Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 56 (1925-1929)

Heft: 217

Artikel: Action électromotrices intérieures et superconduction : quelques conséquences fondamentales

Autor: Perrier, Albert

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-271590

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: 12.07.2025

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

Albert Perrier. — Actions électromotrices intérieures et superconduction ; quelques conséquences fondamentales.

N. X. — *Séance du 3 mars 1926.*

I. — L'application de la théorie développée dans des travaux précédents à l'interprétation de la superconduction se présente essentiellement ainsi:

Le mouvement dirigé moyen des électrons est dû d'une manière pratiquement exclusive à des actions électromotrices intérieures considérables en regard de celles du champ d'origine extérieure qui les provoque.

Une différence essentielle de cette théorie avec les tentatives les plus récentes[1] réside en ce fait qu'elle ne suppose pas du tout les électrons canalisés dans des trajectoires « imperméables » suivant les lignes de courant; elle n'implique pas du tout non plus que l'équilibre thermique ne doive pas être établi entre électrons et éléments fixes du réseau. Cela libère d'une sérieuse difficulté dans l'interprétation de la conduction calorifique; on sait en effet (Holst et Kamerlingh Onnes) que les superconducteurs électriques demeurent des conducteurs calorifiques normaux.

La présente note est consacrée à l'exposé de diverses conséquences importantes touchant exclusivement les superconducteurs; celles qui suivent immédiatement (II) sont totalement inconnues, mais d'une accession expérimentale qui ne paraît pas très difficile dans un laboratoire disposant d'hélium liquide; les autres sont en grande partie des phénomènes observés empiriquement et dont l'aspect étrange n'avait pu, jus-

[1] C. en particulier : H. Kamerlingh Onnes, Rapport sur des nouvelles expériences avec les supraconducteurs. — H.-A. Lorentz, On the motion of electricity in a spherical shell placed in a magnetic field, Aux Report and Comm. to the Fourth international congress of refrigeration, London 1924.
Aussi. Comm. from the Phys. Lab. Leiden.

qu'ici à ma connaissance, trouver aucune justification satisfaisante.

II. — Partons de l'existence du flux d'énergie dont la possibilité et les propriétés sont prévues antérieurement (note IX). En l'absence pratique d'effet Joule (superconduction), l'effet de variations de section du conducteur doit se manifester purement. Dès lors, on devrait imaginer qu'il s'établisse de part et d'autre d'un étranglement des *différences de température qui subsisteraient, permanentes, en régime permanent,* c'est-à-dire des heures ou même des journées sans source d'énergie extérieure.

Cela ne paraît pas conciliable avec le second principe (conducteur métallique!) et je pense qu'il y a lieu de continuer la déduction ainsi:

Dans un circuit superconducteur où la densité de courant n'est pas uniforme, l'intensité doit s'amortir plus rapidement; c'est-à-dire que tout doit s'y passer comme si une résistance apparaissait, résistance d'autant plus perceptible que les variations de densité le long du circuit sont plus amples et plus nombreuses.

Il est prématuré d'imaginer des mécanismes déterminés pour un phénomène totalement inconnu, mais on peut, plus phénoménologiquement proposer un schéma tel que celui-ci: de part et d'autre d'un étranglement les actions intérieures ne sont plus réparties symétriquement dès que les différences de température apparaissent. La thermodynamique exige alors que les quantités de chaleur apparues d'une part dépassent celles qui sont détruites de l'autre; il y a dans l'ensemble production continue de chaleur aux dépens de l'énergie électrocinétique et jusqu'à épuisement. Cela implique que les actions intérieures sont fonctions de la température (ce qui est bien naturel) et le second principe permettrait d'établir une liaison quantitative entre ces actions et d'autres grandeurs caractéristiques. Il est inutile d'entrer dans des détails là-dessus; j'y reviendrai en temps et lieu, ainsi que sur les différences de potentiel simultanées elles aussi de variations de la densité (note V); elles peuvent modifier l'aspect de l'effet présumé, mais pas qualitativement.

Une expérience avec résultat affirmatif serait extrêmement précieuse pour pénétrer le mécanisme de la superconduction

et par là de la conduction métallique en général. Il importe de remarquer que, même si les effets prévus étaient très faibles, ils pourraient se manifester encore nettement, car ils s'intègrent avec le temps; il s'agit essentiellement de comparer des durées d'extinction.

Cependant, si l'expérience paraît très simple, elle rencontre une difficulté sérieuse dans la répartition pelliculaire des supercourants: ce n'est pas simplement par des étranglements des conducteurs que l'on réaliserait les conditions prescrites par la théorie; peut-être pourra-t-on arriver au but à l'aide de conducteurs lamellaires minces à l'extrême, mais ce n'est pas ici le lieu d'élucider ces questions de technique.

III. — Etudions deux problèmes fondamentaux:

a) Dans un tronçon ouvert et à une température où il est superconducteur agit une force électromotrice E pour laquelle la matière n'est pas superconductrice, quelle différence de potentiel ΔV s'établit entre les extrémités du tronçon?

Appliquons l'équation (4) note VII en tenant compte de $i = o$, il vient

$$\frac{\Delta V}{r''} = -\frac{E}{r'}$$

d'où découle que si r'' est négligeable devant r', ΔV l'est aussi devant E, en langage ordinaire:

Quelle que soit la force électromotrice dans le tronçon, la différence de potentiel d'équilibre est nulle.

b) Dans un circuit fermé superconducteur agit une force électromotrice E pour laquelle la matière n'est pas superconductrice, étudier la période d'établissement du courant.

Cette étude se ramène à celle de l'équation différentielle

$$i = \frac{E}{r'} - \frac{L}{r''} \cdot \frac{di}{dt}$$

On verra dès le premier examen en quoi cette forme nouvelle diffère de l'équation bien connue; son intégrale pour les conditions classiques de fermeture du circuit est

$$i = \frac{E}{r'} \cdot \left(1 - e^{-\frac{r''}{L} t}\right)$$

elle exprime que le régime d'établissement est qualitativement le même avec une constante de temps distincte dans la mesure où r'' s'écarte de r'.

Mais il s'agit de superconduction, c'est-à-dire, pour autant qu'on peut parler de résistance, r'' est en tout cas inférieure au milliardième de la résistance métallique d'un bon conducteur ordinaire; la constante de temps d'un circuit circulaire simple, à l'ordinaire de l'ordre de 10^{-4} secondes, se monte alors dans ces conditions extrêmes à 10^5 secondes au moins, c'est-à-dire à quelque 30 heures (probablement beaucoup plus encore!) Cela signifie que *l'application d'une force électromotrice (toujours du type précisé, mais de grandeur quelconque), même durant plusieurs minutes, ne pourra faire apparaître aucun courant perceptible.*

IV. — *Applications.* — Elles pourront être nombreuses, considérons-en ici deux seulement.

En premier lieu, aux forces électromotrices et courant *provoqués par accélération de conducteurs métalliques* (forces électromotrices et courants « *d'inertie* » comme je m'exprimerai brièvement), phénomènes encore à peine mis au jour (v. note ultérieure XII). On peut tenter la mesure soit par la différence de potentiel à circuit ouvert, soit par l'intensité à circuit fermé. Or, je prévois que ces effets, même dûment mis en évidence et mesurés dans un conducteur ordinaire, **pourront** *se dérober totalement soit devant l'une, soit devant l'autre méthode aux températures où ce même circuit devient superconducteur;* si paradoxal que cela puisse paraître précisément lorsque les électrons semblent devoir rencontrer les moindres obstacles à leur déplacement. Cela montrera, si cela se réalise, simplement *que la superconduction ne subsiste pas pour ce type de forces électromotrices d'inertie,* et découle d'ailleurs directement des propositions consignées sous III.

En second lieu, ainsi que K. Onnes (loc. cit.) l'*a découvert expérimentalement,* le phénomène de Hall qui, en règle assez générale, s'accentue par le refroidissement, *disparaît* au contraire lorsque le métal atteint la superconductibilité. Les conclusions formulées (III *a*) permettent encore d'expliquer ce fait étrange de la manière la plus simple: il suffit d'admettre que le courant que créerait la force électromotrice de Hall rencontrerait, lui, une résistance appréciable (r' de plus

haut) pour que *la différence de potentiel transversale, objet de la mesure dans les expériences en question, ne se manifeste pas.* Ce n'est pas le phénomène qui doit être considéré comme inexistant, ce sont les conditions dans lesquelles on le recherche qui l'empêchent de se produire en un temps suffisamment court.

Mais plus encore, si cette interprétation correspond essentiellement à la réalité des faits, on ne pourrait pas mieux faire apparaître l'effet Hall en fermant le circuit transversal et recherchant l'intensité, car celle-ci ne saurait s'établir sensiblement qu'en un temps trop long (proposition sous III *b*).

Or, il me paraît que l'on peut trouver là l'explication de l'expérience aussi belle qu'étonnante dans son résultat de Kamerlingh Onnes et Tuyn [1]. Je rappelle en quoi elle consiste: Une nappe de courants créés par induction suivant les parallèles d'une sphère de plomb superconductrice n'a subi aucune modification sensible de répartition dans un champ magnétique oblique sur le plan des parallèles.

Toute rotation en effet du plan des lignes de courant sous l'action du champ constituerait un courant de l'effet Hall, dont je viens de dire qu'il ne saurait se développer qu'avec une lenteur extrême.

Il ne saurait échapper que ces observations déjà faites parlent nettement en faveur de la théorie; il convient d'en attendre d'autres, en particulier celles qui sont déjà projetées dans la présente publication, pour se prononcer avec plus de certitude.

Lausanne, mars 1926.

Labor. de physique de l'Université.

[1] H. Kamerlingh Onnes et Tuyn, v. Rapport de H. K. O. Sur de nouvelles expériences avec les supraconducteurs. Comm. Leiden, Suppl, N° 50 (1924) to Nos. 157-168.