Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles

Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

Band: 4 (1922)

Artikel: Recherches sur les anomalies diélectriques du verre de silice [suite et fin]

Autor: Jaquerod, A. / Mügeli, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-741957

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

RECHERCHES

SUR LES

Anomalies diélectriques du verre de silice

PAR

A. JAQUEROD et H. MÜGELI

(Avec 3 fig.)

(Suite et fin).

III. Partie expérimentale.

A. *Appareillage et Etalonnage.*

Ainsi que nous l'avons exposé dans l'introduction [1], notre étude a porté sur le courant résiduel dans le verre de silice à diverses températures.

Toutes nos mesures consistaient à déterminer le courant résiduel en fonction du temps. La méthode que nous avons utilisée n'est pas essentiellement différente de celle généralement employée, sauf en ce qui concerne la forme du condensateur. L'une des armatures d'un condensateur est portée à un potentiel V constant; l'autre armature, après avoir été mise au sol, est, au temps zéro, reliée à l'une des paires de quadrants d'un électromètre dont l'aiguille est à un potentiel élevé, tandis que l'autre paire de quadrants est au sol.

La vitesse de déplacement de l'aiguille est proportionnelle à l'intensité du courant qui traverse le diélectrique.

1° *Condensateur.* — Il s'agissait d'éviter le glissement des charges à la surface du diélectrique; c'est pour cette raison que nous avons adopté le dispositif représenté par la fig. 1.

[1] Voir *Arch.*, (5) 4 (1922) 10.

Comme on pourra s'en rendre compte, cette forme cylindrique est préférable à celle généralement employée. (Condensateur à plans parallèles avec anneau de garde.) Elle rend rigoureusement impossible le glissement superficiel des charges, et l'on mesure exclusivement le courant qui a traversé le diélectrique.

Sa construction est la suivante: Deux cylindres concentriques en verre de silice sont soudés à leur partie supérieure. Le cylindre extérieur possède deux ouvertures; une supérieure O_s qui se

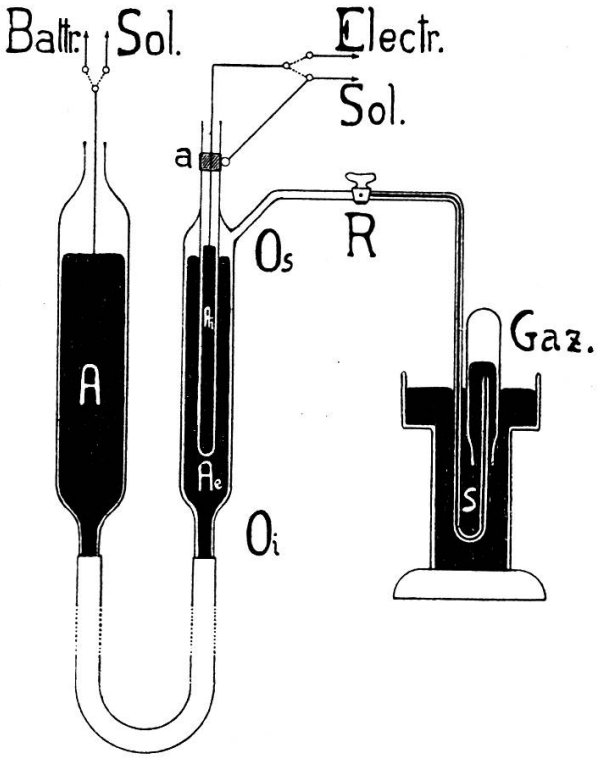


Fig. 1.

continue par un tube de verre terminé en forme de siphon S et fermé à sa partie médiane par un robinet R; une inférieure O_i qui permet l'arrivée du mercure contenu dans le récipient A, mercure qui sert d'armature extérieure A_e.

L'éprouvette intérieure, en verre de silice de première qualité, soigneusement lavée à l'acide chromique puis à l'eau distillée et parfaitement séchée, constitue le diélectrique proprement dit; elle est munie à sa partie supérieure d'un anneau de garde *a* relié au sol, et le mercure qu'elle contient joue le rôle d'armature intérieure A_i. Cette armature peut être mise en communication métallique soit avec l'électromètre, soit

avec le sol. Il en est de même de l'armature extérieure A_e, qui peut être reliée au sol ou au pôle d'une batterie d'accumulateurs. Le mercure employé avait été au préalable soigneusement purifié.

Une manœuvre très simple de l'ampoule A et du robinet R, permettait de faire le vide à l'intérieur du condensateur ou de mettre un gaz quelconque en contact avec le diélectrique. L'abaissement ou l'élévation de l'ampoule A doit se faire très lentement, et, pendant toute la manœuvre, le mercure doit être constamment relié au sol, faute de quoi les charges, qui se forment par frottement à la surface de la silice, produisent un état de polarisation du diélectrique qui empêche toute mesure précise pendant des heures.

La capacité totale du système condensateur-électromètre avec fils de jonction a été mesurée en observant la décharge du dit système à travers une résistance de Bronson. ($R = 15{,}5 \,.\, 10^{10}\ \Omega$).

Graphiquement, si l'on porte le log. de V en fonction du temps t, on obtient une droite, et, au signe près, le coefficient angulaire $\alpha = \frac{1}{R \,.\, C}$.

Une première décharge du condensateur seul donne:

$$\alpha_1 = \frac{1}{R(C_X + C_B)} \,.$$

C_X étant la capacité inconnue et C_B la capacité de la résistance de Bronson, égale à 6,24 cm.

En mettant en parallèle un condensateur à air de capacité connue, ($C_A = 450$ cm), on obtient une seconde valeur du coefficient angulaire,

$$\alpha_2 = \frac{1}{R(C_X + C_B + C_A)} \,.$$

De ces deux relations on tire:

$$C_X = \frac{(C_B + C_A)\alpha_2 - C_B \alpha_1}{\alpha_1 - \alpha_2} \,.$$

Les mesures ont donné:

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0{,}00665 \\ 0{,}00669 \\ 0{,}00670 \end{cases} \text{moyenne : } 0{,}00668 \qquad \alpha_2 = \begin{cases} 0{,}00172_8 \\ \\ 0{,}00173_0 \end{cases} \text{moyenne : } 0{,}00172_9$$

En effectuant les calculs, on trouve pour la capacité à déterminer:

$$C_X = 151 \text{ cm}$$

pour une position moyenne de l'aiguille de l'électromètre; elle varie d'ailleurs très peu avec cette position.

2° *Electromètre.* — L'intensité du courant anomal était déterminée à l'aide d'un électromètre à quadrants de Dolezalek avec fil de suspension à la Wollaston de 6 μ de diamètre.

Pour une charge à l'aiguille de 90 volts et une distance de l'échelle à l'électromètre de 107 cm, la sensibilité était de 276 divisions pour 1 volt; l'intensité du courant correspondant à 1 div. par min. équivalait:

a) dans le cas où la capacité du système condensateur-électromètre était de 151 cm.

$$i = \frac{C}{9 \,.\, 10^{11}} \cdot \frac{V}{t} = \frac{151}{9 \,.\, 10^{11}} \cdot \frac{0{,}00362}{60} = 1{,}01_2 \,.\, 10^{-14} \text{ ampère}$$

b) dans le cas où la capacité précédente était augmentée de celle d'un condensateur à air, isolé à l'ambre (donc exempt de résidus) que l'on plaçait en parallèle pour diminuer la sensibilité:

$$i = 4{,}03 \,.\, 10^{-14} \text{ ampères}$$

3° *La batterie d'accumulateurs* utilisée était formée de 3 groupes de 16 éléments, d'une tension maximum d'environ 93 volts et d'une capacité de 3,5 ampères-heure. La variation du voltage en fonction du temps était très faible, pratiquement nulle pendant une mesure.

4° *Clé.* — Pour charger le condensateur, nous avons utilisé une clé spéciale construite comme suit: (voir fig. 2).

Sur un bloc d'ébonite B, taillé en gradins, sont fixées par une extrémité, deux lames métalliques flexibles l_1 et l_2, de longueurs différentes. La borne b_1 est toujours reliée au sol, tandis que b_2 est en communication avec l'un des pôles de la batterie. Le contact C_1 permet de porter l'armature A_e à un potentiel constant, tandis que C_2, isolé à l'ambre, relie la clé à l'armature A_i et à l'électromètre. Le maniement en est très simple; la fermeture se fait en deux temps; lorsque tout est en place,

comme l'indique la fig. 2, l'armature A_i et l'une des paires de quadrants sont au sol par l'intermédiaire de C_2.

Premier temps: On abaisse le levier L dans la direction indiquée par la flèche jusqu'au contact de l_2 avec C_1. Ce dernier contact, supporté par la lame l_1 en est isolé par un disque d'ébonite *a*. Ce premier mouvement a pour but de porter l'armature A_e à un potentiel constant qui produit sur A_i une charge instantanée; celle-ci s'écoule dans le sol, puisque C_2 est encore relié à la borne b_1.

Second temps: Le mouvement du levier continuant, l'extrémité de la lame l_2 exerce sur la lame l_1 une pression qui rompt le contact en C_2. La clé, une fois fermée, maintient A_e à un

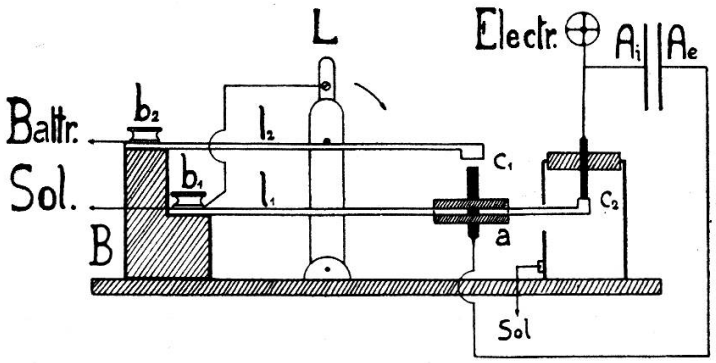


Fig. 2.

potentiel constant, tandis que l'armature A_i et l'une des paires de quadrants sont isolées, si bien que toute variation de potentiel sur A_i sera indiquée par un déplacement de l'aiguille. Pratiquement la fermeture de la clé se fait en quelques centièmes de seconde.

5° *Thermostat.* — Un récipient cylindrique en zinc, contenant 35 litres d'eau, recouverte d'une couche de paraffine destinée à éviter l'évaporation, jouait le rôle de thermostat (fig. 3). La chauffe se faisait électriquement à l'aide d'un fil métallique enroulé autour du récipient et isolé de ce dernier par du carton d'amiante. L'isolation thermique était assurée par une protection de 6 cm de cendre de bois (*c*); dans ces conditions l'élévation de température était en moyenne de 8° à 14° par heure, et la perte par rayonnement atteignait, suivant la température, 0,8° à 1,4° par heure. Le réglage de la température se faisait à l'aide d'un rhéostat. La température désirée une

fois atteinte, il suffisait d'attendre qu'un état de régime se soit établi, ce qui généralement durait 30 à 60 min. Ce mode de réglage, quoique primitif, était très suffisant et dans toutes nos mesures nous avons réalisé des températures stables à moins de 0°,1 pendant plusieurs heures. Les mesures à la température ordinaire ont été faites au voisinage du maximum de la température de la salle, parce qu'à ce moment les variations de température étaient très faibles.

Une pompe centrifuge P, mise en action par un petit moteur M. entretenait une circulation d'eau dans un manchon métallique L (Liebig) entourant le condensateur cylindrique placé en

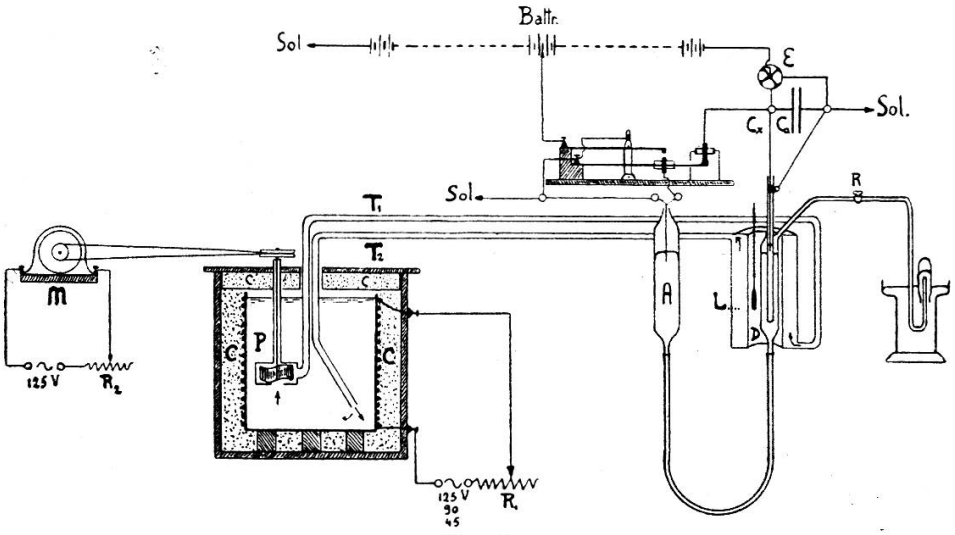


Fig. 3.

D et éloigné de 1,5 m environ du thermostat. La conduite, formée des tuyaux de plomb T_1 et T_2, était également protégée thermiquement par une enveloppe très épaisse de ouate et de drap (non reproduite sur la fig.). Un thermomètre divisé en cinquième de degré et placé dans l'enceinte chauffée, en contact avec le condensateur, indiquait la température.

6° *Installation.* — Le schéma, fig. 3, représente l'installation et l'assemblage des différents appareils que nous venons de décrire sommairement. Il y a lieu d'ajouter quelques détails non reproduits sur la figure.

Les fils de sol, ainsi que toutes les canalisations d'eau, de gaz, de chauffe, etc... qui se trouvaient dans notre salle, étaient reliés entre eux et à une borne centrale directement reliée à une plaque de cuivre enfouie dans le sol.

Toute la partie électrique de l'appareillage, en particulier les fils de jonction reliant le condensateur et la clé à l'électromètre, a été très soigneusement protégée contre l'influence extérieure de champs électriques. Cette protection, réalisée à l'aide d'écrans métalliques reliés au sol, était telle qu'un électrophore, chargé et placé à 10 cm des différents appareils, ne produisait aucune perturbation.

Les commutateurs employés (araignées) ont été construits en paraffine solide.

Partout, où une très bonne isolation était nécessaire, nous avons utilisé suivant les cas l'ambre ou le soufre.

Lors même que notre dispositif paraît très simple, cette simplicité n'a pas été atteinte sans difficultés. Durant la mise au point, qui a duré environ huit mois, nous avons constamment cherché à améliorer la méthode, et plus d'une fois nous avons même complètement changé l'installation. C'est seulement après avoir atteint une régularité parfaite dans les mesures et dans le fonctionnement des différents organes, que nous avons abordé l'étude que nous nous étions proposée.

7° *Marche d'une expérience.* — Avant de procéder à la mesure du courant anomal, il fallait : Mesurer le voltage de la batterie d'accumulateurs au dizième de volt avec un voltmètre de précision Siemens et Halske; cette détermination était répétée après l'expérience. Se rendre compte qu'aucun résidu n'existait préalablement dans le diélectrique, ce que l'on vérifiait en isolant l'armature intérieure, l'autre étant au sol. Si un déplacement du spot était observé, la mesure était renvoyée à plus tard. Déterminer l'état d'isolement de l'appareil. Pour cela on chargeait l'armature à environ un dizième de volt et on observait le déplacement du spot. En général la stabilité de l'aiguille indiquait un isolement parfait. Si tel n'était pas le cas, aucune mesure n'était faite avant d'avoir rétabli un bon isolement, ce qui du reste n'a été nécessaire que deux ou trois fois. Noter la distance de l'échelle à l'électromètre, vérifier le zéro, noter la pression barométrique et la température de la salle.

Remarques. — La température du condensateur est prise avant, pendant et après la mesure; le temps est toujours indiqué en minutes.

L'intensité du courant est exprimée par la vitesse de déplacement du spot en divisions de l'échelle (mm) parcourues en une minute. Suivant la rapidité de décroissance du courant, les lectures se faisaient à des intervalles de temps plus ou moins rapprochés; en général toutes les 15 sec. pendant les 5 premières minutes, toutes les 30 sec. pendant les 15 min. suivantes, puis toutes les minutes et vers la fin de la mesure toutes les 5 min.

Lorsque le spot s'est déplacé de 50 à 60 divisions à partir du zéro, il y est ramené par une décharge instantanée de l'armature reliée à l'électromètre, ce que l'on réalise en ouvrant la clé d'un cran et en la refermant immédiatement.

Nous citons à titre d'exemple le début des mesures N° 86 et N° 87 du 7 septembre 1920:

Charg à l'arm. extr.: avant –29,6 volts; après –29,6 volts.
Charge à l'aiguille: avant –89,6 volts; après –89,6 volts.

Isolement: bon
zéro: 300
Dist. Ech.-Electr.: 107 cm

Pr. barom.: (moyenne) 725,4
Tpt. de la salle: 19°,5
Condensateur à air en parallèle (450 cm)

Observations.	t en min.	Lectures en div. ech.	Vitesses en div. pr min.	Observations.	t en min.	Lectures en div. ech.	Vitesses en div. pr min.
E = — 29,6 → inst.	0	—	—	E = 0 → inst.	0	—	—
	1/4	287,8	—		1/4	311,8	—
Courant anomal	1/2	280,3	29,4	Courant anomal	1/2	319,4	29,4
de charge	3/4	273,1	27,4	de décharge	3/4	326,5	27,0
	1	266,6	23,0		1	332,9	23,4
N° 86	1 1/4	261,6	21,0	N° 87	1 1/4	338,2	21,0
	1 1/2	256,1	19,8		1 1/2	343,4	19,8
Temp. du conds.	1 3/4	251,7	18,6	Temp. du conds.	1 3/4	348,1	18,6
19,35	2	246,8	17,4	19,40	2	352,7	17,2

B. *Résultats et discussion.*

Pour comparer les résultats entre eux, nous avons ramené, par de simples calculs de proportionnalité, toutes les mesures à des conditions identiques, à savoir: 90 volts à l'aiguille, 30 volts à l'armature extérieure pour une distance de 107 cm. de l'échelle à l'électromètre. Les voltages employés étant tou-

jours très voisins de ces valeurs, cette façon d'opérer ne présente aucun inconvénient.

Au lieu de donner de nombreux tableaux numériques, encombrants et incommodes à consulter, nous représentons toujours le courant mesuré par un graphique; ces graphiques ont été soigneusement tracés, à grande échelle, sur du papier millimétrique. Les reproductions que nous publions, et qui ne portent que sur quelques cas typiques, choisis parmi un très grand nombre d'observations (plus de 200), sont des réductions fidèles des graphiques originaux.

1° *Divers types de courants et formules empiriques.*

Notre étude nous a révélé dès l'abord *différents types* de courants, dont les plus caractéristiques peuvent être représentés par les courbes du diagramme I. Ces courbes sont relatives aux mesures N°s 33-44-78 et 171. On peut voir sur le graphique les énormes variations du courant, non seulement en ce qui concerne les intensités aux temps correspondants, mais encore les différences considérables dans l'allure générale présentée par ces courants.

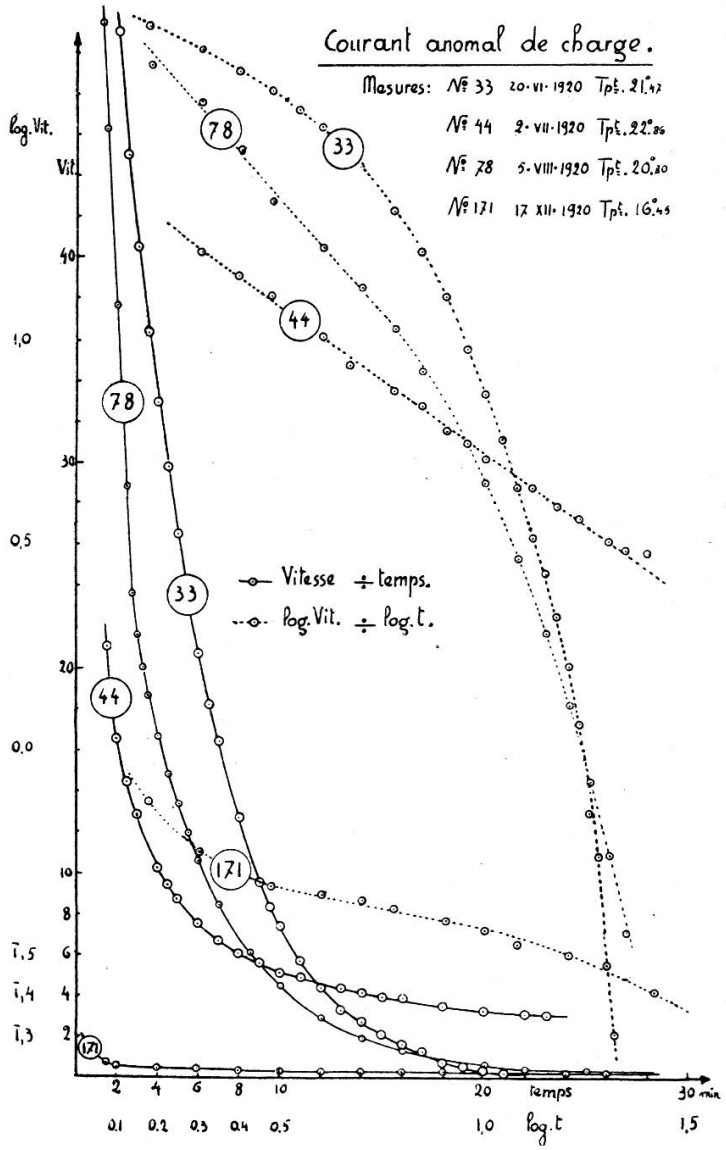
Afin de pouvoir discuter ces variations, nous avons cherché empiriquement une fonction qui soit capable de les représenter. Nous avons tout d'abord étudié la valeur de la formule empirique $y(t) = Bt^{-n}$. Pour cela nous avons porté sur un graphique le logarithme de l'intensité en fonction du logarithme du temps. Ainsi qu'on peut le voir (diagr. I), seul le courant N° 44 vérifie approximativement la relation hyperbolique. Remarquons cependant que dans ce cas le courant n'a pas été observé jusqu'à son extinction; il est très probable que si nous l'avions poursuivi, il n'aurait pas vérifié la relation en question.

Cet essai a été répété avec un très grand nombre de courants observés et toujours avec le même résultat. Si l'on rapproche cette constatation des remarques faites à la page 13, à propos de la formule N° 1, on comprendra que nous ayons été conduit à la rejeter définitivement.

Après bien des tâtonnements, la seule relation simple qui nous ait paru présenter quelques avantages pratiques est une somme d'exponentielles. Les fonctions exponentielles pré-

sentent aussi un avantage théorique puisqu'elles sont susceptibles de représenter des phénomènes particulièrement simples. On peut donc espérer par la suite découvrir un schéma qui permette de rendre compte de l'allure du courant observé.

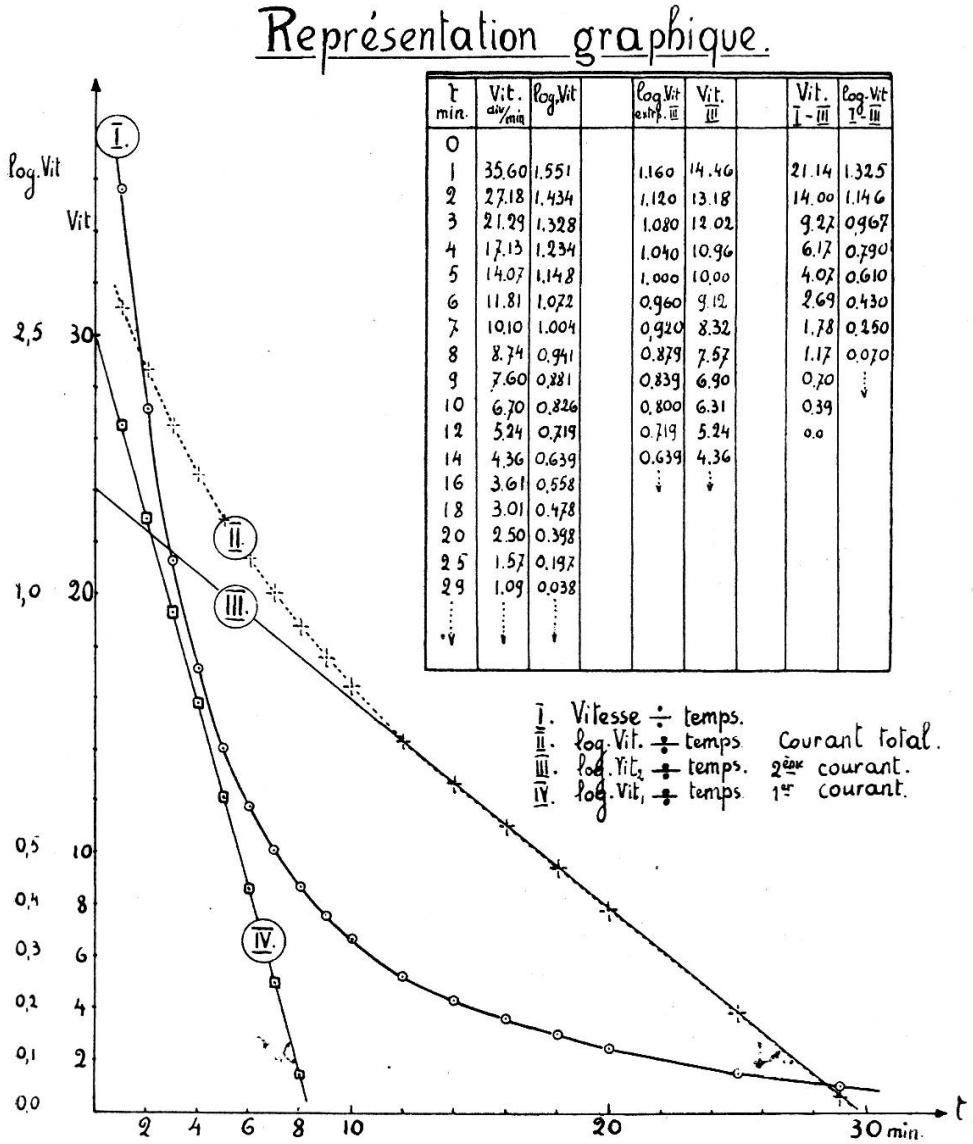
Portons, dans un système d'axes rectangulaires, le loga-



Diagr. I.

rithme de l'intensité du courant anomal (log. vit.) en fonction du temps. Dans le cas d'une exponentielle, on obtiendrait une droite; or la courbe II, *diagramme II*, donne seulement à partir de la douzième minute environ une portion rectiligne. Mais rien n'empêche de supposer le phénomène plus complexe et d'essayer de le représenter par la superposition de deux fonc-

tions exponentielles. Pour cela, extrapolons la droite III jusqu'à l'axe des ordonnées, et par différences trouvons les valeurs de la première partie de la courbe II. Le tableau reproduit à droite du diagramme II indique les opérations à effectuer.



Diagr. II.

Ces valeurs une fois calculées, en portant leurs logarithmes en fonction du temps, on obtient une seconde droite IV. Le courant anomal est donc décomposable en une somme de deux termes exponentiels:

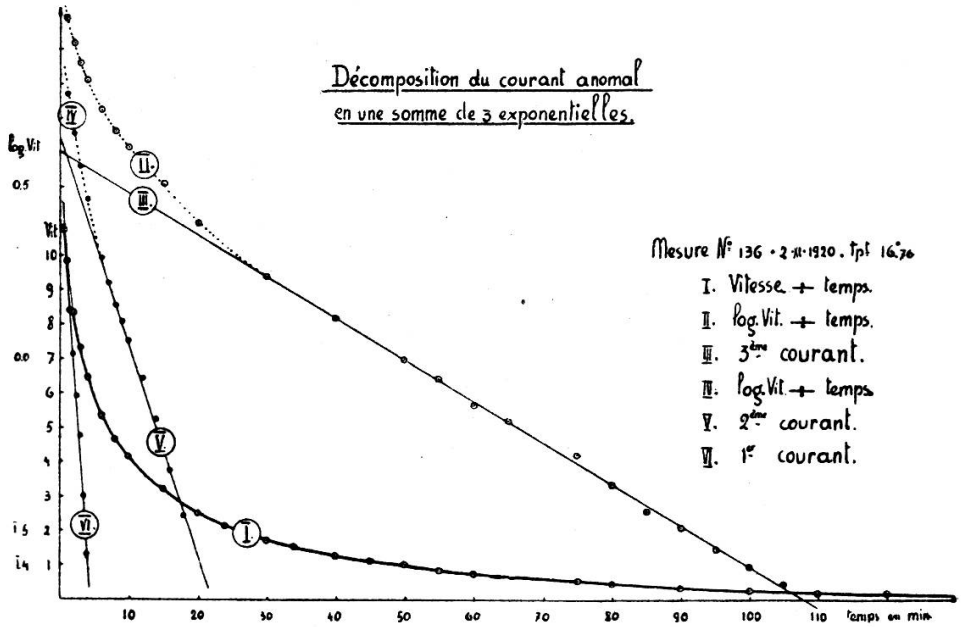
$$y(t) = Ae^{-\alpha t} + Be^{-\beta t} \qquad (20)$$

A et B étant des constantes, α et β les coefficients angulaires des droites logarithmiques.

Cette relation s'est vérifiée dans tous les cas où le courant anomal était pratiquement terminé au bout de 25 à 30 minutes. Par contre, si le courant mesuré se prolonge au-delà de 30 min. on doit introduire un troisième terme et admettre l'équation suivante:

$$y(t) = Ae^{-\alpha t} + Be^{-\beta t} + Ce^{-\gamma t} \qquad (21)$$

En résumé, le courant anomal, dans le verre de silice, peut se représenter, avec une très grande approximation, à l'aide d'une somme de deux, au maximum de trois exponentielles. On peut donc considérer le phénomène global comme dû à la superpo-



Diagr. III.

sition de trois courants ayant chacun une allure très simple, Il nous arrivera par la suite de parler du premier courant, du deuxième, etc..

Le diagramme III reproduit à titre d'exemple la mesure N° 136 du 2.XI.1920.

Comme on peut en juger, la concordance est bonne; d'ailleurs la formule (21) n'a pas la prétention d'être rigoureuse, car il est facile de voir que ce mode de représentation est assez souple. Elle présente, en outre des avantages mentionnés, celui de permettre un calcul facile de la quantité d'électricité transportée par le courant anomal.

En effet, par définition, l'intensité du courant mesure la quantité d'électricité qui, par unité de temps, traverse une section donnée du conducteur : $i = \frac{dq}{dt}$; la quantité totale transportée, pendant le temps t, est donnée par: $q = \int_0^t i\,dt$

Si l'on fait ce calcul pour un courant représenté par l'équation (21), on trouve pour le premier terme, en supposant $t = \infty$, c'est-à-dire le courant poursuivi jusqu'à son extinction théorique,

$$q_1 = A \int_0^\infty e^{-\alpha t}\,dt = \frac{A}{\alpha}$$

et de même pour les termes suivants:

$$q_2 = \frac{B}{\beta} \qquad \text{et} \qquad q_3 = \frac{C}{\gamma}$$

d'où en définitive:

$$Q = \Sigma q_i = \frac{A}{\alpha} + \frac{B}{\beta} + \frac{C}{\gamma}$$

Pour $t = 0$, $i = A + B + C$; ces constantes représentent donc les intensités des trois courants à l'origine. En appelant ces constantes i'_0, i''_0 et i'''_0 on obtient:

$$Q_0^\infty = \frac{i'_0}{\alpha} + \frac{i''_0}{\beta} + \frac{i'''_0}{\gamma} \qquad (22)$$

Appliquons cette relation à un exemple. La mesure N° 88 donne:

$$\alpha = 0{,}406_0 \qquad i'_0 = 11{,}6_1$$
$$\beta = 0{,}082_6 \qquad i''_0 = 9{,}3_3$$
$$\gamma = 0{,}015_1 \qquad i'''_0 = 5{,}5_5$$

En effectuant les calculs, on trouve:

$$Q_0^\infty = c\,.\,509$$

La quantité d'électricité Q est donnée à un facteur c près que nous avons trouvé égal à $3{,}8.10^{-3}$ (pour une capacité totale de 601 cm). Nous aurons donc en unités electrostatiques:

$$Q_0^\infty = 1{,}94_4 \text{ u. e. s.}$$

2° *Courant normal de conduction.*

Tous les courants résiduels, mesurés à la température ordinaire, devenaient, après quelques heures, pratiquement nuls; nous en avions conclu que le courant normal de conduction du verre de silice était imperceptible dans les conditions expérimentales où nous opérions. Mais en élevant la température du condensateur, nous avons pu constater, à partir de 60°, l'existence d'un tel courant dont l'intensité augmentait rapidement avec la température. Ce courant a été l'objet de deux séries de mesures.

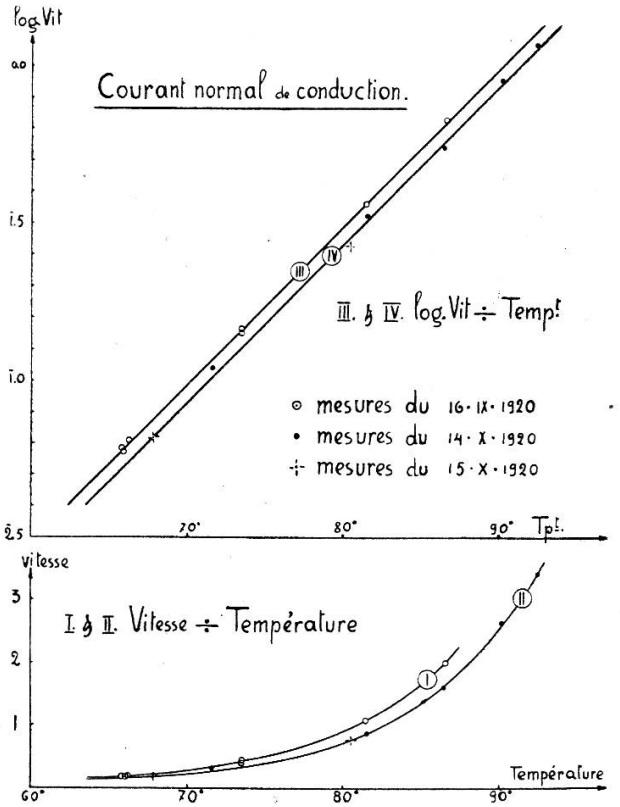
Le condensateur était maintenu pendant 48 heures à une température voisine de 65°, l'armature extérieure étant chargée à environ 90 volts. Ainsi le courant anomal de charge avait le temps de disparaître, ce que d'ailleurs nous avons vérifié. Puis, maintenant la température aussi constante que possible, nous avons enregistré l'intensité du courant constant. Pour une température donnée, la vitesse du spot était pratiquement constante. Procédant ainsi par échelons successifs, nous avons obtenu les valeurs suivantes:

Observations.	Tempér.	Vitesse du spot. div./min.	Vitesse du spot. ram. à 90/30-107.	lg. Vit.
Mesures du 16.IX	65,80	0,18	0,0612	2,787
	65,90	$0,17_5$	0,0595	$\bar{2},774$
Charge à l'aigl. et	66,24	0,19	0,0646	$\bar{2},810$
à l'arm. extr.	73,44	0,43	$0,146_2$	$\bar{1},165$
89,1 volts	73,46	$0,41_7$	0,142	$\bar{1},152$
(sans capacité	81,43	1,07	0,364	$\bar{1},561$
en parallèle)	86,60	2,00	0,680	$\bar{1},832$
Mesures du 14 et	71,60	0,32	$0,110_2$	$\bar{1},042$
15.X.20	81,52	0,88	0,334	$\bar{1},524$
Charge à l'aigl. et	86,50	1,61	0,555	$\bar{1}$ 744
à l'arm. extr.	90,20	2,64	0,913	$\bar{1},960$
88,5 volts.	92,44	$3,41_5$	1,18	0,072
(sans capacité	67,80	0,19	$0,066_1$	$\bar{2},820$
en parallèle)	80,46	$0,77_2$	$0,268_4$	$\bar{1},429$

En portant ces valeurs *dans le diagramme IV*, on voit immédiatement la forte augmentation de l'intensité du courant en fonction de la température (courbes I et II).

Ici également, entre le courant constant et la température, nous avons affaire à une fonction exponentielle de la forme:

$$i = Ke^{n\theta} \tag{23}$$



Diagr. IV.

où K est une constante, θ la température en centigrade et n le coefficient angulaire de la droite que l'on obtient en portant le log. i en fonction de la température θ (courbes III et IV).

Si les deux droites ne se superposent pas, cela provient d'une petite différence accidentelle de la capacité de notre appareil dans les deux séries de mesures; l'inclinaison des deux droites est par contre tout à fait la même. Nous avons pu nous rendre compte, en calculant la correction relative à la capacité, que les deux séries d'observations se superposent exactement.

Remarquons en passant que des mesures inédites, exécutées au même laboratoire, ont montré que le courant normal de

conduction du verre ordinaire suit une loi identique à celle que nous venons de mentionner pour le verre de silice.

Le tableau suivant indique quelques valeurs de la conductibilité vraie du verre de silice à différentes températures, valeurs déduites des mesures des 14 et 15 oct. 1920. La conductibilité spécifique σ est exprimée en *mho. cm*^{2}. *cm.* (Surface moyenne du diélectrique $17{,}0_4$ cm^2; épaisseur moyenne $0{,}058_6$ cm.)

Temp. en C.	0	10	18	20	50	60
σ	$2{,}9.10^{-23}$	$9{,}3.10^{-23}$	$2{,}3_6.10^{-22}$	$3{,}0.10^{-22}$	$9{,}7.10^{-21}$	$3{,}1.10^{-20}$

Temp. en C.	70	80	90	100	120
σ	$9{,}9.10^{-20}$	$3{,}1_6.10^{-19}$	$1{,}0.10^{-18}$	$3{,}2.10^{-18}$	$3{,}3.10^{-17}$

Les valeurs mentionnées au début et à la fin du tableau ont été obtenues par extrapolation; elles sont donc incertaines; néanmoins, elles présentent un certain intérêt pratique, notamment en ce qui concerne le pouvoir d'isolement du verre de silice à la température ordinaire.

Le dispositif adopté ne permettant pas de faire des mesures à des températures plus élevées, nous devons nous limiter à ces quelques résultats, espérant les compléter plus tard, en particulier pour ce qui concerne l'influence des gaz dissous. Peut-être ces expériences donneront-elles quelques renseignements sur l'origine du courant de conduction. En effet, deux interprétations sont possibles; ou bien nous avons affaire à un courant de nature électrolytique, ou bien il est purement électronique. Sans vouloir trop insister, on peut supposer, d'après les travaux de J. Kœnigsberger [1], qu'il s'agit d'un courant d'électrons (dont le nombre augmenterait avec la température) et non pas, comme on pourrait le croire étant donnée l'augmen-

[1] J. Kœnigsberger, *Jahrb. der Radioaktiv.*, 4 (1907), 158; *Z. S. f. Elektrochem.*, 16 (1910), 162.

tation de la conductibilité avec la température, d'un déplacement d'ions tel qu'on le rencontre chez les électrolytes.

3° *Courant anomal.*

Comme nous l'avons déjà dit, et nous insistons encore, des variations considérables dans l'allure du courant anomal sont venues entraver nos mesures. Plus nous avancions dans notre étude, plus les phénomènes se montraient complexes. Toutefois, ces difficultés ne nous ont pas empêchés d'obtenir certains résultats.

a) *Loi de superposition.* — Nous avons défini ce principe plus haut (page 14) et nous avons vu que si le courant résiduel de charge est devenu nul après une action prolongée du champ, l'intensité du courant de décharge, d'après le principe de superposition, est égale, en valeur absolue, à celle du courant de charge aux moments correspondants; ce qui revient à dire que les courbes représentatives de ces deux courants se superposent.

Nos expériences nous obligent à modifier cet énoncé et à dire: *La quantité d'électricité transportée par le courant anomal de décharge est égale à celle transportée par le courant anomal de charge.*

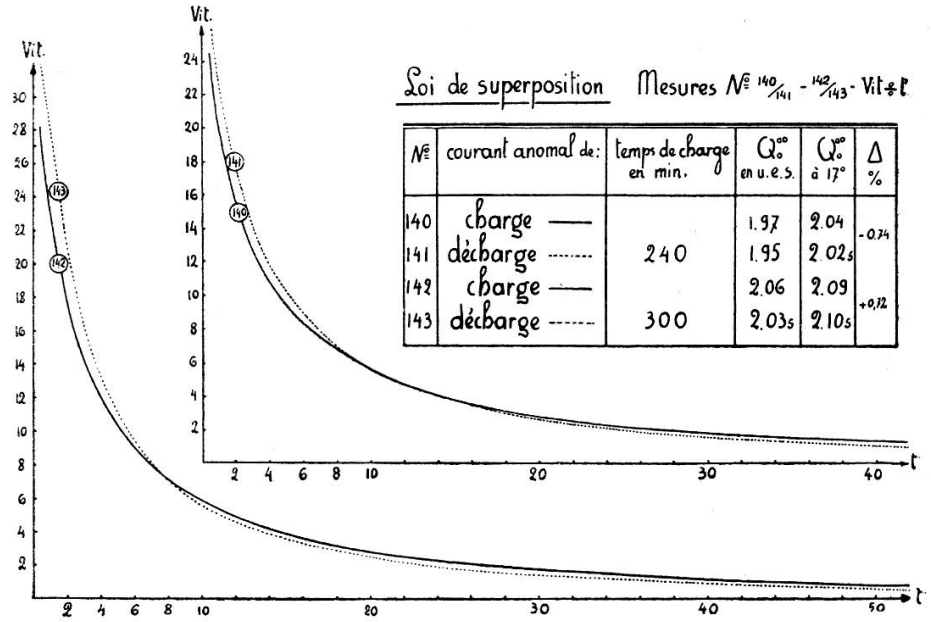
La différence consiste donc à remplacer l'égalité des intensités aux temps correspondants par l'égalité des aires limitées par les courbes des courants et les axes de coordonnées. Les cas où il y a superposition des courbes représentatives sont très rares, du moins pour le verre de silice; dans ces conditions, l'égalité des aires va de soi.

Par contre, la plupart des courants que nous avons mesurés présentaient un caractère spécial que nous reproduisons sur le *diagramme V.*

Ici la courbe représentative du courant anomal de décharge est supérieure à celle du courant de charge pendant les premières minutes, puis, elle coupe cette dernière pour lui devenir inférieure et s'en rapprocher ensuite insensiblement. Par contre, les quantités d'électricité qui traversent le diélectrique sont, dans les deux sens, à très peu près les mêmes. (Voir tableau, diagr. V.)

Nous en concluons que le principe de superposition ne s'applique qu'aux *quantités d'électricité* transportées et non pas, comme on l'admet généralement, aux intensités correspondantes des deux courants.

La raison de cette divergence n'est pas facile à trouver. On pourrait, par exemple, rapprocher nos résultats de ceux de Zaroubine [1] qui opérait dans des conditions bien différentes, et qui pourtant est arrivé aux mêmes résultats quant à l'allure des deux courants. Ses mesures ont porté sur une couche d'ozokérite de 2 mm. d'épaisseur. La différence de potentiel



Diagr. V.

appliquée était égale à 900 volts; après 96 min, elle était supprimée et le condensateur mis en court circuit; enfin, après 165 sec., une préparation de radium, contenant un peu moins de 1,5 mgr. de bromure de radium, était suspendu au-dessus de la partie centrale du condensateur et y restait jusqu'à la fin de l'expérience. Dans ces conditions, Zaroubine mesure un courant anomal de décharge identique à ceux mentionnés par notre diagramme V, et il en conclut que l'ionisation ne fait qu'accélérer le retour de l'électricité transportée.

[1] A. Zaroubine, *Le Radium*, 9 (1912), 385.

Il est bien peu probable qu'une influence de ce genre ait agi sur les courants de décharge que nous avons observés; d'autant plus que si cette influence ionisatrice existait, sans que nous nous en soyons rendu compte, elle aurait également agi sur le courant de charge, et, dans ces conditions, comme l'a montré Zaroubine, le courant de décharge aurait été complètement différent, c'est-à-dire beaucoup plus faible. Quoi qu'il en soit, l'interprétation de ce physicien ne s'applique pas à nos observations et à défaut d'explication, nous nous contentons, pour le moment, de signaler la chose. Peut-être des recherches futures permettront-elles de formuler une hypothèse plausible en accord avec les autres phénomènes observés au cours de ce travail.

Disons encore, qu'autant qu'il nous a été possible de l'observer, l'égalité des charges transportées par les deux courants se vérifie aussi à des températures plus élevées. Les mesures et les calculs sont alors beaucoup plus incertains grâce à la présence du courant normal de conduction.

b) *Influence de la température.* — La température a une influence énorme sur les phénomènes résiduels du verre de silice, influence qui se manifeste de deux façons différentes:

1. Une élévation de température diminue considérablement l'intensité du courant anomal.

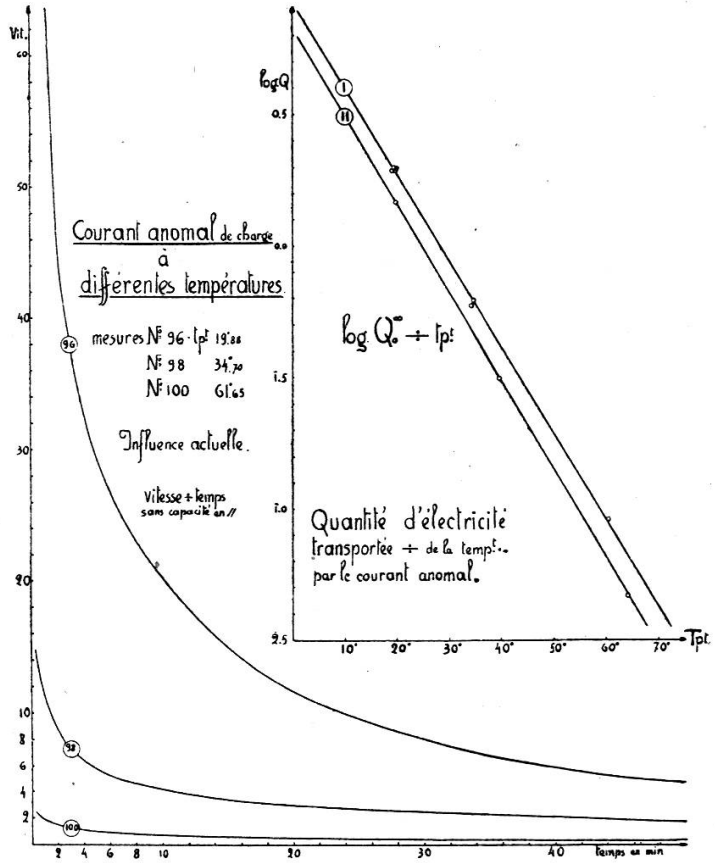
2. Une chauffe prolongée produit sur les courants subséquents mesurés à la température ordinaire, des variations considérables.

Autrement dit: la température a une influence actuelle (1) et permanente (2) sur les phénomènes résiduels, et, tandis que la première a été nettement établie, la seconde laisse encore subsister certains doutes que nous chercherons à éclaircir par de nouvelles recherches.

Influence actuelle. — Etant donné l'effet permanent de la chauffe, il nous a paru que la seule façon logique de procéder pour chercher à établir l'influence actuelle de la température était la suivante: Mesurer le courant anomal de charge à différentes températures et parcourir un cycle bien déterminé, tout en vérifiant fréquemment l'effet de la chauffe en intercalant entre chaque série de mesures une expérience à la température

ordinaire. Pour des raisons d'ordre expérimental [1], il nous a été impossible, pour le moment, de poursuivre notre étude au-delà de 65° C.; nous avons pu établir ce qui suit:

Le courant anomal dans le verre de silice diminue lorsqu'on élève la température. Cette règle s'est vérifiée dans toutes nos mesures quels que soient les traitements antérieurs subis par le diélectrique.



Diagr. VI.

Le diagramme VI représente l'intensité du courant anomal de charge (en div./min.) en fonction du temps pour trois températures différentes. Ces trois exemples suffisent pour montrer l'influence actuelle de la température sur le courant anomal.

Calculons maintenant, par la méthode indiquée page 101, la

[1] Extrême petitesse du courant anomal à partir de 60°. Présence à partir de cette même température d'un courant normal de conduction (voir page 102) augmentant très rapidement avec la température et masquant de la sorte le courant anomal. Perturbations produites par la chauffe, etc.

quantité d'électricité Q_0^∞ transportée par le courant anomal de charge à ces différentes températures, et portons dans un système d'axes rectangulaires le log. Q en fonction de la température θ.

Entre 20° et 65°, on obtient une droite qui peut être représentée par l'équation:

$$Q = ke^{-\lambda\theta} \qquad (24)$$

k étant une grandeur caractéristique pour un état intérieur donné du diélectrique et λ le coefficient angulaire de la droite.

De 6 séries de mesures, nous empruntons les deux suivantes qui ont été faites avec toute la précision possible.

Série	N°	Date : 1920	θ en C°	Q_0^∞ en u. e. s.	log. Q
	84	6.XI	19,00	1,933	0,286
	86	7.XI	19,35	1,980	0,297
	88	8.XI	19,47	1,933	0,286
I.	92	10.XI	34,16	0,590	$\bar{1}$,771
	94	10.XI	60,20	$0,091_2$	$\bar{2}$,960
	96	13.XI	19,83	1,967	0,294
	98	13.XI	34,70	0,620	$\bar{1}$.792
	105	17.XI	63,93	$0,046_7$	$\bar{2}$,669
II.	107	20.XI	39,55	0,312	$\bar{1}$,494
	112	23.XI	19,89	1,460	0,164

Les valeurs de Q, pour des températures correspondantes dans les deux séries, ne sont pas comparables entre elles pour les motifs cités plus haut. Grâce à ce fait, nous avons pu seulement établir l'ordre de grandeur de la variation en fonction de la température.

A l'aide du diagramme VI où sont portées ces valeurs, on calcule facilement le coefficient λ et l'on trouve comme moyenne : $\lambda = 0,076_5$. La constante k représente évidemment la quantité d'électricité transportée à la température zéro, que nous représentons par Q_0.

Nous avons donc:

$$Q = Q_0\, e^{-0,0765\,\theta} \qquad (25)$$

Cette équation est valable pour le verre de silice entre 0° et 65°. Nous insistons encore sur la signification de Q_0, qui ne doit être considérée comme constante que pour un état bien défini du diélectrique. C'est cette grandeur qui jouera le rôle de variable dans l'effet permanent de la température.

Nous utiliserons cette formule empirique pour ramener nos mesures à une température unique que nous avons choisie de 17°, en posant:

$$Q_{17} = \frac{e^{-0,0765.17}}{e^{-0,0765.\theta}} \cdot Q_\theta$$

Pour terminer ce chapitre, disons encore que dans l'équation (21) les constantes A, B et C diminuent, lorsque la température augmente, mais il n'en est plus de même pour les coefficients α, β et γ. D'après nos résultats, il semblerait que seul α varierait, plus précisément augmenterait à température croissante, tandis que β et γ resteraient à peu près constants. Cette question n'est d'ailleurs pas élucidée définitivement.

Influence permanente. — Les expériences faites ne paraissent ni assez variées, ni assez rigoureuses pour permettre d'établir des résultats définitifs. Cependant nous pouvons affirmer:

1. Que la température a une influence énorme sur les courants subséquents, influence qui est non seulement fonction de la température à laquelle le diélectrique a été porté, mais aussi du temps de chauffe.

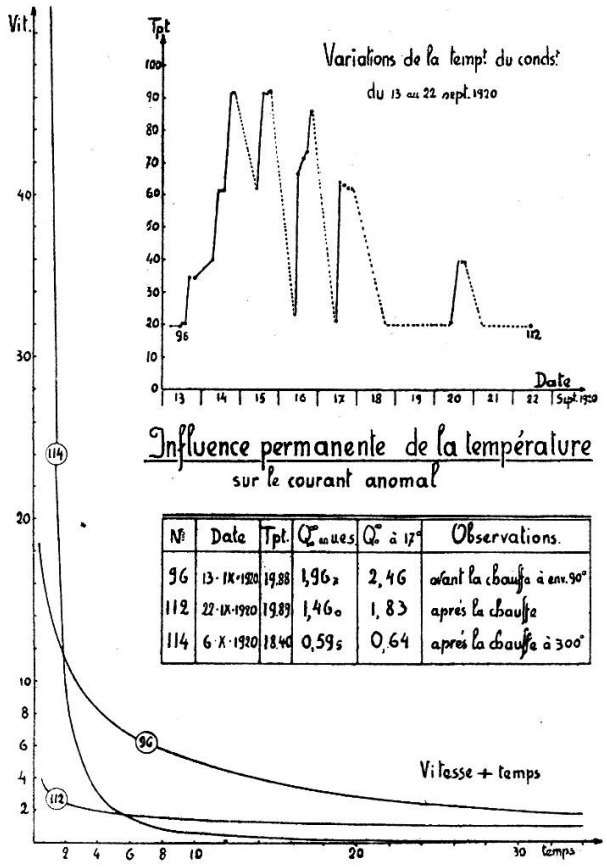
2. Que la quantité d'électricité transportée par le courant anomal (mesuré à la température ordinaire) est toujours plus faible après une chauffe prolongée, et ceci quelle que soit l'allure du courant.

A titre d'exemple, citons les mesures N° 96-112 et 114 (*m*) reproduites sur le *diagramme VII*. La courbe N° 96 indique l'état du courant avant une chauffe prolongée du diélectrique. Le N° 112 représente l'état du même courant après une période de chauffe de 7 jours, période pendant laquelle la température à varié entre 20 et 92 degrés (voir diagr. VII). Ici déjà, la diminution est frappante et cependant ces deux mesures ont été faites dans les mêmes conditions de charge et de température. Il n'y a donc pas de doute, la chauffe a modifié l'état ntérieur du diélectrique.

Le courant N° 114, obtenu après une chauffe d'environ une heure à 300°, est complètement différent du N° 112 (diagr. VII).

Pour cette mesure, le condensateur avait été démonté et chauffé dans un four électrique.

Si maintenant nous comparons, non pas les intensités de ces trois courants aux temps correspondants, mais la quantité totale d'électricité transportée pendant la charge, nous remar-



N°	Date	Tpt.	Q en ues	Q° à 17°	Observations.
96	13-IX-1920	19,88	1,96	2,46	avant la chauffe à env. 90°
112	22-IX-1920	19,89	1,46	1,83	après la chauffe
114	6-X-1920	18,40	0,59	0,64	après la chauffe à 300°

Diagr. VII.

quons une diminution graduelle de cette dernière grandeur (voir tableau, diagr. VII).

Nous avons repris ces mesures plusieurs fois dans le cours de notre étude et toujours nous avons obtenu, après une chauffe prolongée, une diminution de la quantité d'électricité transportée. Malheureusement il nous a été impossible de trouver une relation simple entre cette diminution, le temps de chauffe et la température.

Et maintenant que pouvons-nous conclure de cet effet

permanent de la température ? Devons-nous, comme J. Curie[1], admettre un déssèchement du milieu (départ d'eau ou d'une substance volatile), ou bien devons-nous voir dans ce phénomène une modification des tensions intérieures, analogue à celle de la trempe ? Une élimination d'eau est peu probable, ce que nous avons pu vérifier de la façon suivante: Le courant anomal est mesuré une première fois, à trois reprises, après avoir laissé l'air humide de la salle en contact avec le diélectrique pendant plusieurs jours, puis ensuite, et de la même façon, après avoir séché complètement le diélectrique à l'aide d'oxygène ou d'air sec et en faisant le vide. Nous n'avons pas pu déceler de différence systématique entre ces deux séries de mesures, abstraction faite des variations accidentelles qui se sont toujours présentées.

c. Variations graduelles du courant anomal avec le temps. — Ce qui nous a le plus frappé, et ce qui a le plus compliqué cette recherche, c'est la variation du courant anomal avec le temps; nous appellerons ce phénomène: « variation en fonction de la date ».

Dès les premières mesures, nous avons remarqué d'énormes différences dans l'allure du courant anomal, bien que les conditions expérimentales parussent être identiques. Nous avons cru, au début, qu'il s'agissait d'un phénomène accidentel dû à une erreur systématique; mais des expériences où l'humidité et d'autres causes possibles de perturbation ont été soigneusement éliminées n'ont fait que confirmer la bonne marche de nos mesures. En tout cas, il semble exclu que les variations qui se sont produites puissent être attribuées à l'influence de l'humidité.

Nous avons fait plusieurs séries d'observations dans le but de préciser ces variations. La méthode était simple: abandonner le condensateur à lui-même, et, *sans rien toucher à quoi que ce soit*, faire, de jour en jour, une mesure du courant résiduel.

Le tableau suivant résume trois séries de mesures où nous exprimons:

Le N° d'ordre et la date de la mesure.

[1] J. Curie, *Ann. de ch. et de phys.*, 18 (1889), 203.

La température moyenne de l'expérience.

L'intensité du courant anomal de charge, après 2, 10 et 20 min. de charge.

Pour quelques mesures, la quantité d'électricité Q_0^∞ transportée par le courant anomal de charge, ramenée aux mêmes conditions.

N°	Date 1920-1921	Tempér. moyenne	Vitesse en div./min. après 2 min.	10 min.	20 min.	Q_0^∞ u. e. s. à 17° C
136	2 nov. 1920	$16,7_6$	8,33	4,16	2,50	$1,56_4$
138	3 » »	$16,7_5$	14,72	5,56	2,87	$1,90_8$
140	4 » »	$17,3_3$	15,65	5,59	2,77	2,04
142	5 » »	17,10	17,85	5,88	2,80	2,09
144	8 » »	$16,8_9$	14,65	5,83	3,02	1,90
145	9 » »	17,15	11,34	5,27	3,02	$1,93_5$
147	10 » »	$17,1_9$	11,20	5,39	3,08	1,90
149	11 » »	$17,1_2$	11,16	5,03	2,86	$1,74_8$
150	13 » »	$16,9_4$	6,81	3,90	2,68	$1,67_2$
151	15 » »	$16,9_3$	10,49	5,20	3,07	$1,94_1$
152	16 » »	$17,6_3$	15,57	5,75	2,96	$2,00_6$
153	17 » »	$18,1_3$	19,10	6,10	2,86	—
155	18 » »	$18,0_2$	14,40	5,82	3,12	—
156	19 » »	11,30	4,68	3,85	3,48	—
160	30 nov. 1920	$17,2_4$	7,51	4,34	2,89	—
161	1er déc. »	$17,2_1$	8,95	4,94	3,24	—
162	1er » »	$17,7_5$	7,92	4,12	2,50	—
163	2 » »	$17,2_8$	7,42	4,15	2,86	—
164	2 » »	17,80	9,45	4,87	3,04	—
165	3 » »	$17,8_8$	10,73	5,28	3,18	—
182	11 janv. 1921	17,90	14,10	4,93	2,40	—
184	12 » »	18,10	17,40	4,66	2,43	—
186	13 » »	$18,3_7$	14,78	4,57	2,50	—
188	14 » »	$18,4_6$	13,27	4,59	2,69	—
189	17 » »	$16,8_2$	4,18	2,50	1,92	—
190	18 » »	$16,9_2$	4,73	2,38	2,08	—
191	21 » »	$17,6_4$	4,24	3,07	2,43	—
192	24 » »	$17,6_4$	3,84	2,67	2,16	—

Une analyse de ce tableau permet de reconnaître:

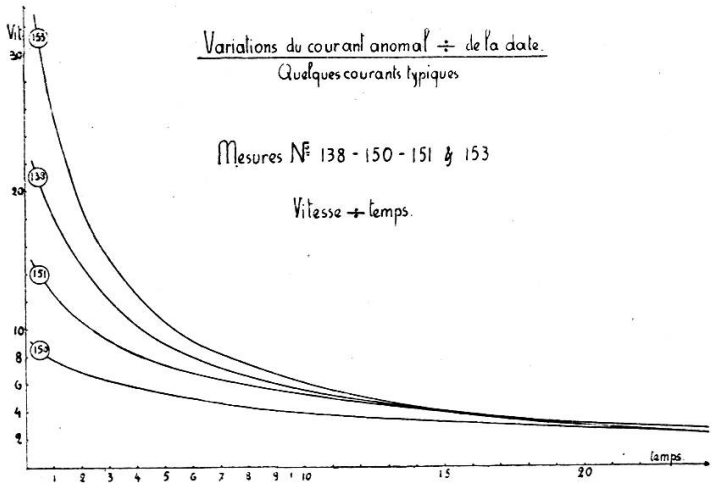
1. Que seul le début du courant présente de fortes variations; elles sont moins prononcées après 10 min. de charge, et presque nulles après 20 min.

2. Que la quantité d'électricité transportée par le courant anomal varie également en fonction de la date, mais ces variations ne sont pas toujours dans le même sens que celles manifestées par l'allure du courant après 2 min. de charge.

3. Que les faibles différences de température qui existent d'une mesure à l'autre, ne suffisent pas pour expliquer ces variations en fonction de la date.

Les plus typiques de ces courants sont reproduits sur le *diagramme VIII.*

Nous avons cru remarquer, au début, une parenté assez étroite entre la pression barométrique et l'intensité du courant.



Diagr. VIII.

Nous ne voulons pas dire par là que la pression atmosphérique eût une influence sur les courants résiduels, mais il ne paraissait pas impossible que le ou les agents qui interviennent fussent en liaison intime avec elle. Or, on sait que la radioactivité de l'air, dans un local fermé (sous-sol), est plus ou moins liée à la pression atmosphérique. On pouvait donc se demander si cet agent n'intervenait pas, pour une part du moins, dans les variations de notre courant (voir également page 17). Les tentatives faites en vue de déceler un parallélisme entre la ionisation de l'air de la salle et les phénomènes que nous étudions, n'ont pas été concluantes. De plus, une expérience directe, dans laquelle nous avons fait agir le rayonnement de 0,464 gr. d'oxyde d'Urane pendant 70 heures sur le diélectrique n'a pas non plus donné de résultat positif.

Bref, de tous ces facteurs, aucun n'a une action bien définie sur le courant, à l'exception de la température; mais ce dernier facteur n'est pas suffisant pour expliquer toutes les variations.

Remarque. — Nous avons trouvé dans certains ouvrages des allusions assez vagues à ces variations, et, tout récemment encore, C.-W. Röntgen[1] a fait les mêmes constatations durant ses longues recherches sur la conductibilité électrique des cristaux de NaCl, sous l'influence de certaines radiations. Il faut donc admettre que ces variations en fonction de la date ne sont pas propres au verre de silice, mais qu'elles se rencontrent également chez d'autres diélectriques.

Peut-être ce phénomène permettra-t-il d'expliquer les écarts considérables qui existent actuellement entre les mesures faites par un grand nombre de physiciens, et tout spécialement le fait maintes fois signalé que d'un échantillon à l'autre d'une même substance, on ne trouve jamais des valeurs identiques du courant anomal.

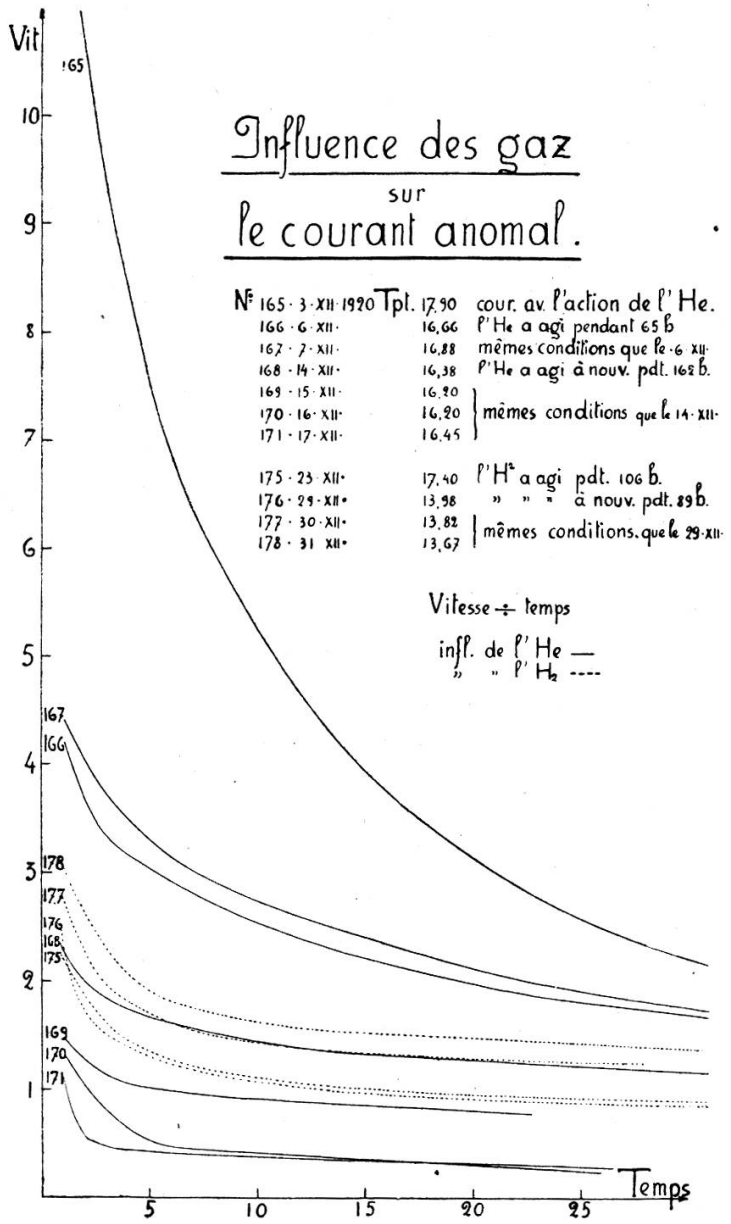
En tout cas, ces observations doivent rendre circonspect lors de l'édification d'une théorie des phénomènes résiduels.

d. Influence des gaz sur le courant anomal. — Les gaz en solution dans le verre de silice ont-ils une influence sur le courant anomal ? Pour chercher à répondre à cette question qui, au début, était le but essentiel de nos recherches, ainsi que nous l'avons exposé dans l'introduction, nous avons utilisé l'hélium et l'hydrogène. Le gaz était introduit à l'intérieur du condensateur cylindrique et y séjournait durant plusieurs jours sous une pression légèrement supérieure à celle de l'atmosphère, et à la température ordinaire. Dans ces conditions, la diffusion des gaz dans le diélectrique est extrêmement lente, et nous n'avons pas affaire à des solutions saturées ni homogènes; la teneur même de ces solutions nous était inconnue. Nous avons bien cherché, au début, à éviter ces inconvénients en chauffant l'appareil de façon à accélérer la diffusion. Mais les variations considérables qui sont, ainsi qu'on l'a vu plus haut, la conséquence de toute chauffe prolongée, masquaient

[1] C. W. Röntgen. *Ann. d. Phys.*, 64 (1921), 1.

complètement l'influence du gaz, et nous avons dû, par la suite, y renoncer définitivement.

Dans ces conditions on ne pouvait guère espérer qu'obtenir des résultats qualitatifs, et établir le sens et l'ordre de grandeur du



Diagr. IX.

phénomène. Cette espérance même a été déçue, car les variations accidentelles du courant ne nous ont pas permis d'observer, d'une façon certaine, l'influence du gaz dissous dans le diélectrique.

Cependant, comme on pourra s'en rendre compte par l'examen du *diagramme IX*, il semble qu'une différence systéma-

tique puisse être envisagée entre les effets produits par l'hélium et l'hydrogène.

Les courbes en trait plein, se rapportant à l'hélium, ont une allure sensiblement différente de celle en pointillé qui se rapportent à l'hydrogène; de plus, les courants en présence d'hélium sont allés continuellement en diminuant et ceci d'une façon extrêmement prononcée, tandis que l'hydrogène a produit un effet opposé.

Ces différences sont-elles bien systématiques, ou avons-nous affaire à des variations accidentelles de nature encore inexpliquée ? C'est ce qu'il nous est pas possible de trancher définitivement aujourd'hui. Des expériences subséquentes nous permettront peut-être de prononcer un avis définitif.

C. *Résumé et Conclusion.*

A l'aide d'un dispositif expérimental décrit en détail nous avons effectué plus de 200 mesures du courant anomal de charge et de décharge dans le verre de silice, et nous pouvons résumer comme suit l'essentiel des résultats obtenus:

1. La formule empirique $y(t) = Bt^{-n}$, admise par un grand nombre d'expérimentateurs pour représenter le courant anomal, a du être rejetée et remplacée par une somme de deux, au maximum de trois exponentielles:

$$y(t) = Ae^{-\alpha t} + Be^{-\beta t} + Ce^{-\gamma t}$$

Cette relation permet de calculer la quantité d'électricité transportée par le courant résiduel:

$$Q_0^\infty = \int_0^\infty y(t)\,dt = \frac{A}{\alpha} + \frac{B}{\beta} + \frac{C}{\gamma}$$

2. Un courant normal de conduction a été observé à partir de 60°. Entre 60 et 100 degrés il augmente rapidement avec la température suivant une loi exponentielle:

$$i = Ke^{n\theta}$$

Cette relation a été utilisée pour calculer quelques valeurs absolues de la conductibilité spécifique σ du verre de silice

pour des températures comprises entre 60 et 100 degrés, et, par extrapolation, à des températures plus hautes et plus basses (tableau page 104).

3. Les courbes représentatives des courants résiduels de charge et de décharge n'étant pas, dans la majorité des cas, superposables, nous avons dû modifier l'énoncé du principe de superposition comme suit: « La quantité d'électricité totale transportée par le courant anomal de décharge est égale à celle transportée par le courant anomal de charge ».

Sous cette forme, plus générale, le principe de superposition a donné de bons résultats expérimentaux. La superposabilité des courbes représentatives devient alors un cas particulier de notre énoncé.

4. La quantité d'électricité transportée par le courant anomal est fonction de la température actuelle; elle dépend également des températures successives par lesquelles le diélectrique a passé.

a) L'influence actuelle de la chauffe se manifeste par une diminution rapide du courant anomal lorsqu'on élève la température. Entre 20 et 65 degrés on peut représenter la quantité totale d'électricité transportée en fonction de la température par l'équation:

$$Q = Q_0 e^{-0.0765\theta}$$

De mesures préliminaires il semble résulter que, dans l'équation empirique: $y(t) = Ae^{-\alpha t} + Be^{-\beta t} + Ce^{-\gamma t}$, seul α augmente avec la température, tandis que β et γ restent à peu près constants.

b) La température a une influence permanente considérable sur l'histoire du diélectrique, influence qui est non seulement fonction du degré de température, mais aussi du temps de chauffe.

5. Sous l'influence de certaines causes, encore inconnues, le courant anomal dans le verre de silice varie de façon capricieuse en fonction de la date. Ces variations sont parfois considérables et le courant peut doubler, voire même tripler, d'une mesure à l'autre. Il semble que ni la température, ni une action due

à des substances radioactives ne permette d'expliquer ces variations.

6. Les gaz dissous dans le verre de silice (H*e*, H^2) ainsi que le vide, jouent un rôle assez complexe dans les phénomènes résiduels. On ne peut pas, semble-t-il, nier l'influence de ces facteurs, mais leur action est mal définie.

Neuchâtel, juin 1921.

Laboratoire de physique de l'Université.