Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 56 (1925-1929)

Heft: 217

Artikel: Sur la superposition de forces électromotrices dans des circuits à détermination multiple de la résistance

Autor: Perrier, Albert

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-271587

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: 06.07.2025

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

Albert Perrier. — Sur la superposition de forces électromotrices dans des circuits à détermination multiple de la résistance.

N. VII. — *Séance du 3 mars 1926.*

I. — J'ai donné, dans des notes récentes du même recueil, l'essentiel d'une théorie nouvelle de la conduction métallique et de quelques-unes de ses prévisions les plus intéressantes. Je m'étais borné alors de préférence à leur aspect qualitatif; j'ai poursuivi le développement quantitatif de cette théorie et on trouve dans cette note et quelques-unes des suivantes le résumé des modifications (ou généralisations) qui doivent être apportées d'après elle à des lois fondamentales.

On verra aussi que des phénomènes très nouveaux et inexpliqués trouvent une interprétation remarquablement simple. Un exposé détaillé et systématique est réservé à un mémoire sur l'ensemble de ces travaux.

Pour plus de brièveté, les propositions antérieurement formulées ne sont généralement pas reprises autrement que par un simple renvoi [1]. Les notations sont identiques pour autant qu'il n'est pas fait de remarque particulière.

II. — Le problème fondamental qui se pose dans cette théorie des actions électromotrices intérieures et de la résistance multiple est celui de la *superposition de forces électromotrices hétérogènes dans un même conducteur;* j'entends par forces électromotrices hétérogènes celles qui correspondent dans un même conducteur à des résistances différentes, soit à des puissances différentes pour la même intensité (v. note II). En effet, ce problème se pose de lui-même déjà pour n'im-

[1] Ces renvois sont numérotés en chiffres romains (« notes I, II,... XII »), et les numéros se rapportent aux notes d'un groupe de publications de ce recueil à laquelle appartient celle-ci, et dont on trouvera un index avec titres et numéros à la fin de la note XII.

porte quel circuit siège d'*une* force électromotrice qui ne se ramène pas à un champ électrique pur et qui n'est pas uniformément répartie le long d'un conducteur uniforme (section normale et nature uniques); car alors apparaissent spontanément des différences de potentiel, soit des forces électromotrices hétérogènes en regard de celle qui est donnée.

Ce problème fondamental en comporte en réalité *deux: celui de l'intensité résultante et celui des transformations d'énergie.* Dans les idées usitées jusqu'ici, dont je dirai que l'on y postule l'homogénéité de toutes les forces électromotrices, ces deux questions se ramènent en fait à une seule.

Intensités résultantes. — Soient dans un même circuit E_1, E_2, ... E_n des forces électromotrices hétérogènes, I_1, I_2 ... I_n et R_1, R_2, ... R_n respectivement les intensités et résistances correspondantes. La signification de ces triplets de grandeurs est précisée en les considérant seuls séparément dans le circuit (note II).

Nous placerons à la base de nos considérations l'hypothèse suivante, qui a sans doute les plus grandes chances d'être en accord avec l'expérience, au moins dans le cas très général de lois linéaires (Ohm). Je la prends comme générale, sous réserve des sanctions expérimentales futures:

L'intensité résultante I est la somme algébrique des intensités composantes, symboliquement:

$$I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n = \frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \cdots \frac{E_n}{R_n} \qquad (1)$$

loi qui sera introduite dans la présente théorie à la place de la loi classique, plus simple.

Energies et forces électromotrices. — Ici, le champ des hypothèses plausibles a priori est beaucoup moins délimité; en l'absence, totale pour l'instant, d'expériences directes, nous avons tout d'abord, comme condition sûre pour nous guider ici, (comme plus haut d'ailleurs) seulement l'exigence que les lois que nous posons doivent devenir les lois connues lorsqu'en particulier toutes les forces électromotrices sont homogènes.

De toutes les hypothèses auxquelles on peut faire appel et qui

rentrent dans ce cadre, je choisirai la plus simple à première vue, qui consiste à admettre que la *force électromotrice résultante E est la somme algébrique des forces électromotrices agissant simultanément*, ou bien à écrire:

$$\begin{aligned} W &= (E_1 + E_2 + \dots E_n)(I_1 + I_2 + \dots + I_n) = \\ &= E_1 I_1 + E_2 I_2 + \dots + E_n I_n + E_1 I_2 + E_2 I_1 + \dots E_n I_{n-1} + E_{n-1} I_n \\ &= I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + \dots + I_n^2 R_n + I_1 I_2 (R_1 + R_2) + + I_{n-1} I_n (R_{n-1} + R_n) \end{aligned} \tag{2}$$

en désignant pour abréger par W l'énergie transformée en chaleur *par unité de temps*.

Cette loi hypothétique signifie encore que *chaque force électromotrice « travaille » de la même manière avec les courants « partiels » correspondant à toutes les autres qu'avec celui qui lui correspond.*

Ce fait n'est rien moins qu'évident; je pense même que l'expérience ne montrera pas une loi simple unique, mais une loi particulière à chaque couple de forces électromotrices déterminées.

Mais, cette réserve expressément faite, je vais néanmoins exposer une série de conséquences des lois (1) et (2). Les modifications que l'expérience ou des mécanismes hypothétiques particularisés pourront imposer à la loi (2) ne changeront pas sensiblement leur aspect qualitatif, lui-même nouveau et inattendu. Et d'autre part elles ne laisseront pas de guider les expériences. Je ne choisirai du reste que le strict nécessaire pour en fixer la physionomie générale.

III. — On remarque d'emblée que *la loi de Joule n'est plus valable*, ce qui s'exprime par ce fait qu'il n'existe plus un facteur unique *constant* R tel que la chaleur dégagée dans le circuit serait donnée pour toute intensité par $R I^2 t$.

On peut d'ailleurs calculer la grandeur R exactement; on trouve par exemple dans le cas de deux forces électromotrices seulement:

$$R = \frac{R_1 R_2 \left(1 + \frac{E_2}{E_1}\right)}{R_2 + R_1 \frac{E_2}{E_1}}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{1 + \frac{E_2}{E_1}} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \cdot \frac{E_2}{E_1} \right)$$

Cette « résistance résultante » est donc fonction de la valeur numérique des forces électromotrices (soit de l'intensité), plus exactement de leur rapport à l'une d'entre elles.

On vérifiera sans peine que ces grandeurs sont identiques à celles qu'on tirerait de (1) en l'identifiant à une loi d'Ohm généralisée. Il n'en serait même plus ainsi avec d'autres types de lois énergétiques que (2): on *pourrait alors être conduit à deux déterminations différentes (numériquement) de la résistance* pour un même circuit fonctionnant dans les mêmes conditions.

IV. — Appliquons maintenant au cas le plus fréquent de beaucoup dans les réalisations expérimentales.

Soit une force électromotrice E de nature quelconque agissant le long d'une partie d'un circuit, le tronçon « intérieur », ou, comme je dirai encore, le « tronçon générateur »; l'autre partie est constituée par une résistance « extérieure » inerte r_e. Soient r' et r'' les résistances du tronçon intérieur correspondant respectivement à E et à la différence de potentiel $V_1 - V_2$ qui s'établit entre ses extrémités; appelons i l'intensité résultante. La loi hypothétique (1) conduit à:

$$i = \frac{E}{r'} + \frac{V_1 - V_2}{r''} \qquad i = \frac{V_2 - V_1}{r_e}$$

On peut en effet considérer chacun des deux tronçons comme un circuit fermé, à condition de lui adjoindre une discontinuité de potentiel V_1/V_2 avec le signe convenable. On tire facilement de ces équations:

$$i = \frac{r''}{r'} \frac{E}{(r'' + r_e)} \qquad V_2 - V_1 = \frac{r''}{r'} \cdot \frac{r_e E}{(r'' + r_e)}$$

$$\frac{1}{i} = \frac{1}{E} \cdot \frac{r'}{r''} (r'' + r_e) \tag{3}$$

Ces expressions nous seront utiles à tour de rôle dans la suite.

V. — La mesure de $(V_1 - V_2)$, i, r_e et r'' par les procédés classiques permettra de vérifier la loi additive (1), en utilisant de préférence la dernière des équations (3). *Mais ces mesures ne permettent pas de fixer E et r' séparément, seul leur rapport* $\frac{E}{r'}$ *est accessible ainsi.* La détermination expérimentale de ces grandeurs *exige absolument une mesure énergétique* **indépendante,** par exemple celle de la quantité de chaleur libérée dans le circuit total ou seulement son tronçon intérieur; nous y revenons plus loin.

Ces équations font ressortir quantitativement cette proposition essentielle de la présente théorie (déjà formulée note II) *que la différence de potentiel entre les extrémités d'un tronçon non fermé ne mesure en général pas la force électromotrice dans ce tronçon;* en effet, pour $r_e = \infty$,

$$V_2 - V_1 = \frac{r''}{r'} \cdot E \qquad (4)$$

Désignant respectivement par Q_g et Q_t les quantités de chaleur libérées *par unité de temps* dans le tronçon générateur et dans le circuit total, on trouve par les calculs convenables:

$$r' = \frac{J\,Q_t}{i^2} \cdot \frac{r''}{r'' + r_e} = \left(\frac{J\,Q_g}{i^2} + r_e\right) \frac{r''}{r'' + r_e}$$

ce qui correspond à des résistances « efficaces » (mêmes indices):

$$r_g = r' \left(1 + \frac{r_e}{r''}\right) - r_e \text{ et } r_t = r' \left(1 + \frac{r_e}{r''}\right)$$

fonctions toutes deux de la résistance extérieure dès que r' est différente de r''.

On peut d'ailleurs tout aussi bien calculer E en fonction des grandeurs de l'expérience. La détermination de E et de r' est donc en principe possible dès qu'une mesure au moins donne l'*énergie transformée dans le tronçon générateur.*

VI. — En partant de ce qui précède et à l'aide de calculs élémentaires, on discute les *répartitions de l'énergie entre le*

tronçon générateur et le circuit extérieur. Voici seulement quelques faits tirés de cette discussion:

Il existe, comme avec les générateurs bien connus, une *résistance extérieure (p. c. une intensité de courant) pour laquelle l'énergie fournie à l'extérieur est maximum.*

Mais ce parallélisme n'est que qualitatif; comme la répartition générale des énergies est différente, les expressions correspondantes à ce maximum sont elles-mêmes différentes de celles de la théorie classique.

Le contraste s'accuse d'une manière particulièrement frappante lorsqu'on se rapproche des conditions limites $r_e = \infty$. $i = o$. Avec la théorie classique (piles, induction), l'énergie consommée dans le générateur *devient négligeable devant l'énergie extérieure.* Ici, le rapport de l'une à l'autre tend *vers la valeur* $\left(\frac{r'}{r''} - 1\right)$, *différente de O dès que* $r' \neq r''$. *Il peut être d'ailleurs positif ou négatif,* et ces deux alternatives correspondent encore à:

$$E > (V_2 - V_1)_{i=o} \text{ et } E < (V_2 - V_1)_{i=o}$$

Le deuxième cas est plus particulièrement digne d'être souligné: lorsqu'on ferme le circuit et fait croître graduellement l'intensité à partir de O, le tronçon générateur ne se chauffe pas, *il se refroidit* et la chaleur qui lui est enlevée est transportée au circuit extérieur; le tronçon générateur se comporte comme une *résistance négative.* Ce processus s'accentue d'abord, passe par un maximum, puis diminue et change de signe en passant par zéro; à ce moment $(V_2 - V_1)$ *mesure exactement la force électromotrice réelle.* Ensuite, il se dégage de la chaleur dans le circuit entier, les phénomènes redeviennent qualitativement tels qu'on les connaît.

VII. — Nous remarquions au § V que les équations (3) permettent la confrontation commode avec l'expérience. Plus précisément, si en portant $\frac{1}{i}$ en ordonnées, les abscisses correspondantes étant r_e, on trouvait une droite, la loi hypothétique (1) serait vérifiée.

Si l'expérience, dans certains cas, donnait une courbe, on devrait en conclure que le rapport $\frac{E}{r'}$ est fonction de l'in-

tensité, et la courbe permettrait la détermination de cette fonction.

Je n'entreprendrai pas la discussion théorique de pareilles circonstances. Ce serait manifestement prématuré, ce qui précède le montre. Il est plus intéressant d'étudier divers phénomènes connus et inconnus sur la base des hypothèses les plus simples: cela fait l'objet de travaux subséquents.

Lausanne, mars 1926.

Labor. de physique de l'Université.