

Étude de la permittivité du sel de seignette en présence d'un champ électrique en forme de créneaux

R. Guillien, P. Bae, Stéphane Mounier

► **To cite this version:**

R. Guillien, P. Bae, Stéphane Mounier. Étude de la permittivité du sel de seignette en présence d'un champ électrique en forme de créneaux. *Journal de Physique*, 1966, 27 (3-4), pp.210-212. 10.1051/jphys:01966002703-4021000 . jpa-00206389

HAL Id: jpa-00206389

<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00206389>

Submitted on 1 Jan 1966

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉTUDE DE LA PERMITTIVITÉ DU SEL DE SEIGNETTE EN PRÉSENCE D'UN CHAMP ÉLECTRIQUE EN FORME DE CRÉNEAUX

Par R. GUILLIEN, P. BAE et M^{me} S. MOUNIER,

Laboratoire d'Électronique de l'École Nationale Supérieure d'Électricité et de Mécanique, Nancy.

Résumé. — Une étude de la permittivité complexe du sel de Seignette soumis à un champ électrique en forme de créneaux unidirectionnels positifs et négatifs a été effectuée à 0 °C au moyen d'un signal de mesure à 480 kHz. Une vitesse de déplacement des murs de domaines en est déduite pour une valeur déterminée du champ électrique. Pendant ces mesures, on a observé une dissymétrie des valeurs de ε' pour la même valeur du champ suivant qu'il était positif ou négatif. On en donne une explication en tenant compte de l'attraction électrostatique des armatures du condensateur et de la piézoélectricité du sel de Seignette.

Abstract. — A study of the complex permittivity of Rochelle salt subjected to an electric field in square wave shape being unidirectional positive and negative has been performed at 0 °C with a measurement-signal at 480 kHz. A speed displacement of the domain walls is deduced for a determined value of the electric field. During these measurements, we have observed an asymmetry of values of ε' for the same value of the following field which was positive or negative. This asymmetry is connected with the electrostatic attraction of condenser plates and with the piezoelectricity of Rochelle salt.

Méthode employée. — Dans un précédent article, [1] nous avons étudié principalement la permittivité du sel de Seignette, à 480 kHz, en présence d'un champ électrique sinusoïdal de polarisation. C'est par la même méthode et dans les mêmes conditions expérimentales que nous étudions le comportement du sel, avec un champ E en forme de créneaux rectangulaires. Ce champ E , de fréquence variant de 10 Hz à 1 100 Hz, est appliqué au cristal par l'intermédiaire d'une capacité placée en série avec celui-ci. A partir de créneaux symétriques donnés par un générateur TBF, nous avons appliqué au cristal maintenu à 0 °C des créneaux unidirectionnels négatifs et ensuite des créneaux positifs, d'amplitude allant de 100 à 500 V/cm de temps de montée 40 μ s.

Variations de ε' et ε'' en fonction du temps. — Quelle que soit la tension V des créneaux utilisés,

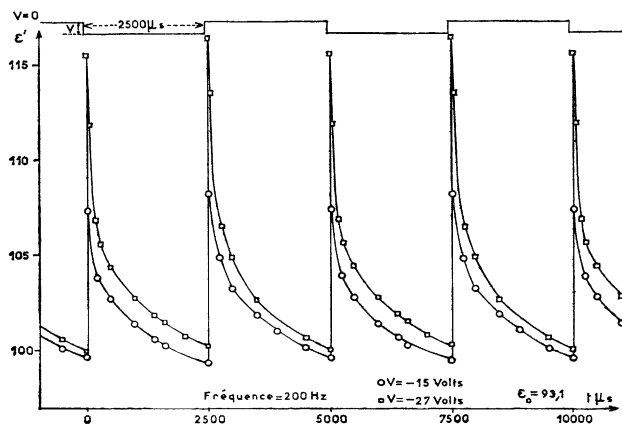


FIG. 1. — Valeur de ε' en fonction du temps pour un champ en forme de créneaux rectangulaires négatifs.

les courbes représentant ε' en fonction du temps ont la même allure : ε' croît rapidement jusqu'à un maximum, puis redescend sans atteindre la valeur ε_0 qu'il avait en l'absence d'un champ de polarisation (fig. 1). La figure 2 montre la variation de ε' en fonction du temps quand un seul créneau est appliqué au cristal. La hauteur du maximum de ε' dépend de l'amplitude de E et est une fonction croissante de celle-ci.

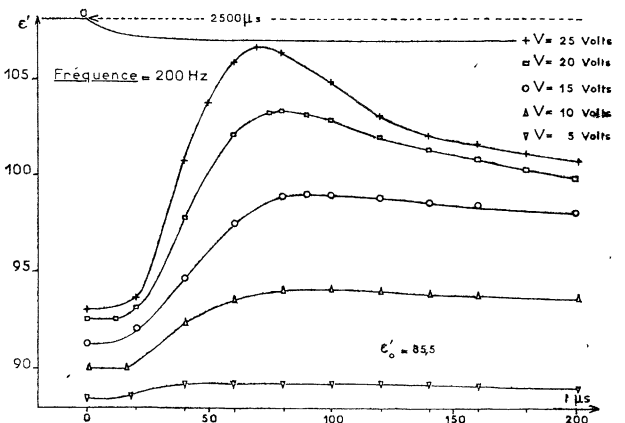


FIG. 2. — Valeur maximum de ε' en fonction du temps pour des champs d'amplitude différente.

La figure 2 bis montre $\varepsilon' = f(E)$.

Le temps τ_m pour atteindre le maximum de ε' est d'autant plus long que l'amplitude des créneaux est plus faible (fig. 2). Quand on augmente la fréquence des créneaux, τ_m diminue (fig. 3) en même temps que le pic de la courbe (ε' , t diminue de largeur (fig. 4). Cette largeur ne semble pas dépendre de l'amplitude du créneau.

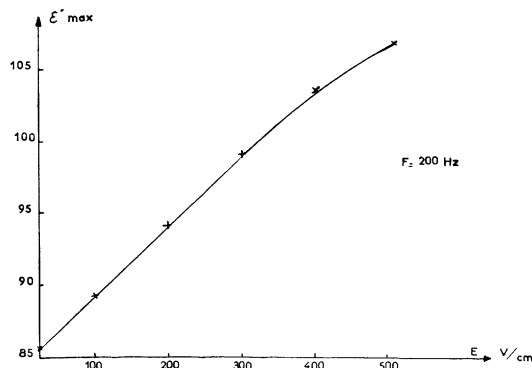


FIG. 2 bis. — Valeur maximum de ε' en fonction de E.

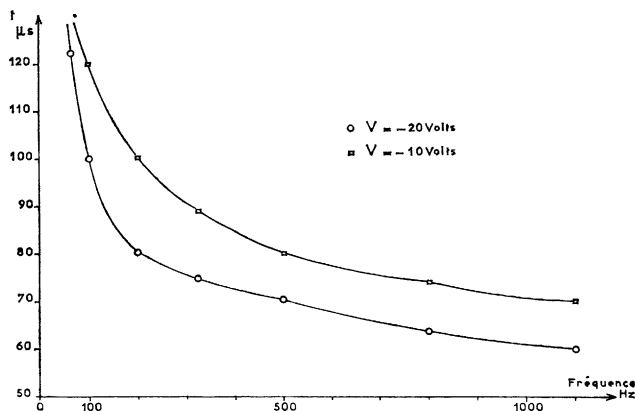


FIG. 3. — Déplacement de l'instant du maximum de ε avec la fréquence.

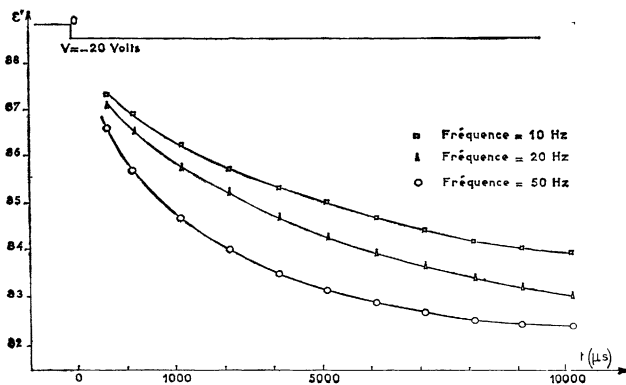


FIG. 4. — ε' = f(t) pour un champ de polarisation constant à trois fréquences différentes.

Y a-t-il un seuil de tension de polarisation au-dessous duquel il n'y a plus de variation de permittivité ?

Nous n'avons pu descendre en dessous d'un champ de 60 volts/cm. Pour cette valeur, nous avons pu observer encore un déséquilibre du pont, corres-

pondant à une variation de capacité de $\frac{1}{2}$ pF. Il n'y aurait donc pas de seuil, jusqu'à cette valeur du champ.

Estimation de la vitesse de déplacement des murs. — D'après les mesures précédentes, il est possible de connaître la vitesse de déplacement des murs de domaines.

Nous avons vu que le temps nécessaire pour que ε' atteigne son maximum est de :

70 μs pour un champ $E = V/d = 400$ volts/cm.

100 μs pour un champ $E = V/d = 200$ volts/cm.

Or la largeur des domaines peut être facilement mesurée au microscope polarisant. Elle est approximativement de 30 μm. Le chemin parcouru par chaque paroi jusqu'à ce que deux domaines de même direction de polarisation se touchent peut être supposé égal à la largeur d'un demi-domaine. Une paroi parcourt donc 15 μm en 100 μs. La vitesse de déplacement des murs correspondante serait de 0,15 m/s pour un champ de 200 V/cm à 0 °C. Cette valeur est intermédiaire entre 10 m/s obtenue par Wieder [2] et celle 0,14 cm/s obtenue par Mitsui [3] pour la même valeur de champ.

Dissymétrie observée. — Que les créneaux soient positifs ou négatifs, les phénomènes ont la même allure. Il est cependant possible d'observer une dissymétrie dans la réponse du cristal lorsque, au lieu d'appliquer des créneaux entièrement négatifs, on applique au cristal des créneaux symétriques par rapport à zéro.

On remarque, dans ce cas, que la valeur de ε' pour une même valeur absolue du champ E, n'est pas la même lorsque ce dernier est positif ou négatif. Par exemple :

$$E = + 10^3 \text{ V/cm} \quad \epsilon' = 115$$

$$E = - 10^3 \text{ V/cm} \quad \epsilon' = 97.$$

Pour tenter d'expliquer cette dissymétrie nous sommes revenus au tracé du cycle d'hystérésis. En utilisant le circuit de Sawyer et Tower à 50 Hz, nous avons pris la photographie de la figure 5 qui montre le décalage des axes de symétrie de la courbe d'hys-

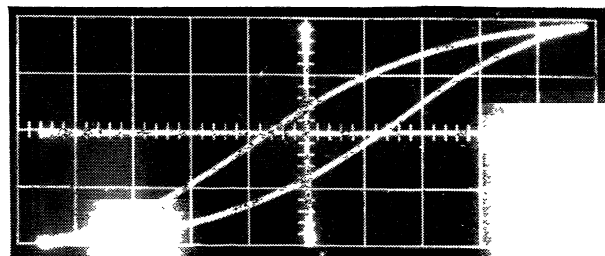


FIG. 5.

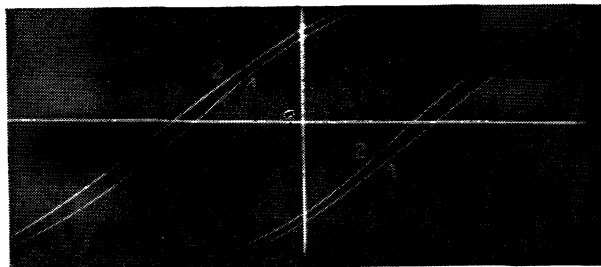


FIG. 6.

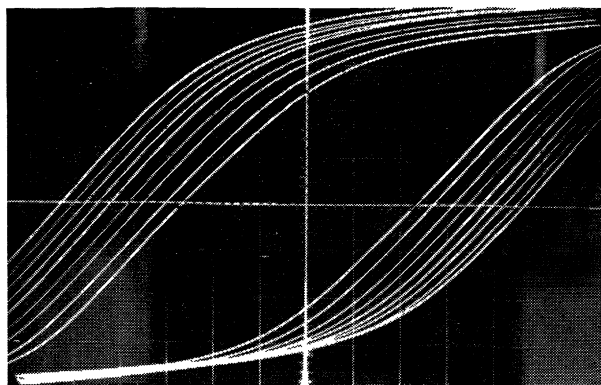


FIG. 7.

térésis par rapport aux axes $V = 0$ (vertical) et $Q = 0$ (horizontal). Ce décalage est inversé lorsque l'on retourne face pour face le cristal formant le diélectrique du condensateur étudié (fig. 6). D'autre part, on a pu remarquer que le décalage sur l'axe V augmente sensiblement comme le carré du champ coercitif E_c (fig. 7 et 8).

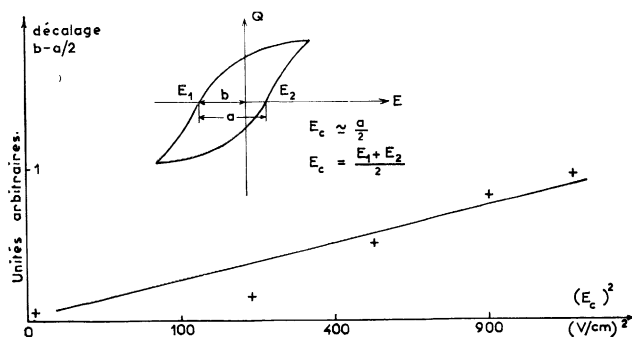


FIG. 8. — Décalage en fonction de E_c (d'après la photographie de la figure 7).

Interprétation de la dissymétrie. — On pourrait penser avoir affaire aux phénomènes suivants :

- 1) attraction électrostatique des deux armatures du condensateur ;
- 2) piézoélectricité.

L'attraction électrostatique provoque une force unidirectionnelle, proportionnelle au carré du champ appliqué, comprimant le cristal. Cette force, par effet piézoélectrique direct, superpose au champ électrique alternatif appliqué, un champ proportionnel à la valeur de la force et dirigé toujours dans le même sens par rapport au cristal. Ce champ vient donc s'ajouter au champ appliqué ou s'en retrancher.

Si on applique E_c au cristal pour annuler la charge du condensateur, suivant l'axe X ferroélectrique naît une pression électrostatique $T_1 = k(E_c)^2$. Cette pression provoque une déformation du cristal qui peut s'exprimer en notation tensorielle $S_1 = s_{1j}T_j$. Par effet piézoélectrique la déformation crée un champ électrique de composantes $h_{1m}S_m = E_1$.

Pour un cristal monoclinique (sel de Seignette à 0 °C) n'existent que les coefficients :

$$\begin{matrix} s_{11} & s_{21} & s_{31} & s_{51} \\ h_{11} & h_{12} & h_{13} & h_{15} \end{matrix}$$

Par conséquent, le champ supplémentaire sera de la forme :

$$E_s = (h_{11}s_{11} + h_{12}s_{21} + h_{13}s_{31} + h_{15}s_{51})k(E_c)^2.$$

Le champ total appliqué au cristal sera, suivant le signe de E_c ,

$$E_c \pm E_s \quad \text{soit } E_1 = E_c(1 + AkE_c) \\ \text{ou } E_2 = E_c(1 - AkE_c).$$

En considérant

$$A = h_{11}s_{11} + h_{12}s_{21} + h_{13}s_{31} + h_{15}s_{51}$$

comme constant, l'écart à la symétrie du cycle d'hystérésis $(E_1 - E_2)/2 = Ak(E_c)^2$ varie comme le carré du champ coercitif du cristal.

La variation observée du décalage en fonction du carré du champ coercitif, peut être assimilée à une droite fig. 8, ce qui justifie l'hypothèse précédente qui nous a permis d'établir la relation

$$(E_1 - E_2)/2 = Ak(E_c)^2.$$

Par contre cette courbe est en désaccord avec l'hypothèse d'un champ électrique constant dû à des tensions internes pendant la formation du cristal.

Manuscrit reçu le 12 octobre 1965.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] GUILLIEN (R.), MOUNIER (M^{me} S.) et ROIZEN (S.), Étude de la permittivité d'un cristal ferroélectrique en présence d'un champ électrique, North-Holland Publishing Company, Amsterdam. Colloque Ampère 1963, p. 440-450.
- [2] WIEDER (H. H.), *Phys. Rev.*, U. S. A., 1958, **110**, n° 1, 29.
- [3] MITSUI (T.) et FURUICHI (J.), *Phys. Rev.*, 1953, vol. **90**, n° 2, 193.