PVC : Polychlorure de vinyle, PE : Polyéthylène, PR : Polyéthylène réticulé, EPR : Ethylène propylène caoutchouc silicone



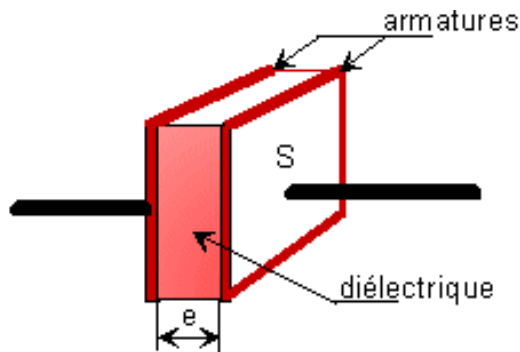


# Matériaux en Electrotechnique

## MATERIAUX ISOLANTS

### 7) Condensateurs

- Schématiquement, un condensateur est formé d'un diélectrique ( $\epsilon_r > 1$ ) serré entre deux électrodes. Les diélectriques isolants utilisés sont suivant les technologies en céramique, papier, verre, mica ou plastique.



Valeur de la capacité d'un composant capacitif plan

$$C = 9 \cdot 10^{-12} \cdot \epsilon_r \frac{S}{e}$$

$S$  = surface d'une armature ( en  $m^2$  )

$e$  = distance séparant les armatures ( en m )

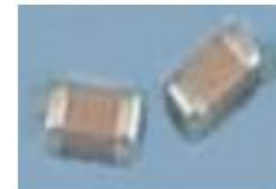
$\epsilon_r$  = permittivité relative



--- Condensateurs plastiques ---



--- Condensateurs céramiques ---



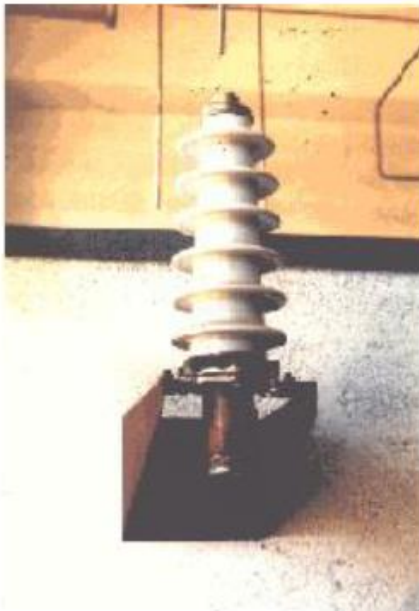
# Matériaux en Electrotechnique

## MATERIAUX ISOLANTS

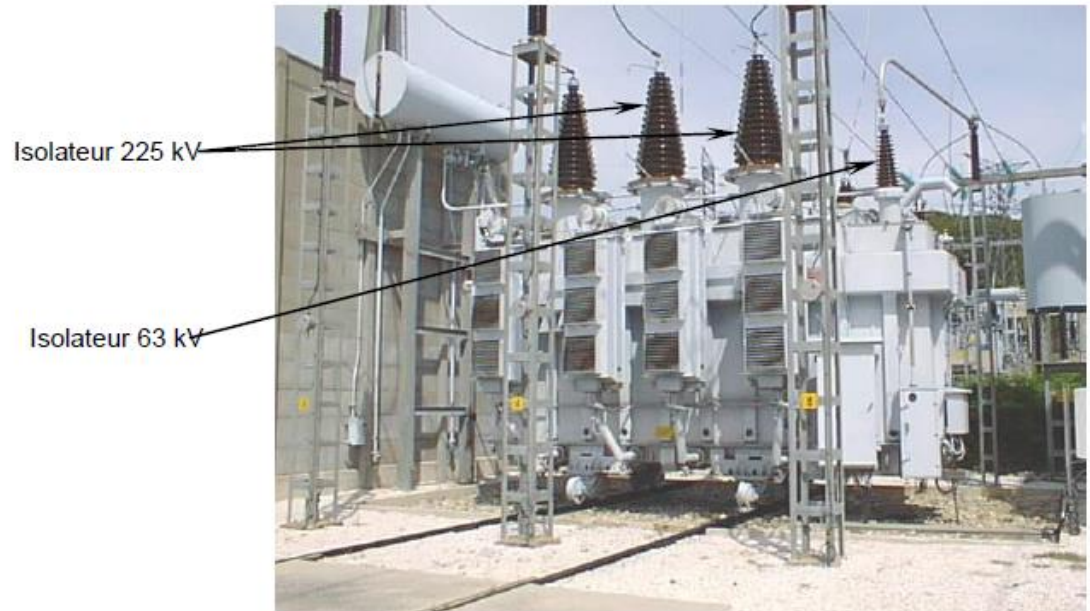
### 8) Isolateurs

Ils sont en verre ou en porcelaine et sont utilisés pour isoler :

- les bornes de sortie des appareillages haute tension (sectionneur, disjoncteur, transformateur, matériel roulant...).
- les câbles haute tension des pylônes de transport d'énergie électrique



---- *isolateur de tramway* ----



--- *Transformateur 225/63 kV immergé dans l'huile* ---

# Matériaux en Electrotechnique

## MATERIAUX ISOLANTS

### 9) Appareillages haute tension

L'isolement interne est renforcé par un isolant supplémentaire :

- solide : résine, élastomère (électronique haute tension).
- Liquide : huile minérale, askarel (interdit depuis 1986) dans les transformateurs de puissance.
- gaz : SF6 dans les disjoncteurs haute tension.



---- Sectionneur 63 kV ----

isolateurs  
Bras de sectionneur



---- disjoncteur 63 kV au SF6 ----