

## Généralités

Les valeurs données dans les tables pour la résistivité transversale en tension continue, pour un matériau donné, doivent être considérées comme des moyennes usuelles : elles peuvent se révéler complètement différentes, en fonction du mode de fabrication du matériau ou des impuretés qui s'y trouvent. Dans les isolants polymères, il semble que les impuretés constituent même la principale source de conduction. Cependant, on a pu montrer que dans le nylon, ce sont des ions  $H^+$ , issus de la structure même de ce matériau, qui assure la conductivité.

D'une manière générale, les mécanismes de conduction dans les isolants solides restent controversés et diffèrent probablement d'un matériau à l'autre. Dans les isolants liquides et gazeux, la conductivité est due à la présence d'ions d'origine diverses (impuretés en solution, ions formés par des rayonnements UV, etc.).

Du fait des nombreux paramètres qui peuvent jouer un rôle dans l'écoulement d'un courant, à l'intérieur et autour d'un isolant, il est important de spécifier les conditions dans lesquelles des valeurs de conductivité ont été mesurées. Les valeurs données dans les tables se réfèrent souvent à des conditions de mesure spécifiées dans une norme. Or les conditions fixées par cette norme ne correspondent pas forcément aux conditions dans lesquelles l'isolant sera réellement utilisé.

Exemple de conditions spécifiées par la norme CEI 60093 :

- *Les électrodes doivent être constituées de peintures conductrices à l'argent, de métal appliqué par évaporation ou pulvérisation, de graphite colloïdal, de caoutchouc conducteur ou de feuilles d'étain.* (Le problème traité ici est celui du contact entre l'électrode et le matériau isolant : la barrière de potentiel peut être élevée et apporter une contribution indésirable à la mesure, en s'ajoutant à la résistivité du matériau).
- *L'humidité relative sera spécifiée dans le rapport d'essai et doit être uniforme dans l'enceinte d'expérience à  $\pm 2\%$ .*
- *Les surfaces isolantes doivent être nettoyées à l'aide d'un solvant approprié et manipulées avec des gants.*
- *Les fluctuations de la tension doivent être suffisamment faibles pour que le courant d'absorption reste négligeable devant le courant de conduction.* (En pratique, les courants continus sont le plus souvent des courants alternatifs redressés. D'où le problème de l'ondulation résiduelle qui peut jouer un rôle critique dans la mesure de la conductivité d'un isolant).

Idéalement, on aimerait pouvoir disposer d'isolants présentant une faible conductivité électrique  $\sigma$  mais une bonne conductivité thermique  $K$ , de manière que la chaleur produite par effet Joule soit bien évacuée. Malheureusement, la physique du solide nous apprend que, pour une température donnée, le rapport  $\sigma/K$  est sensiblement indépendant du matériau (loi de Wiedemann-Franz).

**Référence :** Robert FOURNIÉ, *Les isolants en électrotechnique – Concepts et théorie* (1986).

## Conductivité transversale

Dans les isolants, la conductivité transversale  $\sigma$  dépend de la température absolue  $T$  selon une loi assez bien vérifiée dans un grand nombre de matériaux :

$$\sigma = \sigma_0 \cdot \exp(-W/kT)$$

avec :  $W$  = énergie d'excitation propre au matériau.

$k$  = constante de Boltzmann.

$\sigma_0$  = constante correspondant à limite de la conductivité lorsque la température tend vers l'infini.

## Conductivité superficielle

La conductivité superficielle est due à l'humidité, à une fine couche de polluants ou à la présence d'ions qui se forment à la surface de l'isolant, que ce soit par réactions chimiques ou par l'effet de rayonnement. De ce fait, la conductivité superficielle dépend en partie du matériau (de son affinité pour les molécules d'eau ou de polluants extérieurs) et aussi de l'environnement (composition chimique et rayonnements).

Contrairement à ce qui se passe avec les conducteurs électriques, la conductivité superficielle des isolants n'est pas négligeable par rapport à leur conductivité transversale. Elle est même généralement du même ordre de grandeur.

Comme on peut s'y attendre, par analogie avec la résistance transversale, la résistance superficielle,  $R_s = U/I_s$ , pour la surface comprise entre deux électrodes, est proportionnelle à la distance  $d$  qui les sépare et inversement proportionnelle à la longueur des électrodes. Le coefficient de proportionnalité  $\rho_s$  est la résistivité superficielle et se mesure donc en ohms. Les anglo-saxons notent la résistivité superficielle en ohms/square ( $\Omega/\text{sq}$ ), apparemment pour indiquer qu'il s'agit d'une résistivité de surface.

La conductivité superficielle,  $\sigma_s$ , se mesure en siemens [S] et vaut l'inverse de la résistivité  $\rho_s$  [ $\Omega$ ].

## Résistance d'isolement

La *résistance d'isolement* entre deux électrodes séparées par un isolant est définie comme le rapport entre la tension continue  $U_{DC}$  appliquée et le courant total (courant transversal  $I$  + courant de surface  $I_s$ ), mesuré un certain temps après l'application de la tension :

$$R_{\text{isol}} = \frac{U_{DC}}{i + i_s}$$

Pourquoi *un certain temps* après l'application de la tension ? Parce que l'enclenchement d'une tension sur un isolant donne lieu à différents mécanismes transitoires. Pour la détermination de la résistance d'isolement, le courant doit être mesuré lorsque ces phénomènes sont passés. La règle usuelle est de mesurer le courant 1 minute après l'application de la tension.