

| | |
|---------------------|--|
| Zeitschrift: | Archives des sciences physiques et naturelles |
| Herausgeber: | Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève |
| Band: | 1 (1919) |
| Artikel: | Sur la transformation directe de la chaleur en énergie électrique par d'autres voies que les couples thermoélectriques : les limites de rendement de cycles pyroinductifs et pyroélectriques |
| Autor: | Perrier, Albert |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-742143 |

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: 17.01.2026

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

en effet, qu'il était absolument indispensable d'employer toujours du gaz *frais* pour obtenir des valeurs du potentiel, constantes et susceptibles d'être retrouvées. On avait alors exprimé l'opinion que le potentiel explosif est probablement très sensible aux moindres impuretés. C'est cette hypothèse que l'auteur a examinée, et il a recherché l'effet de petites quantités de vapeur d'eau, d'acide carbonique et de vapeur de mercure. Le résultat est le suivant.

Alors que de petites quantités d'acide carbonique (jusqu'à 0,05 % en volume environ) n'agissent pas d'une façon sensible sur le potentiel explosif dans l'air, l'influence de faibles quantités de vapeur d'eau et de mercure produisent des effets très appréciables. On procérait, par exemple, de la manière suivante : on faisait le vide dans les appareils qu'on venait d'utiliser, et on laissait pénétrer de la vapeur d'eau non saturée à une pression de 5 mm Hg; puis on introduisait de l'air sec jusqu'à ce que la pression atmosphérique soit atteinte; alors on refaisait le vide jusqu'à 0,2 mm de Hg et on remplissait ensuite avec de l'air sec à la pression désirée (3-5 mm Hg). Dans ces conditions, le nouveau potentiel nécessaire était de 70 à 80 volts plus élevé que l'ancien, où l'air était parfaitement sec.

L'exclusion de vapeurs de mercure (pression de saturation à la température ordinaire) donna une augmentation du potentiel de 30 volts pour une pression du gaz de $p = 1$ mm (longueur de l'étincelle toujours : 4,93 mm).

De plus, on observa que des électrodes (laiton et Ag) tout fraîchement travaillées au tour produisaient un potentiel plus élevé (pour l'argent et $p = 1,16$ mm, jusqu'à 54 volts). Cette élévation avait disparu après peu de temps. Seules des recherches plus complètes pourront dire s'il s'agit là d'un effet nouveau inconnu de la matière de l'électrode.

Pour les détails, voir le travail complet qui paraîtra ailleurs.

Albert PERRIER (Lausanne). — *Sur la transformation directe de la chaleur en énergie électrique par d'autres voies que les couples thermo-électriques ; les limites de rendement de cycles pyroinductifs et pyroélectriques.*

Le présent travail est consacré à deux principes différents basés respectivement sur les dissymétries magnétique et électrique de la matière et à la discussion de leurs possibilités de rendement.

I. — Considérons un corps cristallin ferromagnétique, c'est-à-dire doué d'*aimantation spontanée*. On sait que cette valeur est une fonction bien déterminée de la température, plus précisément qu'elle décroît au chauffage jusqu'à disparaître (point de Curie) et que cette variation est réversible. En disposant sur un tel corps un enroulement

fermé, on réalise un *générateur de courant électrique par voie thermique*. En effet, chauffons et refroidissons alternativement : les variations périodiques de l'aimantation provoquent dans l'enroulement des courants d'induction alternatifs ; nous les qualifierons de *pyroinduits*¹.

II. Considérons de même un cristal *pyroélectrique* : ici, la production de courants alternatifs par oscillations périodiques de température est évidente : il suffit de munir les extrémités opposées d'axes polaires d'armatures et de les réunir par des conducteurs.

Les rendements peuvent affecter une infinité de valeurs suivant les enroulements ou armatures ; j'ai cherché s'ils demeurent nécessairement au-dessous de limites inférieures à celles exigées par le principe de Carnot, j'ai trouvé :

III. — *Phénomènes pyroinductifs.* — Le maximum d'énergie que l'on peut tirer par induction d'une variation $\Delta\Phi$ de flux a pour valeur $\frac{(\Delta\Phi)^2}{2L}$, c'est-à-dire *l'énergie électrocinétique de ce circuit pour un flux de valeur égale*. L représente le coefficient de selfinduction du même circuit calculé dans le vide. On démontre cette proposition en comparant avec un circuit de résistance nulle et de même configuration. Appliquant au cas le plus favorable d'un tore, on obtient pour l'expression du rendement limite :

$$\eta = \frac{(\Delta B)^2}{4\pi J\rho c \Delta t}$$

J = équiv. mécanique ; ρ = densité ; c = chaleur spécifique ;
 Δt = amplitude de l'oscillation de température.

IV. — *Phénomènes pyroélectriques.* — L'énergie maximum correspond ici à une résistance infinie entre les deux armatures. Pour une plaque pyroélectrique à deux faces perpendiculaires à un axe polaire, on trouve :

$$\eta = \frac{4\pi p^2 \Delta t}{J\epsilon\rho c}$$

p = constante pyroélectrique ; ϵ = constante diélectrique (relatives à la direction de l'axe).

Exemples numériques :

a) Soit du *nickel* dont on fait osciller la température de 340° à 360° (disp. du ferromagnétisme ; $\Delta t = 20^\circ$) ; on trouve tous calculs faits

¹ Par analogie avec la pyroélectricité. Je remarque à ce propos qu'un élément cristallin dont l'aimantation spontanée serait apparente constituerait au premier chef un corps *pyromagnétique*, c'est-à-dire le correspondant magnétique des pyroélectriques.

$$\eta = 0.02 \%$$

b) Cristal de tournaline ; $\Delta t = 100^\circ$, on trouve

$$\eta = 0.006 \%$$

Ces deux valeurs sont très petites, mais d'ordres de grandeur assez différents ; la première est comparable à ce que donnent des couples thermoélectriques simples ; dans les mêmes conditions un cycle de Carnot donnerait 3,2 %.

Le débit d'énergie est à proportion de la vitesse avec laquelle les échanges de chaleur peuvent être effectués ; il serait certainement fort petit dans les conditions d'une expérience ordinaire.

V. — On peut généraliser beaucoup : on transformera en principe de la chaleur en énergie électrique (ou électrocinétique) avec tout dispositif tel que l'on puisse produire dans des champs magnétiques ou électriques des oscillations de température de corps dont respectivement les perméabilités ou constantes diélectriques sont fonctions de la température. Ces conditions ne correspondent toutefois pas exactement aux précédentes où les corps actifs agissent *seuls* (action simultanée d'un champ pas nécessaire)¹ ; en outre les rendements et débits seraient d'ordres encore beaucoup plus petits.

VI. — On notera comme caractères principaux des cycles considérés : Ils fournissent de l'énergie durant *tout* leur parcours. Ils n'ont ainsi pas de correspondants dans les cycles des fluides de la thermodynamique classique ; on trouverait des correspondants chez les solides. L'énergie libérée n'est pas du tout identique à l'énergie d'aimantation ou de polarisation diélectrique. Ils sont irréversibles.

VII. — *Modifications possibles des rendements.* — Au lieu d'un corps actif, utilisons une série de corps dont les températures sont échelonnées entre celle de la source chaude et celle de la source froide, chacun d'eux servant successivement de source froide au précédent et de source chaude au suivant. On peut démontrer :

Que le rendement d'une telle machine (pyroinductive ou pyroélectrique) sera *plus grand ou plus petit que celui d'une machine à un seul corps actif* suivant que l'intensité de polarisation des substances utilisées varie plus lentement ou plus vite que la proportionnalité à l'oscillation de température. Ce cas limite correspond à un rendement proportionnel à l'écart de température.

Les lois connues de la pyroélectricité excluent donc l'application du procédé : au contraire, la variation quasiparabolique de l'aiman-

¹ Les corps ferromagnétiques que l'on peut trouver demandent cependant une action extérieure qui peut être très faible si l'on atteint le point de Curie.

tation spontanée dans la région du point de Curie est particulièrement favorable ; il suffirait de s'adresser à des corps (alliages) avec points de disparition échelonnés convenablement.

VIII. — Les difficultés pratiques rendent ce principe à peu près irréalisable dans la forme ci-dessus ; on l'adaptera par exemple en se servant de corps immobiles et isolés à travers lesquels on fera circuler de la chaleur par mouvement alternatif d'un fluide. Cela présenterait en particulier le très grand avantage de n'exiger aucune pièce mobile dans la machine proprement dite et de pouvoir monter les enroulements en série dans un seul circuit, les cycles partiels étant parcourus simultanément.

Il ne semble pas absolument impossible d'atteindre un rendement comparable à celui d'un cycle de Carnot pour des intervalles de température appropriés, en faisant appel à un grand nombre de cycles intermédiaires ; mais alors la question de la puissance se complique.

* * *

Adjonction au moment de l'impression. — Une aimable communication de M. C.-E. GUILLAUME me met en mesure de signaler les antériorités suivantes qui m'étaient inconnues lors de la séance. M. M. DEPREZ et avant lui M. NODON¹ ont indiqué la possibilité d'engendrer des courants au moyen d'un ferromagnétique chauffé dans un aimant en fer à cheval sans cependant calculer les limites de rendement données ci-dessus ni aborder les phénomènes symétriques du côté électrique. M. EDISON avait aussi indiqué la même possibilité à propos de son moteur pyromagnétique.

Je me propose de publier un travail plus détaillé sur ces sujets et d'autres connexes et je reviendrai sur les conclusions de M. DEPREZ, lesquelles s'appliquent surtout à la transformation de chaleur en énergie mécanique par voie magnétique.

Edouard GUILLAUME (Berne). — *Sur la Théorie de la Relativité.*

Ayant montré l'an dernier les résultats auxquels conduit l'introduction d'un paramètre unique t pour représenter le temps dans la Théorie de la relativité², l'auteur se propose maintenant d'examiner l'éclaircissement que ce nouveau point de vue apporte à l'ancien, où le temps est représenté par autant de variables τ_1, τ_2, \dots qu'il y a de systèmes de référence en présence $S_1(x_1, y_1, z_1), S_2(x_2, y_2, z_2), \dots$ A cet effet, il s'appuie sur l'axiome suivant, jamais encore contesté : *Differents temps ne peuvent être simultanés*³, et va montrer qu'il est

¹ *C. R.*, 125, 1897, p. 511 et *Rev. gén. des Sciences*, IX, 1898, p. 71.

² *Arch. (4)*, 46, p. 281 et suiv., 1918.

³ KANT, *Critique de la raison pure, Esthétique transcendentale*.