

La spectrométrie diélectrique appliquée à l'étude des polymères: possibilités et limites



Jean-François CHAILAN
Institut des Sciences de l'Ingénieur de Toulon et du Var

CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

La technique d'analyse diélectrique

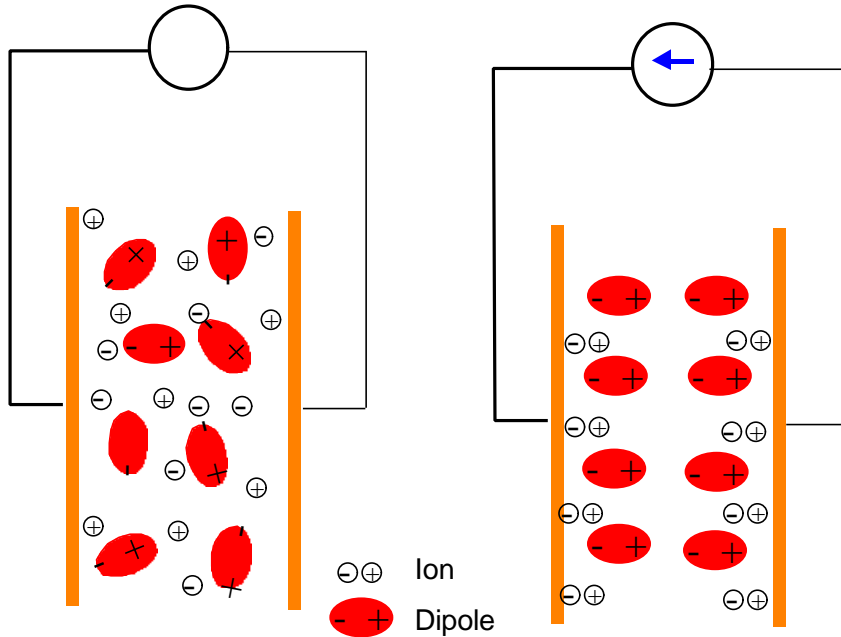
Elle est basée sur la mesure de deux propriétés électriques fondamentales des matériaux – capacité et conductivité – en fonction du temps de la température et de la fréquence

La capacité électrique du matériaux est sa possibilité à stocker les charges.

Sa conductivité, sa possibilité à les transférer.

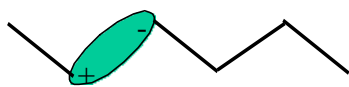
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Comportement dipolaire et ionique

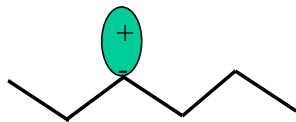


CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

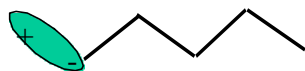
Dipôles = traceurs de la mobilité moléculaire



Dipôles intégrés dans la chaîne principale
 Ex: groupements éthers, esters
 $C-O-C$ ou $O=C-O-$



Dipôles sur chaîne latérale
 Ex: hydroxyles, carbonyles, chlore
 $-OH$, $-C=O$, $-Cl$



Dipôles en bouts de chaîne

Ions = traceurs de la viscosité du milieu

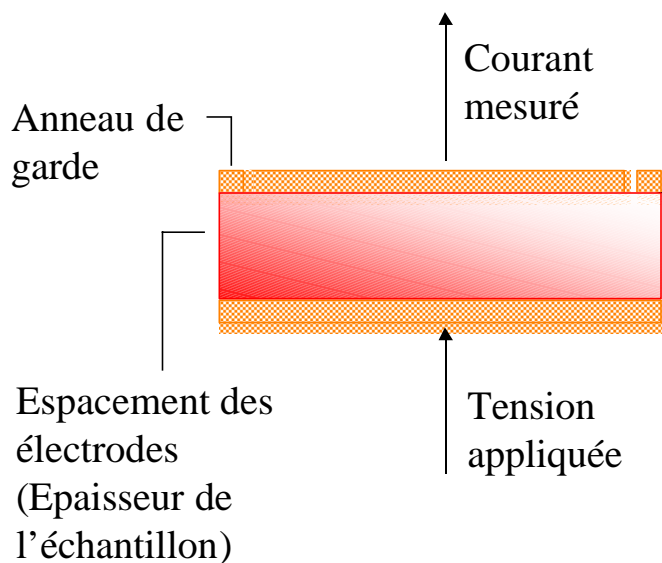
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

La capacité de ces charges (ions + dipôles) à suivre l'alternance du champ électrique permettent de remonter aux Pertes diélectriques (en fonction du temps, de la température et de la fréquence).

Pertes diélectriques
=
composante dipolaire + composante ionique

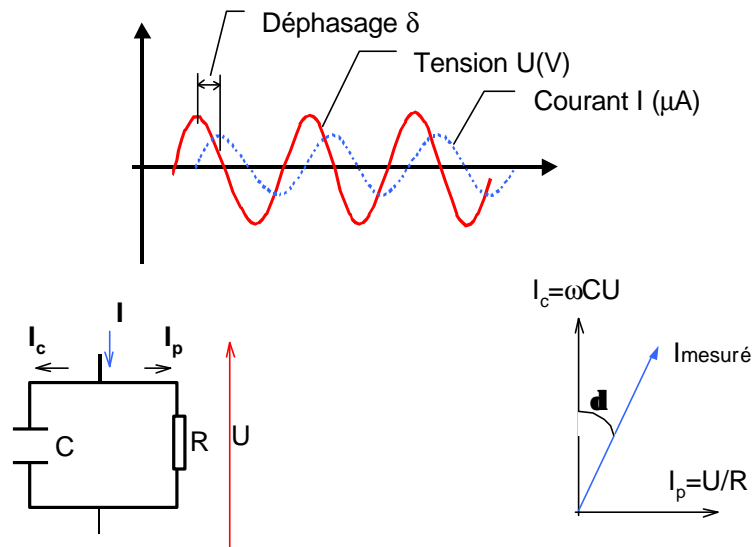
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Montage de l'échantillon entre les électrodes



CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

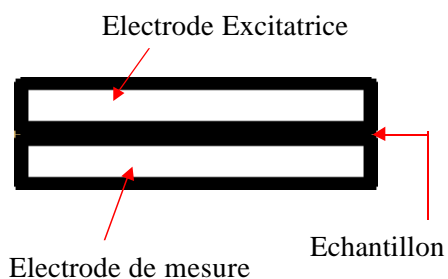
Calcul des composantes capacitives et conductives à partir du courant de mesure



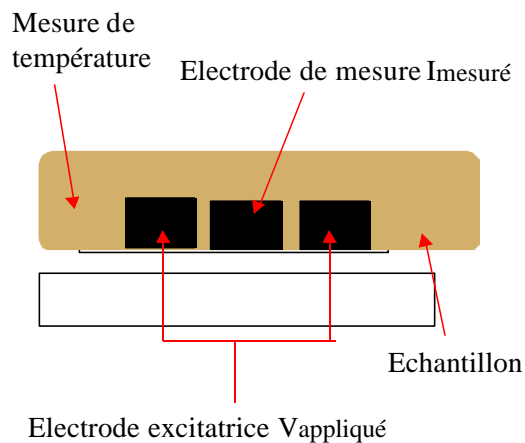
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Schéma de principe des électrodes

● Electrodes parallèles



● Capteur de surface (vue de coté)



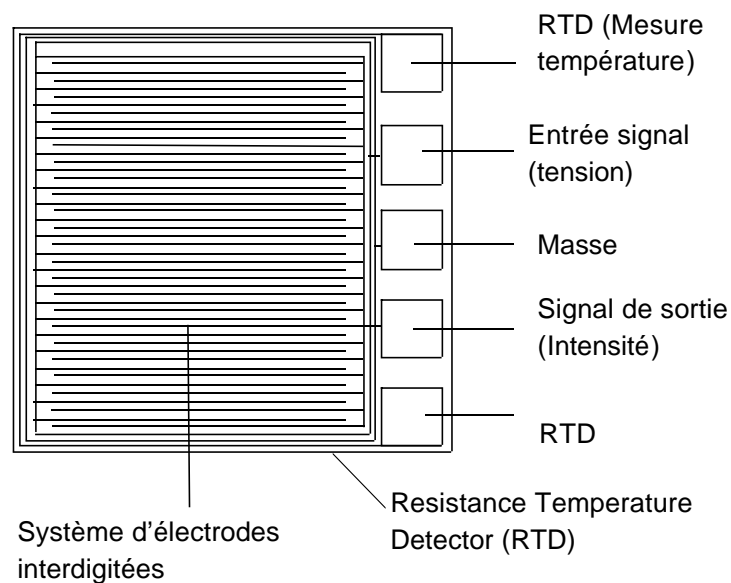
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Propriétés diélectriques

- Permittivité (Constante Dielectrique) (ϵ')
- Facteur de perte (ϵ'')
- Facteur de dissipation ($\tan \delta$)
- Conductivité Ionique (σ)

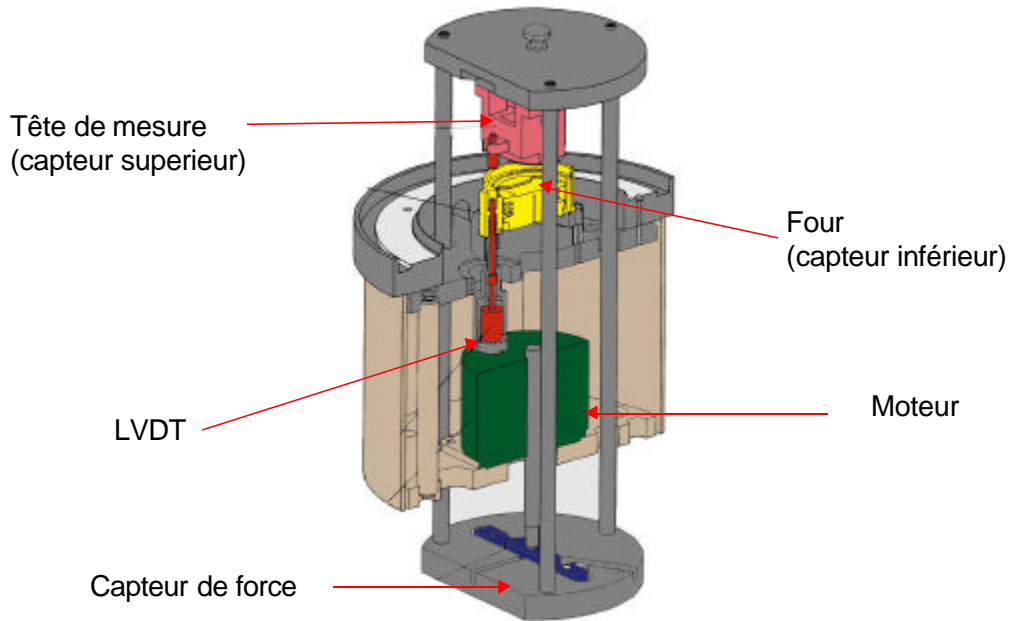
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Electrode type "capteur de surface"



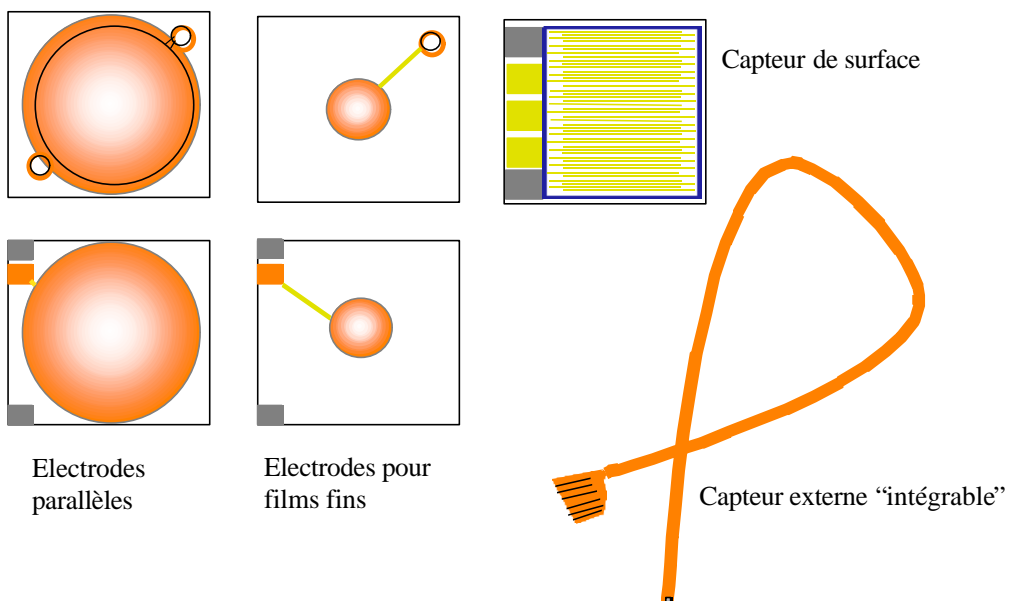
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Ensemble de mesure



CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Capteurs diélectriques



CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Nature bi-valente des matériaux polymères

ELASTIQUE  VISQUEUX

REPONSE DIELECTRIQUE

CAPACITIVE  CONDUCTIVE

CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Analyse diélectrique

Applications

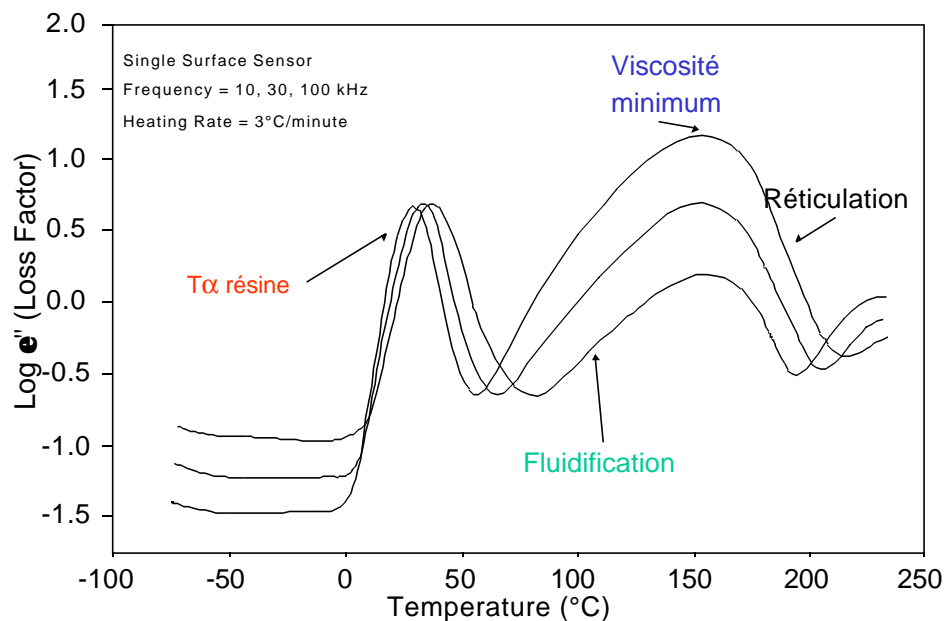
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Que peut donner l'analyse diélectrique

- Permittivité
- Facteur de pertes diélectriques
- Températures de transitions
- Degré d'avancement d'une résine thermodurcissable
- Cinétique de réticulation
- Conductivité ionique
- Certains renseignements sur la morphologie des polymères

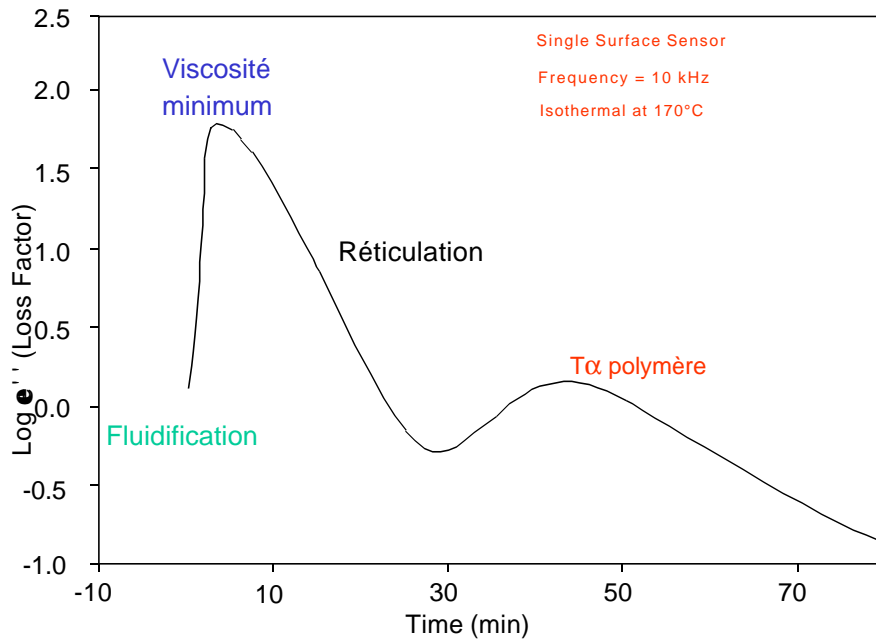
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Réticulation anisotherme d'un système thermodurcissable (Epon 828/DDS)



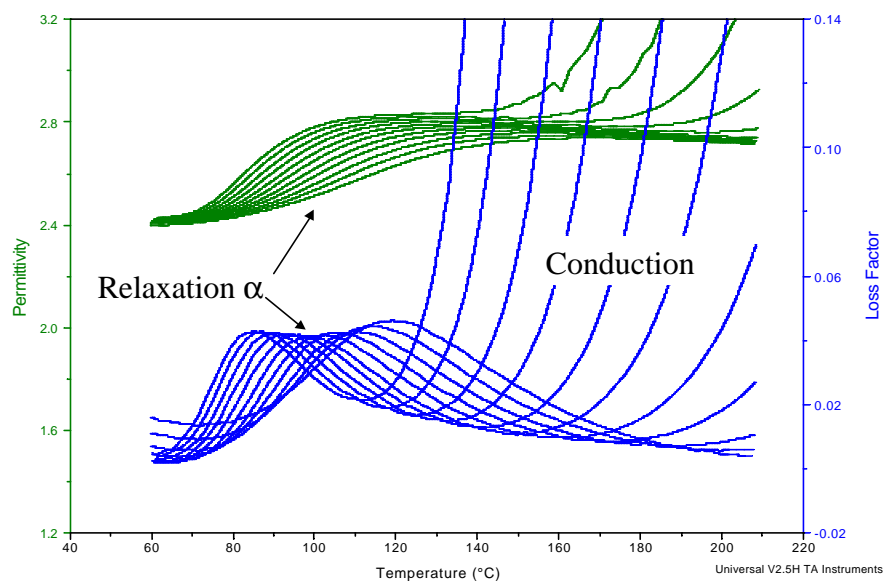
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Vitrification isotherme d'un systeme Epoxy/Amine



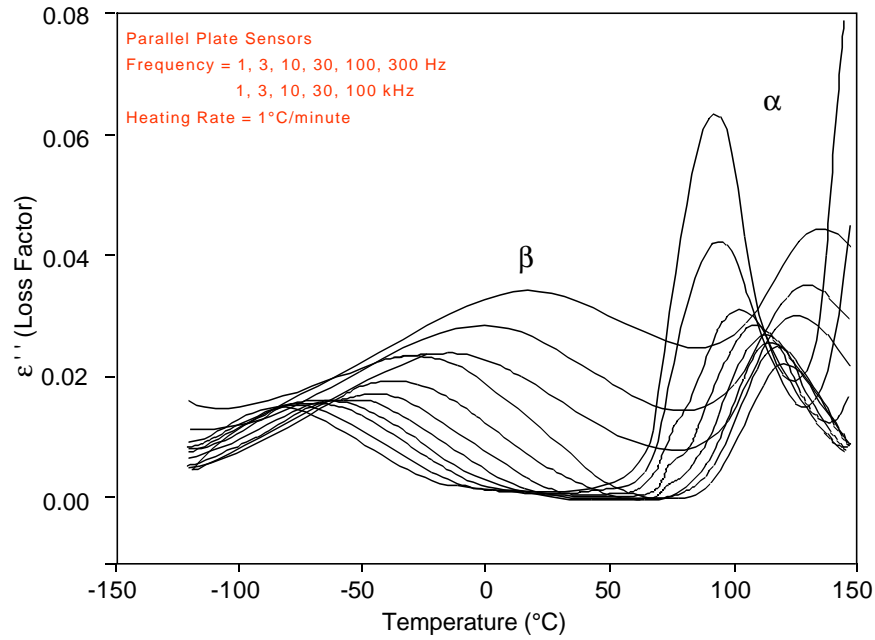
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Polyethylene Terephthalate



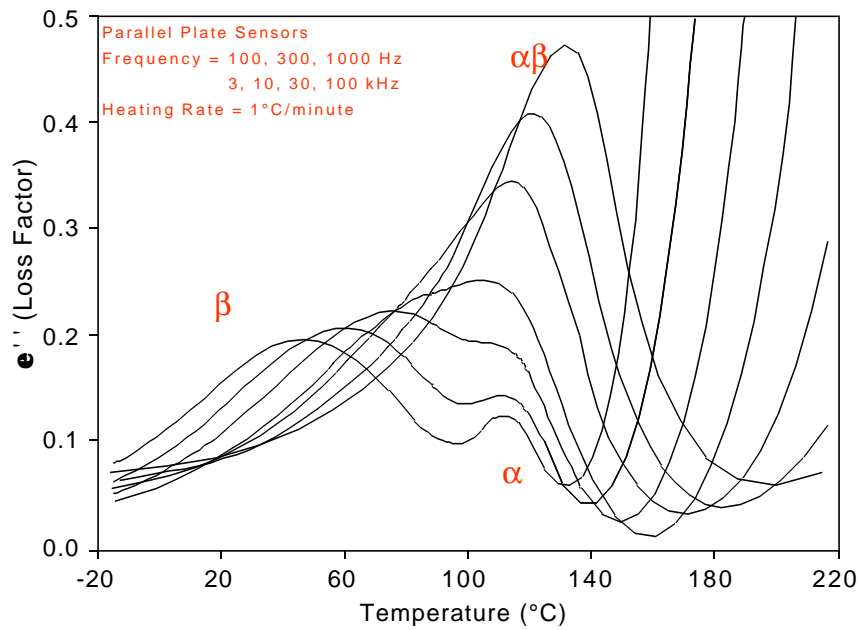
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Polyethylene Terephthalate



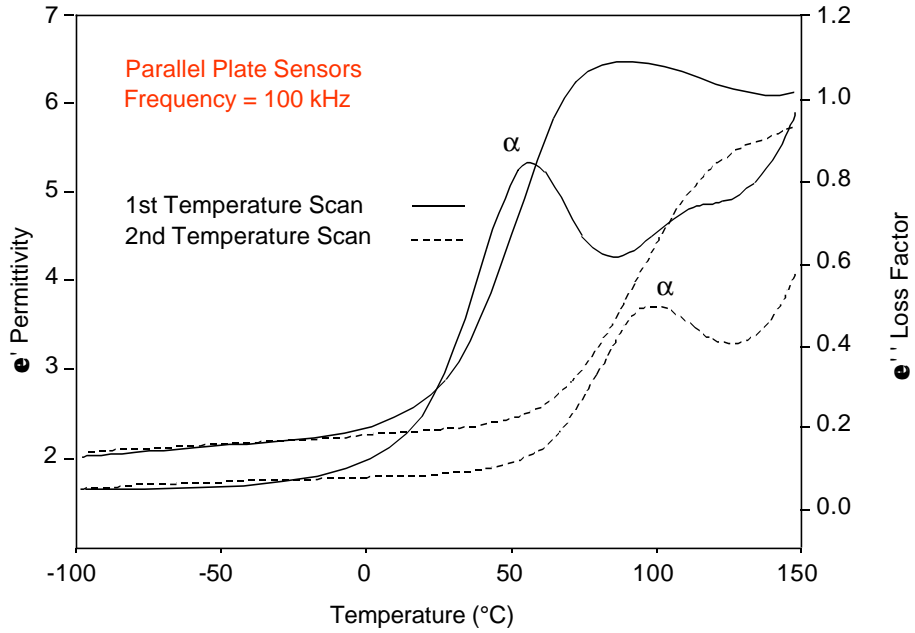
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Polymethyl Methacrylate



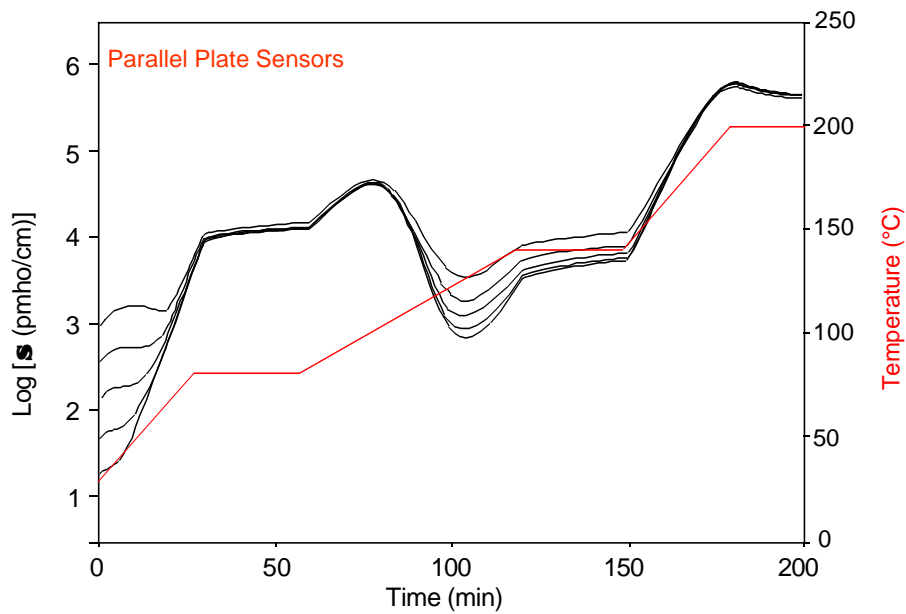
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Nylon 6,6 – Influence de l'histoire thermique



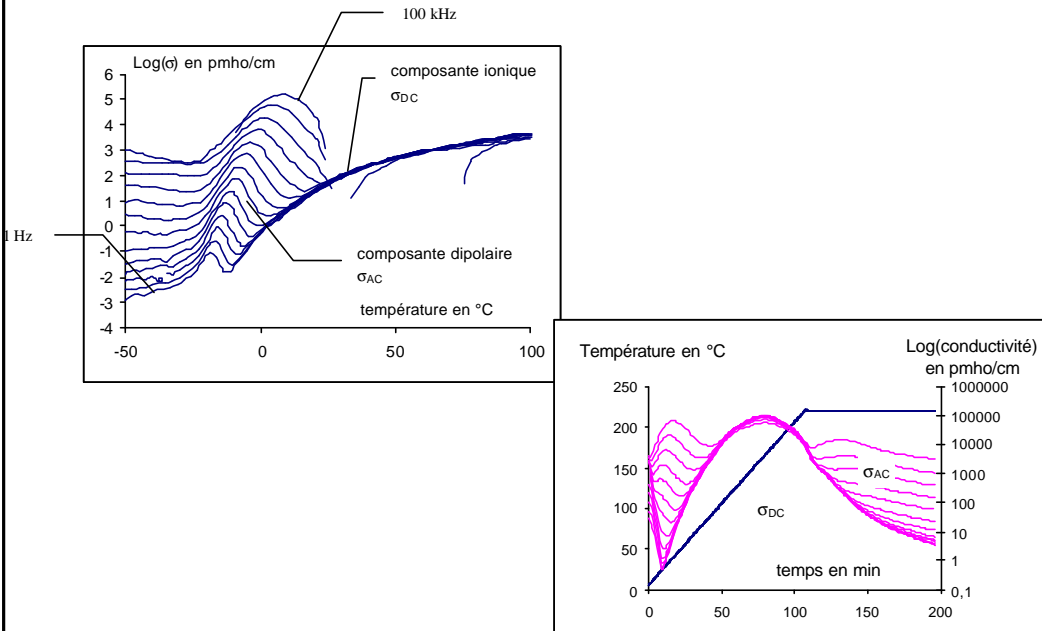
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Adhésif pour l'aérospatiale – Profil de réticulation



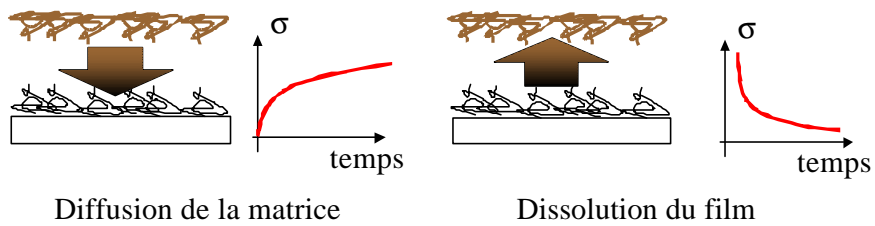
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Séparation des composantes ionique et dipolaire



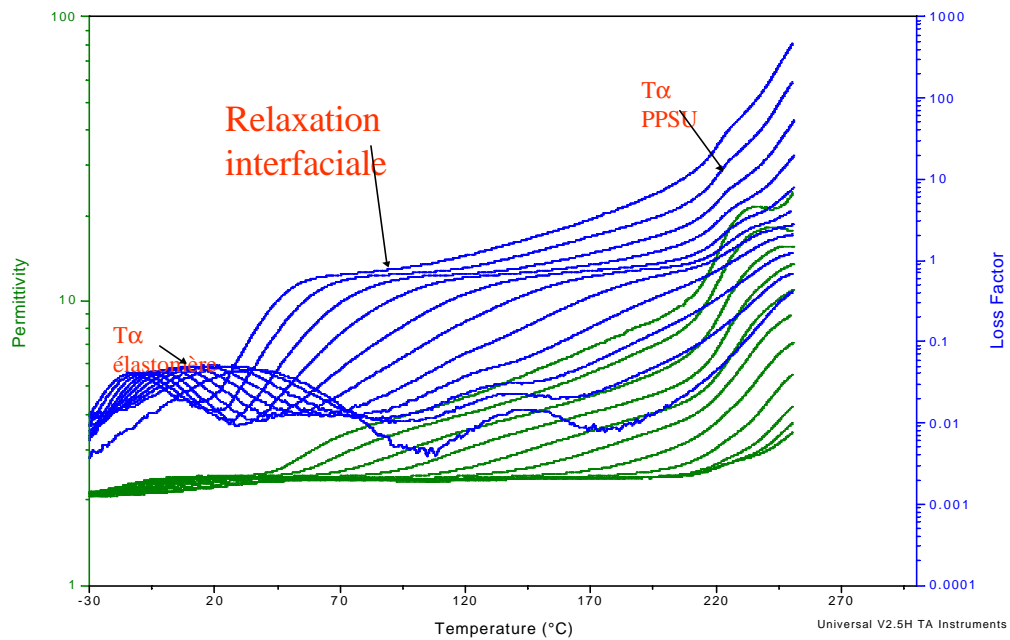
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Formation de l'interphase



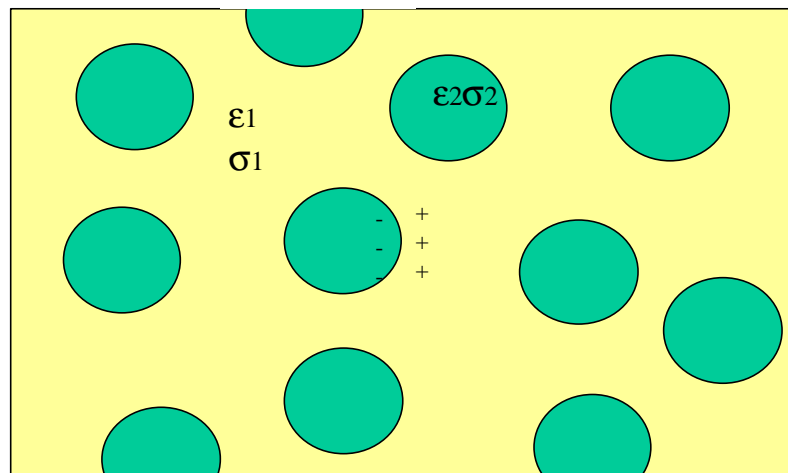
CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Mélange Polyphényl sulfone/élastomère 75/25



CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV

Milieus de propriétés diélectriques différentes Accumulation de charges aux interfaces



CARMA Club Matériaux « Mesures électriques des matériaux » Jeudi 28 mars 2002 - UTV