



**HAL**  
open science

## Sur les condensateurs en mica

E. Bouty

► **To cite this version:**

E. Bouty. Sur les condensateurs en mica. J. Phys. Theor. Appl., 1890, 9 (1), pp.288-294.  
10.1051/jphystap:018900090028800 . jpa-00239099

**HAL Id: jpa-00239099**

**<https://hal.science/jpa-00239099>**

Submitted on 4 Feb 2008

**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.

**SUR LES CONDENSATEURS EN MICA ;**

PAR M. E. BOUTY.

J'ai réalisé quelques expériences en vue de savoir comment se comporte un condensateur en mica (microfarad), lorsqu'on met ses deux armatures en communication permanente avec les deux pôles d'une pile.

1. On explique souvent les décharges résiduelles des condensateurs par une pénétration plus ou moins profonde, dans la masse du diélectrique, des électricités opposées des deux armatures. S'il en était ainsi, et dans le cas de condensateurs à lame diélectrique suffisamment mince, les électricités cheminant dans la masse finiraient par se réunir, et, au bout d'un temps suffisant, un courant uniforme d'intensité  $i$  traverserait le circuit du condensateur. Tout se passerait alors, à l'extérieur, comme si la lame diélectrique était remplacée par un conducteur métallique de résistance  $r$  déterminée. La valeur de cette résistance dépendrait des lois de la pénétration; elle serait évidemment en raison inverse de la surface armée  $S$  du condensateur, et croîtrait, avec l'épaisseur  $e$  du diélectrique, suivant une loi inconnue. Si, pour plus de simplicité, l'on suppose  $r$  indépendant de la différence de potentiel entre les deux armatures du condensateur et proportionnel à  $e$ , on aura, en désignant par  $\rho$  une constante spécifique,

$$r = \rho \frac{e}{S},$$

et  $\rho$  jouera le rôle d'une résistance spécifique.

On a d'ailleurs pris l'habitude d'attribuer couramment aux diélectriques une résistance spécifique propre, sans qu'on se soit préoccupé, semble-t-il, de justifier cette conception en prouvant que les résistances qu'on a eu l'occasion de mesurer par les méthodes classiques sont bien indépendantes de l'intensité du courant, et surtout de la durée de son passage, comme cela a lieu pour les conducteurs métalliques et électrolytiques.

2. Pour savoir ce qu'il en faut penser, j'ai introduit, dans le cir-

cuit du condensateur que j'étudiais, une résistance en graphite  $R$  très considérable en valeur absolue (200 à 400 mégohms), quoique très faible par rapport à la résistance  $r$  à évaluer. Cette résistance est formée par un ou plusieurs traits de crayon très fins tracés sur une plaque épaisse d'ébonite dépolie et aboutissant par leurs extrémités à deux plages où la plaque est uniformément noircie au crayon et recouverte d'une feuille d'étain serrée par une pince à pile. Cette résistance est étalonnée avant et après chaque mesure par comparaison avec un mégohm de la maison Carpentier.

On mesure, à l'aide d'un électromètre capillaire de M. Lippmann, la différence de potentiel  $iR$  aux deux extrémités de la résistance du graphite; on en déduit  $i$ , puis l'on calcule  $r$  par la formule

$$(1) \quad i = \frac{E}{R + r}.$$

La force électromotrice introduite dans le circuit est celle de 1 à 20 éléments Daniell.

On sait que les microfarads commerciaux sont formés de plusieurs condensateurs distincts que l'on peut associer de manière à fournir une capacité d'un nombre quelconque de dixièmes de microfarad. Opérons séparément sur l'un de ces condensateurs de capacité électromagnétique  $c$ . Soient  $K$  la constante diélectrique du mica rapportée à une durée de charge infinie,  $\nu$  le rapport des unités électromagnétiques et électrostatiques, on a

$$(2) \quad c = \frac{KS}{4\pi e\nu^2},$$

et puisque nous admettons que

$$(3) \quad r = \rho \frac{e}{S},$$

$\rho$  étant une constante, il en résulte

$$(4) \quad cr = \frac{K\rho}{4\pi\nu^2}.$$

Le second membre de (4) ne contient que des constantes; la résistance fournie par la formule (1) doit donc se trouver en raison inverse de la capacité  $c$  (bien entendu, au sein d'un même microfarad, pour lequel le constructeur a dû employer des matériaux de même origine).

3. Voici maintenant ce que donnent les expériences. L'intensité du courant est toujours considérable au début, même si le condensateur a été d'abord chargé par un contact plus ou moins prolongé sans résistance interpolaire. Nous supposons qu'on s'est placé dans ce dernier cas, particulièrement instructif. Quand on introduit alors la résistance  $R$ , la différence de potentiel à ses deux bouts, mesurée à l'électromètre, est d'abord nulle; mais elle croît très rapidement dans les premiers instants, puis d'une manière plus lente jusqu'à un maximum dont l'époque  $T$  et la valeur  $IR$  dépendent de la durée  $t$  de charge initiale et de la grandeur de  $R$ . Pendant toute cette période, antérieure au maximum, la différence de potentiel entre les armatures du condensateur décroît, en vertu de l'absorption d'électricité dont nous voudrions surprendre le mécanisme, depuis la valeur initiale  $E$  jusqu'à  $E - IR$ ; à l'instant précis du maximum, ce courant d'intensité  $I$  apporte une quantité d'électricité justement égale à la quantité absorbée. En faisant varier  $R$  et  $t$  dans des limites très larges, on aurait ainsi un moyen assez commode d'étudier les lois de l'absorption.

Si l'on continue à observer la différence de potentiel aux deux bouts de  $R$ , au delà du maximum, on constate que cette différence diminue peu à peu : la différence de potentiel des armatures croît d'une quantité correspondante, mais bien plus lentement qu'elle ne ferait sans le phénomène de l'absorption; celle-ci continue donc au delà du maximum. Sa durée n'a d'autre limite que la durée même du courant variable manifesté par l'électromètre.

Habituellement, la limite  $i$  vers laquelle paraît tendre l'intensité du courant n'est pas rigoureusement nulle; mais au bout de deux heures, par exemple, le faible courant qui persiste demeure désormais invariable. La valeur limite de  $i$  dépend essentiellement de l'état d'isolement du circuit. En multipliant à cet égard les précautions, on parvient à rendre  $iR$  extrêmement petit, à moins que le condensateur ne présente des fuites intérieures accidentelles, ce que l'on a quelquefois l'occasion de constater (<sup>1</sup>).

---

(<sup>1</sup>) En ce cas, quand on vient à boucher la subdivision du condensateur où se trouve la fuite, l'intensité  $i$  du courant baisse très rapidement pour se fixer à une valeur beaucoup plus faible.

4. Avec un microfarad neuf, construit par M. Carpentier, et une force électromotrice de 11 volts environ (10 daniells neufs au sulfate de zinc), j'ai trouvé pour la valeur limite de  $i$

$$i = 1,59.10^{-11} \text{ ampères.}$$

Alors, l'état permanent étant établi, on a fermé successivement les subdivisions 0,2, — 0,2, — 0,5 du condensateur, de manière à réduire la capacité au dixième de sa valeur initiale. L'intensité  $i$ , qui, d'après les formules (1) et (4), devrait se trouver divisée sensiblement par 10, demeure invariable à  $\frac{1}{45}$  près de sa valeur, c'est-à-dire à la limite de précision que comportait, dans ces conditions, l'électromètre que j'ai employé. *Le courant résiduel observé ne peut donc être attribué au passage de l'électricité à travers le diélectrique*; il ne provient que de l'imperfection de l'isolement des diverses parties du circuit et du microfarad lui-même.

Cette expérience est décisive. Puisqu'on peut apprécier, dans les conditions où j'ai opéré, un courant d'intensité

$$\frac{1,59.10^{-11}}{45} = 3,5.10^{-13} \text{ ampères,}$$

le courant qui passait d'une manière permanente à travers le diélectrique du condensateur formé par les subdivisions 0,2, — 0,2, — 0,5 (0,9 microfarad), et dont on n'a pu constater l'existence, était certainement inférieur à cette limite; on en déduit par la formule (4)

$$K\rho > 3,19.10^{20} \text{ ohms.}$$

M. J. Curie (<sup>1</sup>), dont les expériences sur la résistance des isolants cristallisés sont d'ailleurs parfaitement d'accord avec les miennes, a trouvé pour le mica des condensateurs de M. Carpentier des valeurs de  $K$  comprises entre 4 et 8, suivant la durée de la charge. Admettons 10 si l'on veut, on aura encore

$$\rho > 3,19.10^{19} \text{ ohms.}$$

Ce serait la résistance d'une colonne de mercure de 1<sup>mm</sup> de section et de longueur telle que la lumière, se propageant dans le

(<sup>1</sup>) J. CURIE, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1888.

vide, mettrait plus de 3000 ans à se transmettre d'une extrémité à l'autre de la colonne.

5. Il faut donc admettre qu'à la température ordinaire, et tout au moins pour des différences de potentiel qui ne dépassent pas 20 volts, *une lame mince de mica oppose un obstacle absolu au passage continu de l'électricité à travers son épaisseur.* Il reste à fixer la nature physique de cet obstacle.

L'énoncé qui précède exclut toute pénétration des charges, toute assimilation d'un diélectrique avec un conducteur impolarisable. Mais ne pourrait-on attribuer au mica une certaine conductibilité électrolytique? La plupart des diélectriques liquides doivent en effet à des traces d'impuretés une faible conductibilité de cette nature qui se superpose à leur pouvoir diélectrique (1). Il pourrait en être de même ici.

On remarquera que, si les effets généraux observés dans notre expérience rappellent ceux qui se produisent dans un circuit comprenant une cellule électrolytique polarisable et une pile dont la force électromotrice est inférieure à la polarisation maximum de la cellule, il y a toutefois des différences essentielles relatives : 1° à la grandeur de la polarisation; 2° à la quantité d'électricité mise en jeu; 3° à l'allure du courant de dépolarisation.

1° On ne connaît pas de cellule électrolytique dont la polarisation maximum dépasse 3 ou 4 volts. Il faudrait admettre ici une polarisation supérieure à 20 volts.

2° La capacité de polarisation du platine dans l'eau acidulée est de l'ordre de grandeur de 0,1 microfarad par millimètre carré et peut servir de terme de comparaison moyen. Or la surface armée d'un condensateur de mica est de l'ordre du mètre carré; sa capacité de polarisation serait donc comparable à  $10^5$  microfarads,

---

(1) On se fera une idée nette de ce qui se passe, si l'on suppose les filaments conducteurs et les filaments diélectriques juxtaposés, ou, ce qui revient au même, si l'on considère un conducteur électrolytique B établi en dérivation sur un condensateur parfait A. La différence de potentiel entre les armatures de A est alors astreinte à demeurer à chaque instant égale à la différence de potentiel entre les électrodes de B. Ce sont donc la conductibilité et la polarisation de la cellule B qui régissent le régime de variation de la charge de A et sa valeur finale.

c'est-à-dire que la quantité d'électricité *absorbée* (ou l'intégrale du courant observé dans mes expériences) pourrait égaler cent mille fois la charge normale. On la trouve comprise entre  $\frac{1}{100}$  et  $\frac{1}{50}$  de cette charge.

3° Le régime du courant de dépolarisation d'une cellule électrolytique de résistance intérieure  $r$  est entièrement réglé par la résistance totale  $R + r$  du circuit. Dans la décharge résiduelle d'un condensateur, il semble que l'électricité soit rendue libre par un mécanisme purement intérieur au diélectrique; de telle sorte qu'en faisant varier la résistance interpolaire  $R$ , on modifie bien la différence de potentiel des armatures, mais non la fraction de charge résiduelle qui reste *latente* à un instant donné.

6. On pourrait essayer d'atténuer ces divergences par des hypothèses plus compliquées.

Le mica se comporterait-il comme un système hétérogène assimilable à une sorte de pile de Ritter dont les éléments seraient les lames de clivage? Alors la polarisation maximum, proportionnelle au nombre des couples ou des lamelles, pourrait devenir très grande; mais les objections 2 et 3 subsistent entièrement.

M. Schultze (<sup>1</sup>) a cru pouvoir affirmer qu'à la température de 300° le mica subit, comme le verre, une véritable électrolyse, promptement arrêtée par la production à l'anode d'une couche mince de silice extrêmement isolante. En est-il de même dans notre expérience? Si l'on essaye de calculer l'épaisseur de la couche de silice ainsi produite par une quantité d'électricité correspondant à l'absorption effective, on obtient un nombre de l'ordre de grandeur de  $10^{-11}$  microns ou de la vingt billionième partie de la longueur d'onde de la raie ultra-violette la plus réfrangible du spectre du cadmium.

7. Il est bien plus naturel d'écarter toute idée de pénétration ou d'électrolyse, de considérer le mica comme dénué, à la température ordinaire, de toute conductibilité mesurable, et d'expliquer

---

(<sup>1</sup>) SCHULTZE, *Wied. Ann.*, t. XXXVI, p. 655; 1889; *Journal de Physique*, 2<sup>e</sup> série, t. VIII, p. 292. Les expériences assez incomplètes de M. Schultze sont loin de mettre cette affirmation à l'abri de toute critique.

l'absorption ainsi que les résidus par un retard de la polarisation analogue aux retards que l'on observe pour d'autres phénomènes physiques, en particulier dans l'étude de l'élasticité. Un fil métallique soumis à l'action permanente d'un couple de torsion n'atteint pas dès les premiers instants un état d'équilibre définitif, mais la torsion croît peu à peu d'une manière très lente jusqu'à une limite peu différente de la torsion initiale, mais qui n'est atteinte qu'au bout d'un temps fort long. De même, quand on supprime le couple, le fil ne revient pas immédiatement à son équilibre primitif : il conserve une faible torsion résiduelle qui ne disparaît que très lentement.

On rapproche à juste titre la polarisation des diélectriques de l'aimantation par influence et celle-ci de la torsion. Il paraît à peine hardi de supprimer un intermédiaire et de faire intervenir l'hypothèse d'une polarisation résiduelle dans la théorie des condensateurs.

Cela posé, si l'on maintient une différence de potentiel constante entre les armatures d'un condensateur à lames de mica, un afflux d'électricité continu et décroissant se produira entre les pôles de la source et ces armatures, de façon à équilibrer à chaque instant, par l'apport d'une couche superficielle d'électricité de densité  $d\mu = d\sigma$ , la couche fictive de densité  $-d\sigma$  équivalente à l'accroissement de polarisation du diélectrique. Le courant correspondant ne s'annulera qu'avec  $d\sigma$ , c'est-à-dire quand la polarisation aura atteint son maximum.

Si l'on réunit par un conducteur de résistance négligeable les deux armatures du condensateur, celles-ci retomberont immédiatement au même potentiel, mais ne seront pas pour cela entièrement déchargées. Soient  $-\sigma$  et  $+\sigma$  les densités superficielles équivalentes à la polarisation résiduelle, les charges retenues par les armatures seront  $+S\sigma$  et  $-S\sigma$ ; elles deviendront libres graduellement à mesure que la polarisation disparaîtra, produisant alors entre les armatures isolées une différence de potentiel croissante, ou dans un fil joncteur de résistance  $R$  un courant dont l'intensité dépendra à la fois de  $\frac{d\sigma}{dt}$  et de  $R$ . Ce sont les conditions même que nous a révélées l'expérience.

---