**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles

**Band:** 55 (1923-1925)

**Heft:** 215

**Artikel:** Sur des phénomènes électromécaniques et les électrons libres des métaux

**Autor:** Perrier, Albert

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-271299

**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:** 13.07.2025

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

# Sur des phénomènes électromécaniques et les électrons libres des métaux

PAR

ALBERT PERRIER.

Présenté à la séance du 3 décembre 1924.

I. La présente communication est consacrée à deux questions fondamentales d'électrodynamique, celle d'effets mécaniques longitudinaux du courant électrique et celle de la quantité d'électrons libres des métaux ; elles sont connexes au point de vue introduit. Comme il s'agit de recherches en cours d'exécution, je me borne à en ébaucher ici les lignes théoriques, indiquant en résumé le sens seulement des raisonnements et laissant de côté tout développement de calcul. On reconnaîtra aisément le classement qui a guidé la numérotation ; notons seulement que les numéros II à VIII sont consacrés à l'exposé des phénomènes présumés, les suivants à quelques conséquences générales qu'ils peuvent entraîner. Je réserve le détail ainsi que d'autres résultats à des publications ultérieures.

II. De ce que les nombreuses recherches récentes ont indiqué sur la structure des métaux, il semble bien établi avec certitude que leurs réseaux sont totalement ou en partie constitués par des ions positifs entre lesquels des électrons libres peuvent parcourir des trajets illimités. Ceux-ci doivent être les porteurs exclusifs du courant électrique, lequel phénomène suppose l'existence, au moins temporaire, d'un *champ électromoteur.* Dans ce qui suit, je prends en considération l'action de ce champ non seulement sur les électrons libres, ainsi que l'on procède habituellement, mais simultanément aussi sur les ions du réseau ; on verrait alors :

III. Qu'en régime permanent, les forces sur les deux types d'éléments (ions et électrons) conduisent, en tenant compte du mécanisme de la résistance électrique (d'ailleurs indifférent ici

quant à sa nature intime), à un équilibre mécanique parfait du système d'ensemble, quelle que soit l'intensité du courant.

IV. Qu'en régime variable, il doit se présenter un phénomène non encore observé : comme on sait, le champ électromoteur sert en partie seulement à surmonter la résistance, il modifie en plus l'intensité du courant ; mais au point de vue j'ai défini plus haut, ce champ électromoteur doit exercer aussi *sur le réseau métallique positif*, une *force non compensée complètement*, donc : durant la croissance d'un courant, le métal (ou autre substance assimilable) qui en est le siège doit subir une *impulsion longitudinale* dans le sens du courant. Et il est clair que ces considération impliquent l'effet de sens inverse durant la décroissance de l'intensité.

V. Dans l'énergie électrocinétique d'un courant, il y a lieu de distinguer entre la part proprement inductive (l'expression classique $\frac{LI^2}{2}$) et une autre attribuable aux électrons pris chacun comme s'ils étaient seuls, et je l'exprimerai simplement en parlant de la *masse inductive* (existant seulement pour un ensemble d'électrons en mouvement dans un circuit et fonction des éléments géométriques de ce circuit) et de la *masse mécanique*, somme des masses (telles qu'elles se manifestent dans les projectiles cathodiques par exemple) individuelles des électrons, fonction seulement du nombre des électrons et existant en tout état de cause.

Désignant par m″ cette masse mécanique du train négatif des électrons en mouvement dans un circuit (homogène pour simplifier), par $v''$ leur vitesse moyenne (dans le sens du courant), par $m'$ et $v'$ les grandeurs correspondantes du train positif ($m'$ se confond sensiblement avec la masse du circuit), par $p$ la *charge libre par unité de longueur* du circuit et par $v$ la vitesse relative des deux trains ($v = v' - v''$), soit la « vitesse du courant électrique », on établirait l'équation suivante du régime variable dans le circuit

$$E\,p\,v\,dt - Rp^2v^2dt - L\,p^2v\,dv - m'v'dv' - m''v''dv'' = 0$$

que l'on peut écrire aussi en faisant ressortir les grandeurs électriques bien connues $i$, E, R, L.

$$E\,i\,dt - R\,i^2dt - L\,i\,di - m\,v'dv' - m''v''dv'' = 0.$$

Il ressort de cette équation l'expression $L\,p^2$ pour la masse inductive.

VI. Cherchons en premier lieu la valeur G de la *percussion longitudinale* simultanée d'une variation donnée d'intensité $\Delta I$. Traitant l'ensemble des deux trains comme un système purement mécanique et lui appliquant le théorème de la conservation des moments cinétiques, tenant compte en outre du fait que $m''/m'$ est négligeable devant l'unité, on arrive à

$$G = \frac{m''}{Lp} \cdot L\,\Delta I = \frac{l}{(e/m)} \cdot \Delta I.$$

$l$ désignant la longueur du circuit et $e/m$ la charge spécifique de l'électron, c'est-à-dire plus simplement encore que

$$\frac{\Delta I}{(e/m)}$$

représente la *percussion par unité de longueur.* C'est là la mesure remarquablement simple du phénomène prévu.

VII. On peut tirer aussi des conséquences intéressantes de nature purement électrique. Soit par exemple un circuit siège d'un régime variable dont il s'agit d'étudier l'intensité. L'équation (1) transformée pour s'appliquer commodément à ce calcul prend la forme :

$$(L + \frac{m''}{p^2}) \cdot \frac{di}{dt} + Ri - E = 0.$$

Si E est une force électromotrice sinusoïdale, le fonctionnement de régime est alors représenté par

$$i = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \omega^2 (L + m''/p^2)^2}} \cos\left[\omega t - \operatorname{arctg} \frac{\omega (D + m''/p^2)}{R}\right]$$

L'expression habituelle de l'inductance comporte donc en réalité deux termes, l'un inductif, l'autre mécanique, ce dernier d'ailleurs très petit devant le premier comme on va le noter.

Et l'on pourrait de manière analogue modifier les équations pour des systèmes oscillants en tenant compte des capacités.

VIII. Evaluations numériques. — Ramenons simplement le calcul à la percussion par cm³ de matière, et soit à cet effet $\Delta j$ la variation de l'intensité spécifique.

$$G \text{ par cm}^3 \text{ pour } \Delta j = \frac{\Delta j}{e/m} = 0{,}56.10^{-7}\,\Delta j \; e.m. \text{ C.G.S.}$$

Si $\rho$ est la masse spécifique, il en résulterait pour la vitesse acquise par création ou disparition d'une intensité spécifique $j$ :

$$v = \frac{0{,}56.10^{-7}\, j}{\rho} \text{ cm/sec}$$

soit pour 100 amp/cm² et $\rho = 8{,}9$ gr./cm³.

$$v = 6{,}3.\ 10^{-3} \text{ cm/sec} = 6{,}3.10^{-4} \text{ microns/sec}$$

grandeur extrêmement faible et inaccessible directement. En revanche, le calcul montre que le phénomène pourrait probablement être décelé par résonnance, moyennant des précautions extrêmement minutieuses, notamment quant à l'invariabilité de la fréquence. Des expériences dans ce sens sont en préparation.

IX. Le phénomène calculé ici répond à une question qu'a posée J. C. Maxwell (Traité, 4-e part., chap. VI) alors qu'il n'était pas question de théorie électronique ; ce qu'il appelle quantité de mouvement électrocinétrique (LI) n'est d'ailleurs pas égal à l'expression publiée dans le présent travail.

X. Il convient de poser à propos de telles recherches le problème fondamental du *nombre des charges libres* dans les métaux, lequel se confond avec celui de la « *vitesse* » *du courant électrique.* A l'examen des relations mécaniques étables plus haut, on se rend compte que la seule mesure de la percussion ne permettrait pas encore de fixer ces très importantes grandeurs.

Les phénomènes purement *électriques* (VI) au contraire le permettent en principe : Par exemple par l'étude expérimentale des régimes alternatifs qu'une même force électromotrice sinusoïdale entretiendrait dans des circuits identiques par leur longueur, différents quant à leur inductance, celle-ci demeurant très faible. — L'évaluation numérique du terme nouveau sous le radical laisse peu d'espoir de succès aux moyens actuels, s'il s'agit de mesure de valeurs efficaces ; par contre, je crois possible d'arriver au but — non sans grandes difficultés — à l'aide des très hautes fréquences d'oscillateurs convenables ; ces essais vont être tentés.

J'espère publier très prochainement le principe d'autres expériences encore, mécaniques et électriques.

XI. Le résultat le plus immédiat à tirer de déterminations expérimentales *mécaniques* est manifestement une *nouvelle déter-*

*mination de e/m.* La chose est d'importance, bien que ce nombre célèbre ait été calculé à partir de bien des recherches. Déjà la divergence ou la concordance avec la valeur connue actuellement servira en effet de pierre de touche à la légitimité de la théorie. Rappelons à ce sujet que l'effet Einstein- de Haas (moment d'impulsion développé par aimantation) a conduit jusqu'ici à des valeurs de $e/m$ notablement plus fortes (jusqu'au double) que la valeur moyenne admise actuellement, sans qu'on ait pu trouver une explication de cette anomalie.

XII. Mais cette remarque pose avec force la question : cette anomalie serait-elle imputable, au moins en partie, précisément aux phénomènes mécaniques prévus dans cette note ? Qualitativement, la chose est en effet possible : le renversement de l'aimantation induit des courants de révolution autour de l'axe des barreaux, ceux-ci superposent leurs couples d'impulsions à ceux de l'aimantation, et leur sens est opposé à celui de ces derniers pendant que $d^2B/dt^2$ est positive ; suivant la fonction qui lie B au temps, les couples d'aimantation *peuvent* précisément être *diminués* de ceux des courants induits. Une première évaluation — qui ne peut être que très peu sûre en particulier à cause de l'ignorance des courbes d'aimantation — m'a montré que les impulsions des courants seraient trop faibles pour expliquer l'anomalie, mais doivent être d'un ordre cependant assez comparable à celui de couples d'aimantation pour qu'il ne soit plus permis de les ignorer. Le même calcul a suffi à montrer qu'il sera facile en principe d'en tenir compte dans les expériences futures. Et il reste possible que l'expérience les révèle alors plus considérables que l'évaluation ne l'indique.

Lausanne, Lab. de physique de l'Université,
novembre 1924.