

## Propriétés électromagnétiques des polymères (Introduction à la science des matériaux ; Wikiversité)

Les polymères sont dans leur très grande majorité des isolants électriques, de l'ordre de  $10^9$  à  $10^{16}$   $\Omega\cdot\text{m}$  ( $10^8$  à  $10^9$   $\Omega\cdot\text{m}$  pour les métaux), soit  $10^{11}$  à  $10^{18}$   $\Omega\cdot\text{cm}$  ( $10^4$  à  $10^6$   $\Omega\cdot\text{cm}$  pour les métaux) ; ils sont par exemple utilisés pour le gainage de câbles électriques (PE, CR, PVC, silicone, etc.). Certains sont chargés en graphite pour faire des polymères conducteurs : le courant électrique peut passer de particule de graphite en particule de graphite (percolation). On peut aussi mettre des fibres métalliques. On obtient ainsi des produits avec une résistivité de 0,1 à 100  $\Omega\cdot\text{m}$  (10 à 10 000  $\Omega\cdot\text{cm}$ ).

Un fil dans lequel passe un courant alternatif (source de puissance ou bien signal d'information) forme un condensateur avec la terre. La gaine fait partie du diélectrique de ce condensateur. Il en résulte une perte de puissance, caractérisée par un « facteur de perte diélectrique » noté «  $\tan \delta$  » (tangente delta) ; la puissance dissipée  $P_D$  est proportionnelle à la puissance réactive  $P_R$  et au facteur de perte :

$$P_D = \tan \delta \times P_R$$

Pour un condensateur parfait, on a  $\tan \delta = 0$ , toute la puissance du condensateur est dans la puissance réactive. Pour les polymères listés ci-dessous,  $\tan \delta$  varie de  $3 \cdot 10^{-5}$  à 0,15, soit 0,003 % à 15 %.

D'un point de vue du matériau, le champ électrique variable tend à orienter les chaînes de polymère ; on a un phénomène équivalent à un courant électrique entre l'extérieur de la gaine et le fil. La viscosité entre les chaînes influence ce courant. Le facteur de perte dépend de la fréquence du courant.

Variation de la rigidité diélectrique avec la température ; notons que l'on est un ordre de grandeur au dessus des valeurs tabulées, on s'attachera donc essentiellement à la forme des courbes. La rigidité diélectrique (résistance au claquage) de quelques polymères est rappelée dans le tableau ci-dessous. Cette valeur diminue avec la température, mais varie aussi avec l'humidité : les molécules d'eau peuvent se glisser entre les chaînes polymères, ce qui, outre un gonflement, dégrade fortement la capacité à résister au claquage. Un taux d'humidité de 95 % pour une température supérieure à provoque un claquage rapide de la plupart des polymères.

À , la rigidité diélectrique varie typiquement de 1 à  $6 \cdot 10^6$  V/m (1 000 à 6 000 kV/m, 0,01 à 0 06 MV/cm).

**Propriétés électromagnétiques de quelques polymères usuels**

Matériau	Résistivité transversale $\rho_s$ ( $10^{12}$ $\Omega\cdot\text{m}$ )	Facteur de pertes diélectriques de 50 à 100 kHz $\tan \delta$ ( $\times 10^{-3}$ )	Rigidité diélectrique $E_{dis}$ (MV/m, kV/mm)
PE-bd	1 000	0,3	16,8
PE-hd	> 100	0,2 à 0,4	17,6
PE-UHMW	10	0,2	
PP	100	0,35	20
PVC rigide	100	14 à 18	11
PVC souple	0,01 à 1	100 à 150	11
PVDC	1 à 100	30 à 80	
PS	500	0,2	16
SB	100	0,3	12
ABS	10	8	12,5
SAN	100	6 à 10	12
PMMA	10	30 à 60	14
PET	100	2 à 20	
PBT	100	2 à 20	
PA 6	0,5	10 à 30	
PA 11	0,78	50	25
PA 12	10	30 à 40	
PA 6-6	0,1 à 10	40 à 50	24
POM	10	1 à 5	15
<b>PTFE</b>	<b>10 000</b>	<b>0,03 à 0,07</b>	<b>17,5</b>
PVDF	1	10	
CA	1	7 à 70	8
PC	100	0,9 à 10	15
PSU	500	1 à 5	
PEI	70	2,5	
PAI	100	26 à 31	
PEEK	50	3	
UP rigide	100	3 à 6	14
UP souple	1 000	10 à 50	14
EP	0,001	2 à 50	16