HAL
open science

Sur l'énergie et les phénomènes électriques de contact

Pellat, Sacerdote

▶ **To cite this version:**

Pellat, Sacerdote. Sur l'énergie et les phénomènes électriques de contact. J. Phys. Theor. Appl., 1898, 7 (1), pp.24-28. 10.1051/jphystap:01898007002401 . jpa-00240180

HAL Id: jpa-00240180

https://hal.science/jpa-00240180

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 L'ÉNERGIE ET LES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES DE CONTACT ;

Par MM. PELLAT et SACERDOTE.

Imaginons un condensateur plan, formé de deux plateaux de métaux différents MM′ réunis par un fil métallique mm', le tout placé dans le vide ; par suite de la différence de potentiel au contact v, les

---

(1) Voici, à titre d'exemple, cette démonstration très simple : Je supposerai les transformations suivantes faites à une même température et infiniment lentement, les forces électriques étant équilibrées à un infiniment petit près par des forces extérieures ; quant aux autres forces qui peuvent agir sur le système, telles que les forces de pesanteur, je les supposerai parfaitement équilibrées par d'autres forces de façon à n'avoir à tenir compte que des travaux des forces extérieures équilibrant les forces électriques. Dans ces conditions ces transformations sont réversibles.

Considérons un condensateur dans un premier état n° 1 où il n'est pas chargé et possède une certaine capacité C_1. Chargeons le condensateur ; les forces extérieures qui équilibrent les forces électriques accomplissent, comme on le sait, un travail égal à $\frac{1}{2}\frac{M^2}{C_1}$, en désignant par M la valeur absolue de la charge de chaque armature. Déformons alors ce condensateur, par exemple en déplaçant une armature ou un diélectrique, mais en laissant sa charge M constante ; soit $-\mathfrak{T}$ le travail des forces extérieures équilibrant les forces électriques, $\mathfrak{T}$ représentant le travail de ces forces. L'ensemble des deux transformations successives fait passer le condensateur de l'état n° 1 à un état n° 2 où il possède une charge M et une capacité C_2, le travail fourni étant égal à $\frac{1}{2}\frac{M^2}{C_1} - \mathfrak{T}$. Reprenons le condensateur dans l'état n° 1 et déformons-le d'abord, de façon à donner à ses diverses parties la forme et la position qu'elles ont dans l'état n° 2 ; puisque le condensateur n'est pas chargé, aucune force électrique n'existe, et ce changement de forme n'exige aucun travail. Chargeons alors le condensateur en lui communiquant la même charge M que dans le premier cas ; le travail des forces extérieures équilibrant les forces électriques est alors $\frac{1}{2}\frac{M^2}{C_2}$, et nous aurons amené le condensateur dans l'état n° 2. Puisque toutes ces transformations sont isothermes et réversibles, on a :

$$\frac{1}{2}\frac{M^2}{C_2} = \frac{1}{2}\frac{M^2}{C_1} - \mathfrak{T}; \qquad \text{d'où :} \qquad \mathfrak{T} = \frac{M^2}{2}\left(\frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_2}\right)$$

Si la transformation à laquelle correspond le travail $\mathfrak{T}$ est infiniment petite, on a :

$$d\mathfrak{T} = \frac{M^2}{2C^2}\,dC = \frac{V^2}{2}\,dC,$$

V étant la différence de potentiel des armatures. C. Q. F. D.

Article published online by EDP Sciences and available at http://dx.doi.org/10.1051/jphystap:01898007002401

armatures ont des charges :

$$\pm q = \pm \frac{S}{4\pi e} v,$$

en désignant par S la surface des plateaux, et par e leur distance.

Faisons croître et décroître périodiquement la distance e (dans des limites suffisamment faibles pour qu'elle reste toujours infiniment petite par rapport aux dimensions des armatures).

A ces variations périodiques de capacité correspondront dans le fil des courants alternatifs, d'où dégagement de chaleur par l'effet Joule.

Nous nous proposons de montrer que cette énergie dégagée équivaut intégralement au travail dépensé pour produire ces variations de capacité, le contact n'a nullement à intervenir pour fournir de l'énergie, et, par suite, il est inutile d'imaginer, comme on l'a souvent fait dans ce but, des actions chimiques, se produisant au contact des deux métaux ou de ceux-ci avec le diélectrique.

Faisons, en effet, décrire à notre condensateur le cycle fermé suivant (nous supposerons que les attractions électriques sont constamment compensées par des forces extérieures au système, et c'est de celles-ci que nous considérerons le travail) :

1° *On coupe les fils quelque part en* $\mu\mu'$, *et on éloigne les plateaux à la distance* $e + \Delta e$.

Le travail $\mathfrak{T}_1$, à fournir pour cette séparation, est :

$$(1) \qquad \mathfrak{T}_1 = 2\pi\sigma^2 S \Delta e = 2\pi \frac{q^2}{S} \Delta e = \frac{Sv^2}{8\pi e^2} \Delta e,$$

en désignant par σ la densité électrique superficielle ; les charges sont restées constantes $\pm q$, et la différence de potentiel des armatures est devenue :

$$v + \Delta v = v \frac{e + \Delta e}{e}. \qquad \text{ou} \qquad \Delta v = v \frac{\Delta e}{e}.$$

2° *On rétablit la communication en* $\mu\mu'$. — Il se produit une décharge partielle qui ramène la différence de potentiel de $v + \Delta v$ à v, d'où, d'après l'effet Joule, dégagement de chaleur W_1 (évalué en énergie) donné par :

$$W_1 = \int r i^2 dt,$$

en désignant par r la résistance du fil qui joint les plateaux, et par i

l'intensité du courant au temps t. Or, en désignant par L l'inductance du fil, et par V la différence de potentiel au temps t, on a :

$$L\frac{di}{dt} + ri = V - v,$$

d'où, en multipliant les deux membres par $idt = -\frac{SdV}{4\pi(e+\Delta e)}$, en intégrant pour toute la durée de la décharge et en remarquant que $\int Lidi = 0$, on a :

$$\int ri^2dt = -\int_{v+\Delta v}^{v} (V - v)\frac{SdV}{4\pi(e+\Delta e)},$$

d'où :

$$W_1 = \frac{S(\Delta v)^2}{8\pi(e+\Delta e)} = \frac{Sv^2}{8\pi(e+\Delta e)}\left(\frac{\Delta e}{e}\right)^2,$$

il reste sur le plateau les charges $\frac{\pm Sv}{4\pi(e+\Delta e)} = \pm q\frac{e}{e+\Delta e}$.

3° *On rompt les communications* $\mu\mu'$ *et on rapproche les plateaux à la distance* e.

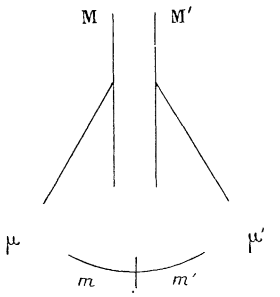

Fig. 1.

Le travail correspondant, obtenu par un calcul identique à celui de la première phase du cycle, est :

$$\mathfrak{T}_2 = -\frac{Sv^2}{8\pi(e+\Delta e)^2}\Delta e;$$

pendant ce rapprochement des armatures, leur différence de potentiel est descendue de v à $v\frac{e}{e+\Delta e}$.

4° *On rétablit la communication* $\mu\mu'$: le condensateur se recharge jusqu'à ce que la différence de potentiel des plateaux soit redevenue v ; soit W_2 l'énergie calorifique dégagée pendant ce temps dans le circuit par suite de l'effet Joule, elle est donnée d'après le raisonnement fait ci-dessus par :

$$(4) \qquad W_2 = -\int_{v\frac{e}{e+\Delta e}}^{v} (V - v)\frac{S}{4\pi e}\,dV = \frac{Sv^2}{8\pi e}\left[1 - \frac{e}{e+\Delta e}\right]^2;$$

le système est revenu à l'état initial.

Travail total fourni :

$$\mathfrak{T} = \mathfrak{T}_1 + \mathfrak{T}_2 = \frac{Sv^2}{8\pi e^2}\Delta e\left[1 - \left(\frac{e}{e+\Delta e}\right)^2\right] = \frac{Sv^2\Delta e^2\,(2e+\Delta e)}{8\pi e^2\,(e+\Delta e)^2}.$$

Énergie calorifique dégagée :

$$W = W_1 + W_2 = \frac{Sv^2}{8\pi\,(e+\Delta e)}\left(\frac{\Delta e}{e}\right)^2 + \frac{Sv^2}{8\pi e}\left[1 - \frac{e}{e+\Delta e}\right]^2 = \frac{Sv^2\Delta e^2\,(2e+\Delta e)}{8\pi e^2\,(e+\Delta e)^2},$$

d'où :

$$\mathfrak{T} = W.$$

Remarquons que l'énergie calorifique totale, dégagée en vertu de l'effet Peltier par les deux courants de sens contraire, est nulle puisqu'il a passé des quantités d'électricité égales et en sens contraire ; c'est pourquoi nous n'en avons pas tenu compte.

Ajoutons, pour terminer, que : étant donné le système de deux plateaux MM′ munis chacun d'un fil métallique *mm′* et d'abord non électrisé, au *moment où l'on établit le contact mm′, le phénomène de charge du condensateur est accompagné d'une diminution de l'énergie du système*, diminution équivalente à la chaleur dégagée en vertu de l'effet Joule qui se produit à cet instant dans le circuit, l'effet Peltier étant négligeable devant l'effet Joule.

On voit par là qu'un système électrisé, quand les métaux qui le constituent ne sont pas de même nature, peut avoir une énergie moindre, toutes les autres conditions restant les mêmes, que lorsqu'il n'est pas électrisé ; l'expression $\frac{1}{2}\Sigma MV$, pour représenter l'accroissement d'énergie que prend un système par la charge, n'est donc

rigoureusement exacte que dans le cas où les métaux sont de même nature et encore sous les réserves que l'un de nous a indiquées récemment [1].