

**Zeitschrift:** Archives des sciences physiques et naturelles  
**Band:** 7 (1925)

**Artikel:** Expériences sur la symétrie électrique des molécules du nickel  
**Autor:** Perrier, Albert / Borel, C.-E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-740695>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 09.11.2024

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

# Expériences sur la symétrie électrique

## DES MOLÉCULES DU NICKEL<sup>1</sup>

PAR

**Albert PERRIER et Ch.-E. BOREL**

(Avec 5 fig.)

1. *Introduction.* — Les recherches résumées dans ce qui suit continuent celles que M. A.-J. Staring et l'un de nous avons exécutées il y a quelques années<sup>2</sup> sur le fer.

Leur but général est, nous le rappelons, la recherche d'effets magnétiques longitudinaux de courants électriques. Ici, nous avons entrepris dans le même sens l'étude du nickel. Eu égard à l'importance de la question pour la connaissance de la constitution de l'atome, nous avons cherché à perfectionner la sensibilité de notre méthode et à multiplier encore les contrôles; le laboratoire disposait pour cela de moyens matériels plus étendus que lors du premier travail.

Par leur nature, ces recherches sont essentiellement techniques, et l'exposé que nous en faisons porte en conséquence ce caractère. Leurs bases théoriques et leur situation dans l'atomistique ont été développées dans deux publications antérieures<sup>3</sup> auxquelles nous renvoyons.

<sup>1</sup> Un extrait de ce travail a été présenté à la Société suisse de physique (Séances des 2-3 oct. 1924 à Lucerne).

<sup>2</sup> Alb. PERRIER et A.-J. STARING, *Expériences sur la dissymétrie électrique des molécules du fer*, *Archives* (V), 5, p. 333 (1923). — Extrait: Soc. suisse de phys., séance du 26. VIII. 1922 (Berne), *Archives* (V), 4, p. 373 (1922).

<sup>3</sup> Alb. PERRIER, *Sur les polarisations magnétiques ou électriques que peuvent provoquer des champs électriques ou magnétiques par voie*

Conformément à la marche des expériences, nous diviserons le texte en deux parties. Nous avons pensé arriver à chef par des observations à la température ordinaire, mais, une fois la mise au point des dispositifs assez avancée pour mettre bien en relief les propriétés de la matière en étude, celles-ci se sont révélées si complexes en regard des actions très faibles que nous devons observer, que nous nous sommes décidés à travailler à haute température (point de Curie), nonobstant le surcroît d'exigences techniques que cela implique. Nous résumons d'abord la première série d'expériences faites à température ordinaire parce que son acquis a été utilisé en grande partie dans la seconde série et qu'il peut rendre service à d'autres travaux, puis nous consacrerons la deuxième partie aux recherches à haute température et à leur résultat.

La conclusion à laquelle nous arrivons, différente de celle exprimée par Perrier et Staring pour le fer, est discutée en fin de mémoire.

#### 1<sup>re</sup> PARTIE. — RECHERCHES A TEMPÉRATURE ORDINAIRE.

2. *Disposition générale.* — Nous avons fait cette fois un usage exclusif de nappes de courant cylindriques, disposées en « triplets »; c'est-à-dire que la lame magnétique en étude est parcourue dans toute sa longueur par un courant « longitudinal » qui revient partagé en deux moitiés, l'une intérieure, l'autre extérieure, par des conducteurs non magnétiques.

L'expérience essentielle consiste donc à déterminer la variation d'aimantation longitudinale que peut provoquer l'établissement du courant. La difficulté de principe réside dans la séparation des effets cherchés d'avec ceux que provoquent nécessairement les actions du champ magnétique « transversal » créé dans la matière par le courant longitudinal lui-même. Il importe de souligner encore l'importance relative considérable que ce champ peut prendre. Si l'on choisissait un fil de nickel compact de 2 mm de diamètre, parcouru par un cou-

*réversible et irréversible*, Soc. suisse de physique, C. R. séance de Berne du 26. VIII. 1922, *Archives* (V), 4, p. 369 (1922) et Alb. PERRIER et A.-J. STARING, *loc. cit.*

rant de 25 ampères, soit une intensité spécifique de 8 amp/mm<sup>2</sup>, ce fil serait soumis à un champ magnétique à lignes de force circulaires variant de 0 dans l'axe à 50 gauss à la périphérie. Supposons maintenant un moment électrique moléculaire de 10<sup>-18</sup>e.s. CGS. Le champ électrique longitudinal correspondant du courant ( $E = 0,01$  volt/cm) serait alors équivalent à un champ magnétique longitudinal de 0,006 gauss (moment magnétique moléc. = 0,55. 10<sup>-20</sup> e.m. C.G.S.), soit *quelques dix-millièmes* du champ transversal.

La discrimination de ces effets n'est pas possible par des expériences autour de l'origine (état de complète désaimantation), elle le devient en principe à partir d'un état d'aimantation préalable; en outre la susceptibilité effective y devient beaucoup plus forte <sup>1</sup>.

Il est donc de toute nécessité de disposer de l'aimantation de la manière la plus variée, ce pour quoi l'échantillon cylindrique est placé dans un solénoïde coaxial suffisamment long. Ce solénoïde a aussi un rôle essentiel à jouer dans la mesure proprement dite dont le but ultime est de permettre la comparaison, cas échéant, d'un moment électrique à un moment magnétique. Et cela se ramène en fait à la comparaison expérimentale des effets magnétiques provoqués d'une part par un champ électrique, de l'autre par un champ magnétique, parallèles et connus. Pratiquement, on procède en déterminant la « perméabilité différentielle »  $\left(\frac{d\mathcal{B}}{d\mathcal{E}}\right)$  par des variations faibles du champ inducteur dans les deux sens (elle prend des valeurs différentes pour ces deux cas, l'une,  $\mu_i$ , la plus petite, correspondant à une variation pratiquement réversible de l'aimantation, l'autre,  $\mu_r$ , souvent beaucoup plus forte, donnée par la prolongation de la courbe principale du cycle). L'existence des champs transversaux conduit à considérer et déterminer aussi des perméabilités « transversales », définies ici par le rapport entre l'accroissement d'induction dans la direction de l'axe et l'accroissement de champ normal à l'axe qui le pro-

<sup>1</sup> Pour la discussion de ces degrés d'asymétrie, voir la publication précitée de A. P. (1922).

voque; cette grandeur est évidemment indépendante du sens du champ.

Si l'on doit arriver jusqu'à l'interprétation numérique de résultats positifs, il importe enfin de remarquer que les susceptibilités longitudinales peuvent fort bien être différentes suivant qu'elles sont *mesurées en présence ou en l'absence de champs transversaux*<sup>1</sup>.

Comme dans la recherche précédente, nous avons prévu un *courant axial* indépendant, destiné à produire des champs transversaux quelconques et à permettre ainsi l'étude de leurs effets pris isolément.

Les variations d'aimantation ont été relevées par la méthode balistique; une bobine secondaire était passée à cette fin sur le solénoïde d'aimantation. Au moyen des dispositions dont le détail est donné plus loin (enroulements induits, distance d'échelle, détermination de conditions d'action optimum des courants) la sensibilité résultante a pu être à peu près *décuplée* vis-à-vis de celle atteinte par Perrier et Staring. Mais dans ces conditions extrêmes, la mise en œuvre de la méthode balistique, si simple et commode dans des circonstances courantes, implique de grandes difficultés provenant de trois groupes d'effets parasites: les fluctuations des courants d'aimantation, celles du champ terrestre, d'une part directement, de l'autre, par leur action sur la matière en essai.

Tout le flux du courant d'aimantation, en effet, traverse la bobine induite et le rapport entre les aires des sections de la lame magnétique et du solénoïde (air) étant très faible, ce flux prend ainsi une grande importance relative; la constance du courant vérifiable sur l'ampère-mètre de précision ne suffit pas à éteindre des déplacements continuels du zéro galvanométrique; la même constatation s'applique, aggravée, au champ terrestre.

Ces deux premiers effets ont été éliminés complètement en doublant en somme l'appareil par un second comprenant solénoïde et bobine induite identique à la première; les deux solénoïdes d'une part, les deux induits de l'autre sont montés

<sup>1</sup> Voir II<sup>e</sup> partie sous 9.

en série et dans des sens tels que les inductions parasites s'équilibrent (voir fig. 1).

Il est clair qu'on ne saurait éliminer aussi le troisième effet, les variations de la substance en essai causées par des fluctuations de champ. Lors des expériences décisives, il n'a pas été possible

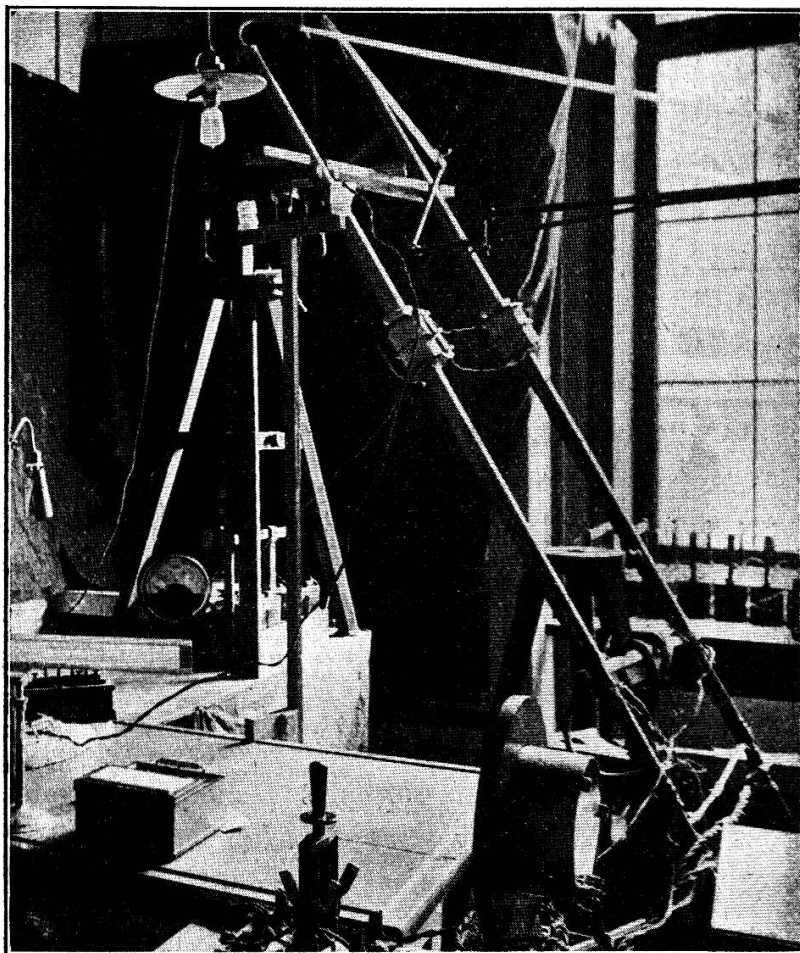


Fig. 1.

de travailler autrement qu'*entre minuit et 4 heures*, moment où le service urbain des trams, exploités par courant continu, est suspendu.

Enfin, cette disposition double introduit du même coup une simplification notable dans la mesure elle-même et les calculs y relatifs: puisque seule la matière aimantée agit dès lors sur le balistique, ses élongations mesurent directement les variations

d'aimantation; abstraction est faite automatiquement du flux considérable du champ magnétisant.

3. *Le circuit balistique.* — Nous avons repris le galvanomètre à cadre mobile et à électro-aimant, construit et étudié par M. A.-J. Staring<sup>1</sup>.

Son électro-aimant est commandé par des accumulateurs indépendants et isolés; rhéostats et ampère-mètre permettent le choix et le maintien très précis d'une intensité convenable et constante; ce choix est déterminé empiriquement pour le maximum de sensibilité dans les circonstances données.

Le circuit induit comprend interrupteurs, commutateurs, résistances à fiches (0 à 100 000  $\Omega$ ) et trois bobines de mesure proprement dites; le tout est complètement isolé sur paraffine.

Deux des bobines de mesure sont identiques (pour la compensation des effets du champ terrestre): elles comprennent chacune 8000 tours de fil de cuivre ( $\Phi = 0,25$  mm) isolé par un double guipage de soie, enroulés sur une carcasse de « micafil ».

La troisième bobine, destinée à l'étalonnage et au contrôle, est constituée par 100 tours de gros fil, entourant un solénoïde de précision dont l'axe est normal au champ terrestre.

Les deux bobines induites ont d'ailleurs été combinées de diverses façons suivant les besoins de l'expérience, comme on verra.

4. *Le circuit d'aimantation et de compensation.* — Le circuit comprend d'abord ses deux organes principaux, soit deux solénoïdes installés l'un et l'autre parallèlement au champ terrestre; ils sont constitués chacun par deux couches de fil de bobinage enroulées sur un tube de laiton; l'un, le principal, était long de 1 m environ, l'autre (de compensation) de 30 cm seulement; nous en avons d'ailleurs utilisé de diverses longueurs. Le champ du premier (mesuré par comparaison avec le solénoïde étalon) était de 18,62 gauss par ampère.

Ensuite étaient prévus de nombreux dispositifs destinés à des combinaisons et réglages variés de courants faibles et intenses: un commutateur spécial permettait par exemple de

<sup>1</sup> A.-J. STARING, Les conditions optimum de sensibilité des galvanomètres balistiques, *Archives* (V), 5, p. 97 (1923).



superposer par voie inductive un courant alternatif (0 3 amp.) au courant continu dans les solénoïdes.

5. *Les échantillons ; montage des triplets, dispositif de refroidissement.* — Nous avons eu passablement de peine à trouver la matière en lames minces qui nous était nécessaire. Au début, nous avons dû nous contenter d'une ancienne fourniture, ruban de nickel impur et mal laminé de 1 / 15 mm d'épaisseur et de 5 cm de largeur. Ce n'est que plus tard que nous avons pu disposer en quantités largement suffisantes de nickel à 99,5 % en rubans de 6 cm de largeur et de 10 m de longueur, laminés à une épaisseur de 0,050 mm au micron près<sup>1</sup>.

Il s'agissait de réaliser des tubes à partir de ces rubans.

La largeur d'un ruban a toujours correspondu dans nos dispositifs à la moitié d'un tube, ce qui portait leur diamètre à 3-4 cm. Leur préparation est épineuse; on s'est arrêté au procédé suivant: un tube de cuivre du commerce soigneusement dressé était d'abord fendu en deux parties égales dans toute sa longueur par des incisions exécutées sur une fraiseuse; puis on collait sur une face ou les deux faces de chacune de ces moitiés une feuille de celluloïd, épaisse de 0,2 mm, puis là-dessus des rubans de nickel: la colle employée était une solution de celluloïd dans l'acétone. Il n'y avait plus alors qu'à réunir rigidement les deux demi cylindres. La fixation bien régulière de feuilles de nickel longues d'un mètre n'allait pas sans difficultés et exigeait des précautions, à la description desquelles nous ne nous arrêterons pas.

Puis le tout est fixé avec soin dans l'axe du solénoïde d'aimantation. Il subsiste alors un espace cylindrique libre entre le nickel et la paroi intérieure du tube de laiton: on y faisait circuler le pétrole de refroidissement, lequel glisse ainsi directement sur l'une des faces du nickel. Nous avons été amenés à l'usage du pétrole après divers essais non satisfaisants avec de l'air comprimé et de l'eau courante.

La circulation du pétrole a nécessité une petite installation

<sup>1</sup> Nous devons cette matière de choix à la collaboration aussi obligeante que désintéressée de M. Kœpfler, des Ateliers de laminage J. Klaus à la Jaluse (Neuchâtel); nous tenons à l'en remercier vivement ici encore.



spéciale comprenant une pompe alternative commandée électriquement, un long serpentín de plomb immergé dans de l'eau courante et un réservoir à air amortissant les coups de bélier. Dans ces conditions, le nickel pouvait supporter sans échauffement préjudiciable une densité de courant de l'ordre de 40 amp/mm<sup>2</sup>.

Le tube de laiton était connecté à l'extérieur de telle manière qu'il pouvait recevoir tout courant désiré (le plus souvent la moitié du courant longitudinal).

Les liaisons de tout le système avec les sources de courant étaient assurées par du câble souple bifilaire pour les intensités les moins élevées. Pour les autres (notamment dans les essais de la seconde partie), la connexion se faisait par l'intermédiaire de tronçons rigides comprenant une tige compacte et un tube, coaxiaux et isolés, pour l'aller et le retour.

6. *Exécution des mesures.* — Chaque nouvelle mise en place a été accompagnée d'une série de contrôles: isolement des circuits, particulièrement du circuit galvanométrique; extinction de tous les effets inductifs parasites par diverses expériences à blanc; on a par exemple aussi tenu compte de conséquences du paramagnétisme des éléments du montage.

On a également examiné l'influence des boucles résiduelles de courant, inévitables dans le voisinage immédiat des points de connexion avec l'appareil. Des essais faits méthodiquement avec une série de positions des bobines induites le long de l'axe ont mis en évidence une région longue d'une douzaine de cm, placée vers le milieu, où l'on peut arrêter la bobine sans risque.

Pour caractériser la substance que nous avons employée finalement, et à titre documentaire, nous reproduisons ici un cycle d'aimantation ainsi que la courbe des sommets des cycles (fig. 2); dans les conditions utilisées alors, le champ coercitif a été de 36,50 gauss et l'aimantation rémanente de 175,2 gauss.

Choisissant le point d'induction nulle du même cycle, on mesure les perméabilités différentielles suivantes:

$$\mu_{\text{rév.}} = 254 ,$$

$$\mu_{\text{irrév.}} = 11,3 ,$$

tandis que la perméabilité initiale (« isotrope ») sur la courbe des sommets des cycles est de 12,9.

Au fur et à mesure de l'introduction des perfectionnements successifs (refroidissement, opérations effectuées de nuit exclusivement), les expériences que nous tentions mettaient bien nettement en évidence des phénomènes encore fort capricieux; elles permettaient surtout de déceler peu à peu l'existence de deux obstacles très sérieux.

Tout d'abord l'extrême difficulté de réaliser et de conserver une symétrie suffisamment parfaite des échantillons dans les conditions où nous devons travailler. Nous avons vu que ces

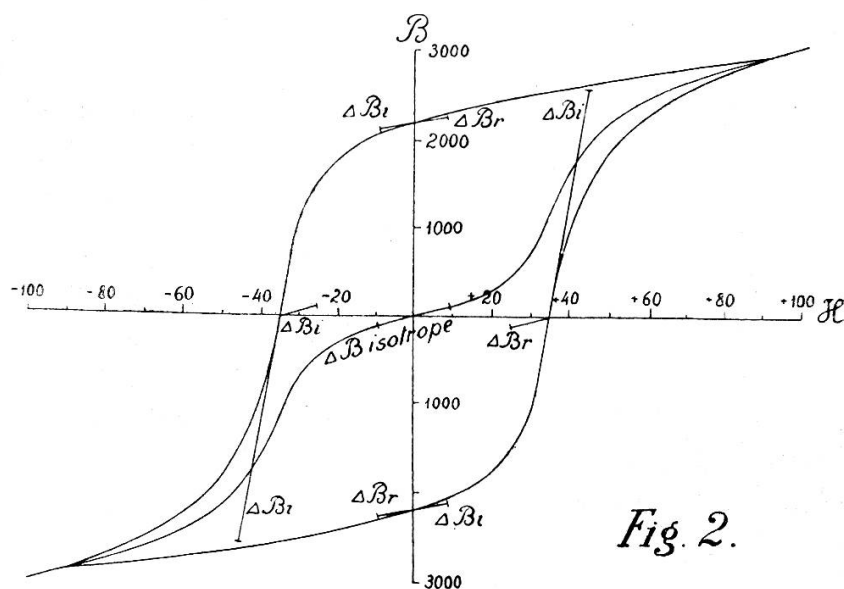


Fig. 2.

échantillons étaient moulés dans des rigoles de cuivre; or celles-ci, dès leur préparation par sciage de tubes sans soudure, manifestaient des tensions intérieures, préexistantes, par des déformations sensibles; un choix attentif était fait cela va de soi, néanmoins, ce fait, ainsi qu'une rigidité naturellement limitée nécessitaient la multiplication des expériences. A quoi s'ajoutait la fragilité des joints collés de ces tôles très élastiques et à surface polie; très souvent, une fraction ou l'autre se déformait, le ciment ayant lâché prise; ce type de fixation était d'ailleurs déjà le résultat d'essais variés, compliqués par les nécessités du refroidissement.

Mais, si toutes ces difficultés ont pu être encore surmontées par du temps et de la patience, le deuxième obstacle tenait aux propriétés magnétiques du nickel lui-même: les actions des champs transversaux s'accompagnent d'une viscosité considérable. Voici un exemple pris dans des conditions particulièrement simples: l'effet du lancement d'un courant *axial* de 6,66 ampères sans aucun courant longitudinal dans la matière magnétique. L'état magnétique étant chaque fois rétabli dans le champ coercitif avant l'expérience.  $t$  représentant le temps écoulé entre ce rétablissement et le lancement du courant axial, on a lu à l'échelle du balistique les élongations  $\delta$  du tableau ci-dessous.

$t_{\text{sec}} = 0,8$	1,2	2,4	5,0	7,0	9,8	14,8	29,8	60	$\infty$
$\delta_{\text{mm}} = 35,0$	27,2	17,0	9,0	5,3	3,4	2,8	1,7	0,8	0,6

Avec les courants longitudinaux, ces effets sont beaucoup plus complexes. Nous avons naturellement tenté, entre autres essais pour retrouver des états de départ identiques, de faire des observations, le chronoscope à la main. Nous avons essayé de modifier le nickel par recuit, mais alors les rubans se déformaient au point d'être inutilisables. Dans ces conditions, il devenait visible qu'aucune conclusion sûre ne pourrait être tirée d'observations positives, même très nombreuses, et nous avons préféré passer au procédé qui fait l'objet de la seconde partie, c'est-à-dire aux expériences exécutées dans le voisinage du point de Curie.

(A suivre.)