

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

Artikel: Expériences sur la symétrie électrique des molécules du nickel [suite et fin]
Autor: Perrier, Albert / Borel, C.-E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-740704>

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: 07.10.2024

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

Expériences sur la symétrie électrique

DES MOLÉCULES DU NICKEL

PAR

Albert PERRIER et Ch.-E. BOREL

(Avec 5 fig.)

(Suite et fin.)

II^e PARTIE. — RECHERCHES A HAUTE TEMPÉRATURE.

7. *Disposition générale.* — L'essentiel était de se débarrasser complètement des phénomènes de viscosité. On y réussit d'emblée en revenant au principe de la méthode utilisée autrefois par l'un de nous ¹, dans des expériences de premier examen; ce principe consiste à chauffer le tube en essai jusqu'au-dessus de son point de Curie (disparition du ferromagnétisme) puis à le laisser refroidir en présence du champ (magnétique ou électrique) dont on veut déterminer l'effet. On sait qu'ainsi, on passe par une région, étroite, de très forte perméabilité et quasiment exempte de toute hystérèse; dès lors, on accroit les chances de percevoir l'effet d'une cause très faible. Dans les expériences précitées, on avait utilisé, pour simplifier, un magnétomètre comme instrument observateur proprement dit; il va de soit qu'ici, nous avons continué avec l'installation balistique décrite dans la première partie, bien au point et incomparablement plus sensible.

En regard de ses difficultés techniques que l'on rencontrera plus loin, cette méthode présente aussi quelques avantages notables à côté de celui qui vient d'être noté.

¹ A. PERRIER, *loc. cit.*, 1922.

D'abord, la résistance électrique du nickel à 360° est sensiblement le triple de ce qu'elle est à température ordinaire, ce qui, à intensité égale, triple également le champ électrique longitudinal. Ensuite, on peut manifestement travailler, moyennant des dispositifs appropriés, à *courant longitudinal constant*, en sorte qu'on est libéré d'un coup de ses actions parasites sur le circuit galvanométrique; on peut d'ailleurs, en lançant un instant un courant longitudinal très intense (200 amp. p. ex.) dans la matière préalablement portée dans sa région paramagnétique, observer très simplement les résidus d'action et les éliminer au besoin. Puis, ce qui a été noté plus haut implique en particulier la mise hors de cause de tout souci de désaimantation. Enfin, nous avons pu, avec le nouveau dispositif, refroidir le tube exclusivement avec de l'eau; la suppression d'une circulation de pétrole représente une simplification notable de l'appareillage.

Ayant conservé, ainsi que nous l'avons noté plus haut, la même disposition générale que dans la première partie, nous ne décrirons ici que les modifications et précautions inhérentes au caractère différent de la seconde méthode: elles doivent faire face en premier lieu aux exigences *thermiques*, nouvelles, et ensuite à quelques conséquences électromagnétiques qui en découlent.

Thermiquement, le problème expérimental consistait surtout à amener des lames longues et minces à de hautes températures réparties *uniformément*, puis à les refroidir dans les mêmes conditions et rapidement; tous ces phénomènes devant être provoqués à l'intérieur de solénoïdes maintenus à température ordinaire, il y a eu de sérieuses difficultés à vaincre pour atteindre simultanément au réglage de la température (circulation de liquides), et aux isolements électrique et calorifique.

Quant à la *température* elle-même du nickel, elle est déduite de sa résistance donnée par les lectures du voltage et de l'ampérage.

Du côté électromagnétique: le champ terrestre prend ici une importance plus considérable; la réalisation la plus élémentaire de la méthode demanderait l'annulation systéma-

tique de ce champ par compensation; nous avons trouvé beaucoup plus avantageux de procéder autrement et de s'en servir comme d'une sorte de repère; ses perturbations ont, ici à bien plus forte raison, exclu toute expérimentation de jour.

Rigoureusement parlant, le procédé choisi ici exigerait un fluxmètre extrêmement sensible et non un balistique classique; nous avons vérifié (v. plus bas) que la rapidité de variation de la température autorisait l'emploi de notre galvanomètre dans les limites de précision de nos expériences. L'action des champs transversaux a retenu ici encore notre attention.

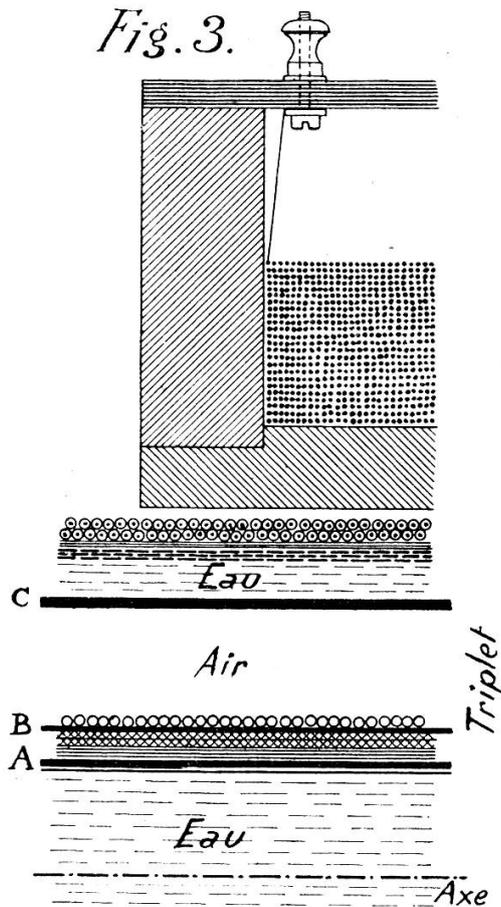
8. *Particularités expérimentales.* — Le *circuit du galvanomètre* est resté le même à la différence près que nous avons ici le double de tours induits (16 000) ce qui a pratiquement doublé la sensibilité (1 mm d'élongation correspondait à 0,077 maxwells dans le métal).

Le *circuit d'aimantation* comprend comme solénoïde une seule couche de 120 cm de longueur, enroulée sur un tube de laiton à double paroi de 200 cm; cette double paroi canalise un courant intense d'eau froide.

Les circuits longitudinal et axial sont par nature fortement modifiés en regard des précédents. Un tube de cuivre A (fig. 3) constitue l'axe et est parcouru par un courant d'eau froide. Ce tube sert en même temps de carcasse rigide à celui de nickel; pour réaliser ce dernier, on passait d'abord sur le cuivre un tube de *caoutchouc* mince et bien régulier (« feuille anglaise »), puis par dessus une double couche d'amiante de 1 mm, et sur cette dernière enfin on appliquait symétriquement deux rubans de nickel de 37 mm de largeur, le tout étant maintenu en place par un enroulement de mince cordon d'amiante. On voit les rôles assignés à ces divers éléments: le caoutchouc isole électriquement; séparé du nickel par la feuille d'amiante, isolant thermique, et en contact avec le cuivre bon conducteur et refroidi par l'eau, il ne court aucun risque d'être brûlé. Cet isolement électrique était attentivement contrôlé avant la mise en place, et l'expérience a montré qu'il restait irréprochable même à 600°. Ce n'est d'ailleurs qu'après bon nombre d'autres tentatives non satisfaisantes

que nous avons dû en arriver à cet artifice quelque peu inattendu.

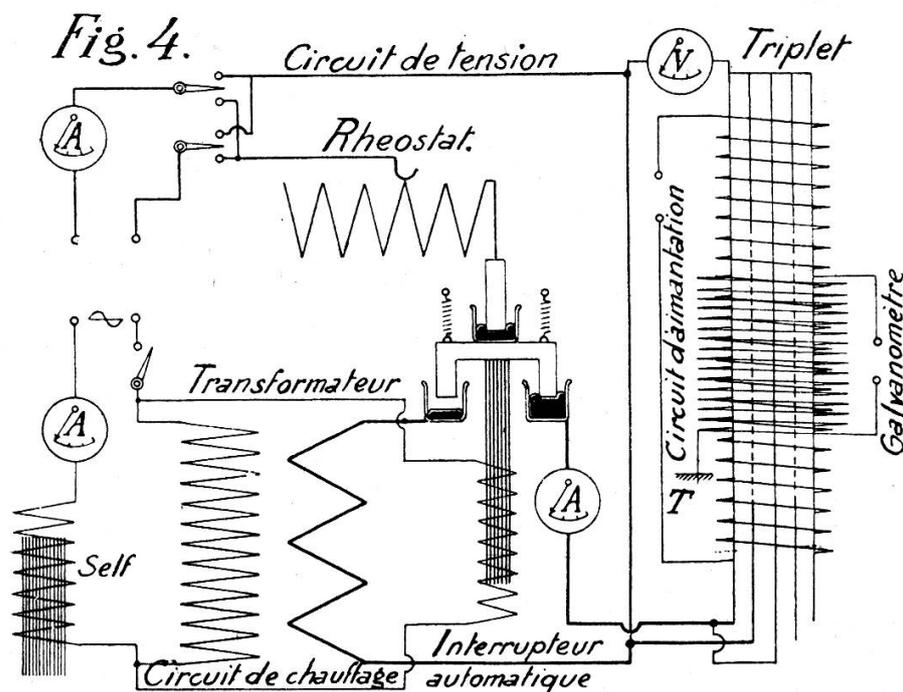
Chaque extrémité du nickel était reliée à l'extérieur d'abord par un tronçon mince de tube de maillechort, puis par des tubes de laiton; l'ensemble du triplet s'étendait ainsi sur une longueur de 2 mètres et les rudiments de boucles de courant des extrémités n'avaient plus d'influence sur les bobines secondaires.



La résistance du maillechort était choisie en sorte que les extrémités du nickel étaient portées, durant le chauffage, à une température quelque peu supérieure à celle qui régnait au milieu; on voulait obtenir ainsi qu'il ne subsistât de région ferromagnétique en aucun point lorsque le milieu du nickel cessait de l'être. Chauffer et refroidir avec le même courant continu eût exigé un trop grand luxe d'accumulateurs, de lignes et de rhéostats; aussi avons-nous fait emploi, pour

le chauffage, d'alternatif fourni par le secondaire à basse tension d'un transformateur, d'une intensité atteignant 400 ampères (100 amp/mm^2). Un dispositif électromagnétique automatique permettait, par un seul mouvement de manette, d'interrompre ce courant alternatif et de le remplacer par le continu longitudinal dans le triplet. La figure 4 donne le schéma général de montage avec celui de cette commande en particulier.

Tous ces courants intenses sont amenés d'abord par des câbles bifilaires souples de 15 mm, puis, dans le voisinage de l'appareil, par des tubes concentriques.



En présence des conditions très dures de travail auxquelles il doit faire face, ce montage du triplet demeure fragile. Ainsi, bien que la surface de contact nickel-maillehort fût très serrée, il ne tardait pas à se produire des chauffages anormaux qui mettaient le système hors d'usage après une dizaine de chauffés, à peine de quoi effectuer les réglages indispensables. Dans la suite, nous avons interposé entre les deux métaux une mince couche de soudure, qui, bien que liquide aux températures atteintes, se maintenait par capillarité et viscosité et prolongeait considérablement la vie des triplets. On ne pouvait cependant travailler plus de quelques heures avec le même.

Aussi préparait-on de jour des triplets de réserve complètement montés sur leurs axes. Le remplacement d'un organe hors de service s'exécutait avec aisance en libérant (par dévissage à l'un des bouts) l'ensemble axe-triplet de la carcasse fixe du solénoïde et en retirant d'un seul bloc cet ensemble.

9. *Observations.* — Tout étant techniquement au point, nous avons conduit nos expériences ainsi qu'il suit.

Une première série de déterminations a d'abord permis d'établir une loi empirique simple et très commode pour la suite. On a procédé à cet effet à une série de chauffages et de refroidissements en présence de champs *magnétiques* longitudinaux, créés par le solénoïde d'aimantation, variés dans l'ordre de grandeur du champ terrestre; ainsi pour chaque champ, on exécutait un refroidissement et lisait une élongation au balistique. En portant ces élongations en fonction des champs, on a trouvé *des points se plaçant très bien sur une droite*. On voit d'emblée que le point d'ordonnée nulle d'une pareille droite a une *abscisse égale* et de signe contraire au champ terrestre.

Obtenir ces résultats revenait à établir que *les élongations étaient proportionnelles au champ existant réellement* et qu'elles se retrouvaient bien semblables à elles-mêmes d'une expérience à l'autre. Cela montrait encore que le refroidissement par l'axe et à travers le double isolement, caoutchouc et amiante, était suffisamment rapide.

Cette constatation de variation linéaire est précieuse déjà; mais elle a pu être étendue au cas essentiel de la présence simultanée d'un courant longitudinal fixe dans le nickel; là encore les élongations obtenues sont *des fonctions linéaires des champs magnétiques longitudinaux*.

Dès lors, le procédé le plus sûr d'observation s'impose: déterminer une droite $\delta = f(\mathcal{H})$ pour chacun des sens d'un même courant longitudinal. Si leur action longitudinale est équivalente à celle d'un champ magnétique (doublets des deux espèces liés rigidement), ces droites doivent être distinctes et parallèles, et leur déplacement relatif suivant les abscisses (soit la distance de leurs intersections avec l'axe des abscisses) *doit être égal au double du champ magnétique, équivalent au*

champ électrique longitudinal. On a ainsi directement et le critère d'existence du phénomène et sa mesure quantitative par une opération graphique élémentaire; il est clair que cette même opération repère le signe de toutes les grandeurs par rapport au champ terrestre et fournit la valeur numérique de celui-ci.

Mais, sous cette forme, les expériences accusent en outre avec un relief particulier *l'influence des champs magnétiques transversaux.* Si, en effet, elle était insensible, les droites $\delta = f(\mathcal{E})$ seraient toutes parallèles entre elles, quels que soient les courants longitudinaux auxquels elles correspondent. En réalité, elles se sont montrées *d'autant moins inclinées que leurs intensités étaient plus élevées.*

La traduction physique de cette constatation est simple: *dans les circonstances où nous travaillons, la susceptibilité longitudinale est abaissée par la présence de champs magnétiques transversaux.*

Pratiquement, cela implique cette conséquence quelque peu surprenante qu'*il n'est pas nécessairement avantageux pour de pareilles expériences d'élever autant que possible l'intensité des courants.* Il y a bien plutôt un optimum, à fixer dans chaque cas. Dans nos expériences, nous avons fait usage généralement d'intensités de 20 ampères, correspondant à un champ électrique au point de Curie de 0,014 volts/cm.

Voici un seul exemple qui suffit à illustrer nettement cette influence dans les conditions simples de l'action longitudinale du champ terrestre à 360° ¹.

i long. (amp.)	\mathcal{E} long. (volt/cm)	δ (unités arbitraires)
0	0	100
5	0,0030	62
10	0,0071	46
20	0,0143	29
50	0,0365	12
100	0,0730	7
150	0,1095	4

¹ Nous avons fait aussi des expériences dans ce sens avec les appareils de la première partie du travail. Les chiffres que nous consignons

Nous avons aussi vérifié directement l'efficacité de la distribution du courant longitudinal en triplet: en l'utilisant, on double sensiblement les effets longitudinaux par rapport à ce qu'ils sont lors du retour *entier* du courant par l'axe.

Ces faits n'interviennent donc que dans la sensibilité, mais non dans le résultat lui-même. Nous avons pu dès lors appliquer systématiquement et avec toute satisfaction le mode de procédure décrit. Les résultats obtenus ainsi sont beaucoup plus réguliers que si nous avions travaillé en annulant exactement le champ terrestre par un courant d'aimantation choisi; nous l'avons constaté expérimentalement.

D'ailleurs, cette dépendance linéaire entre les champs et les élongations une fois établie, nous avons pu nous contenter pour chaque expérience de deux champs d'aimantation seulement (\mathcal{H}_1 et \mathcal{H}_2), choisis de part et d'autre du champ terrestre, en sorte que chaque groupe comportait quatre refroidissements, correspondant aux quatre combinaisons des deux champs avec les deux sens d'un même courant longitudinal. A titre de contrôle utile, on faisait encore deux essais en l'absence de courant longitudinal. Les élongations observées permettent de placer exactement les 3 droites dans le graphique $\delta = f(\mathcal{H})$. Voici un exemple:

ci-après montrent que la même influence des champs transversaux se manifeste à *température ordinaire*. Nous avons obtenu ces chiffres ici en renversant le même champ magnétique longitudinal (0,2 gauss) fourni par le solénoïde d'aimantation, en présence de courants longitudinaux divers.

i long. (amp.)	\mathcal{E} long. (volt/cm)	δ (unités arbitraires)
0	0	100,0
5	0,0046	47,4
10	0,0092	34,8
15	0,0138	25,7
20	0,0184	21,0
25	0,0230	16,8
30	0,0276	13,7
40	0,0368	10,0

Ici, les élongations sont même approximativement en raison inverse des champs transversaux moyens.

Solénoïde		I long ¹	0	+ 20 amp	— 20 amp
I milliamp	\mathcal{H} gauss	\mathcal{E} long ¹	0	+0,0143 volts/cm	—0,0143 volts/cm
40,00	0,391		+54,0 mm	+ 18,7 mm	+ 17,9 mm
59,00	0,508		—52,4 mm	— 17,3 mm	— 18,1 mm

Ces nombres déterminent dans la figure 5 les 3 droites en traits pleins: on voit dans ce graphique, dessiné cependant à très grande échelle pour la précision des expériences, combien le champ terrestre se place exactement au milieu de l'espace entre les deux points d'intersection pour + 20 et — 20 ampères; combien aussi les champs transversaux se manifestent nettement par la différence des coefficients angulaires de la paire de droites et de la droite isolée (sans courant longitudinal).

Par le calcul ou graphiquement, on tirerait de ces expériences:

a) que le champ terrestre correspondait à $I = 115,2$, ou à $\mathcal{H} = 0,450$ gauss;

b) que la distance horizontale qui sépare la paire de droites parallèles est de 0,664, correspondant à un champ magnétique de 0,00260 gauss. C'est-à-dire que le champ magnétique longitudinal, produisant une dyssymétrie égale à celle qui a été observée, serait de $0,00260/2$ ou 0,00130 gauss. Ce serait là le champ équivalent au champ électrique de 0,0143 volts/cm; on tirerait ainsi de cette expérience particulière, si cette polarisation était due à la cause électrique présumée, un moment électrique moléculaire de $+0,15 \cdot 10^{-18}$ e.s. C.G.S., ce en partant d'un moment magnétique moléculaire à 3 magnétons; on obtiendrait une valeur plus forte à proportion pour un moment magnétique plus élevé¹. Le signe + exprime que les deux espèces de moments seraient ici de même sens.

¹ Des travaux récents de M. P. Weiss (voir p. ex. *Archives* (V), 6, p. 417 (1924), Soc. suisse de Physique, séance du 2-3 oct. 1924 (Lucerne)) concluent que le nickel contiendrait en proportion variable des atomes à 3 et à 8 magnétons.

Un assez grand nombre d'expériences de même type ayant été exécutées dans des conditions variées de triplets et d'appareils, nous constatons chaque fois une dyssymétrie du même sens (un peu plus forte en général que celle de l'exemple donné ci-dessus); cependant, elles ne s'accordaient pas entre elles au degré de précision que réalise la méthode au point où elle était arrivée. Entre toutes les précautions et tous les contrôles établis pour garantir la symétrie, dans la construction et pendant l'exécution des expériences, il subsistait dans le mode de préparation du triplet une manipulation qui pouvait encore laisser une trace de dyssymétrie non directement contrôlable: le cordon d'amiante destiné à appliquer solidement les tôles de nickel sur leur axe rigide était, pour des raisons d'ordre pratique, enroulé au tour toujours dans le même sens, celui d'une vis « à droite » par rapport au champ terrestre. A vrai dire les tôles étaient préalablement fixées avec du chatterton que l'on retirait graduellement devant le cordon d'amiante, et il semblait bien que rien ne se déplaçait.

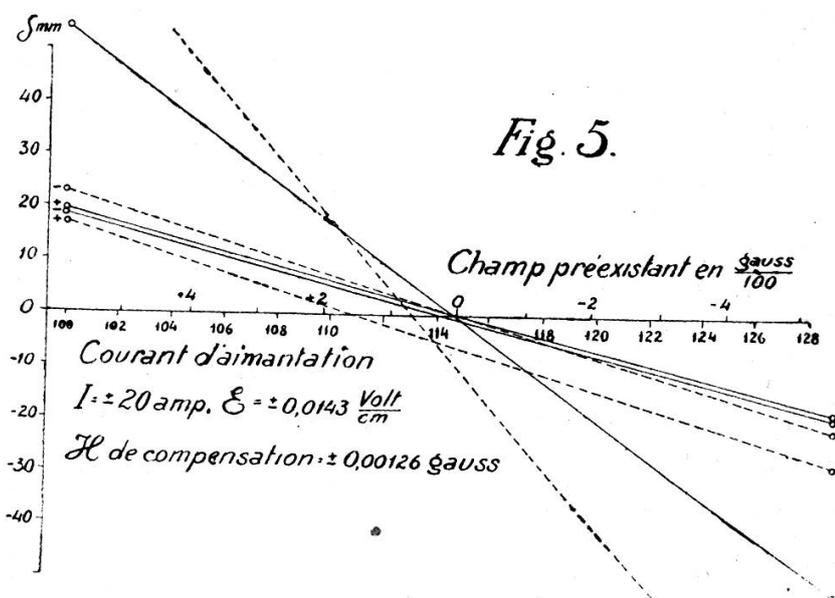
Cependant, nous avons repris une série d'essais, cette fois en variant aussi cette opération de la construction: enroulements moins serrés, et aussi enroulement à gauche. Simultanément les dyssymétries se sont accusées plus faibles et, pour les enroulements en sens inverse se sont *même renversées*. Les droites en traits ponctués du graphique 5 représentent une expérience où le renversement est particulièrement net, elle conduirait à un moment électrique de $-0,8 \cdot 10^{-18}$ ¹.

Il faut donc nécessairement admettre que, durant l'enroulement du cordon et malgré toutes les précautions de fixité, les tôles glissaient très légèrement, et que le minuscule fragment de solénoïde qu'elles constituaient ainsi lors du passage du courant longitudinal suffisait à produire une polarisation rési-

¹ Dans le graphique, les points de compensation du champ terrestre devraient coïncider pour les paires de droites ponctuées et en trait plein. En réalité, et pour des raisons d'ordre pratique, nous partions inversement du champ terrestre (cela n'a aucune importance pour le but) et dans le dernier cas, une légère modification du nombre de tours est la cause du glissement de l'un des points en regard de l'autre.

duelle encore perceptible et de sens systématique. Il est naturel, remarquons-le, que cette cause d'erreur ait échappé au contrôle direct de l'absence de boucles de courant, auquel on a toujours procédé (expériences au-dessus du point de Curie, v. plus haut), car elle se multiplie elle-même par la perméabilité lorsqu'on refroidit.

Dans ces conditions, nous pensons pouvoir conclure de ces nombreux essais qu'un courant électrique ne produit sur le nickel aucune polarisation magnétique longitudinale qui serait causée par la présence de moments électriques moléculaires atteignant 10^{-19} e.s. C.G.S.



Ce avec les réserves théoriques impliquées par ce sens de conclusion et qui sont rappelées dans la discussion suivante.

10. *Discussion.* — Perrier et Staring avaient conclu de leurs expériences, dans l'interprétation postulée, à un moment électrique moléculaire du fer de $9,7 \cdot 10^{-18}$. On voit que pour le nickel, la limite supérieure du moment électrique qui ressort de nos expériences est près de 100 fois plus petite, alors que l'on aurait pu attendre un moment comparable. Il convient d'examiner quelques aspects de cette différence des résultats; nous le ferons par des considérations théoriques d'abord, expérimentales en terminant.

Il va bien de soi que, à la lettre, ces deux résultats ne sont pas en contradiction puisqu'ils s'appliquent à deux objets différents. Il faut rappeler aussi que l'existence de doublets électriques préexistants ou sollicités est une condition *nécessaire* mais *non suffisante* de la création d'effets magnétiques par des actions électriques ¹, en sorte que la manifestation du phénomène permet de conclure à l'existence de doublets tandis que sa non manifestation n'autorise pas l'affirmation de leur non existence; les molécules de nickel pourraient donc posséder quand même des moments électriques. En considérant d'autre part que, de deux éléments très proches parents comme le fer et le chrome, l'un présente du ferromagnétisme et l'autre n'en présente pas, il paraîtrait moins étonnant que le fer et le nickel diffèrent fortement par leur symétrie électrique. Toutefois, la très grande similitude des propriétés ferro- et paramagnétiques du nickel et du fer ainsi que le fait que, s'il existe des dyssymétries électriques de leurs molécules, elles doivent certainement jouer un grand rôle dans la théorie du ferromagnétisme ², nous paraissent rendre peu probable un aussi grand contraste. Nous devons dès lors retourner à l'expérience.

Remarquons en premier lieu que le présent travail a bénéficié de tout l'acquis technique du précédent et de moyens supplémentaires, d'autre part, que, dans des recherches de phénomènes très faibles, un résultat négatif mérite d'une manière générale plus de poids qu'un résultat positif; cela doit nous conduire à envisager les conclusions du second travail comme plus sûres que celles du premier. Mais il est alors nécessaire de rappeler que les premières recherches ont été conduites par deux voies dont une seule paraît pouvoir admettre la dernière dyssymétrie relevée sur le nickel; on ne voit pas bien en effet comment elle aurait pu entrer en jeu avec les triplets plats (de P. et S.) dont les résultats s'accordaient qualitative-

¹ V. les travaux cités de A. Perrier et de A.-J. Staring. On peut imaginer divers modèles de structure pour des molécules magnétiques électriquement polarisées, avec lesquels un champ électrique ne ferait pas apparaître de polarisation magnétique.

² Cfr. les travaux de M. P. WEISS.

ment avec ceux du triplet cylindrique et étaient même numériquement plus forts.

Il est intéressant aussi de relater quelques expériences que nous avons reprises sur le fer (malheureusement très écourtées par le manque de temps) dans l'appareil du nickel cette fois, et qui montrent ces deux métaux *déjà nettement différents* quant à l'effet des champs transversaux. Nous avons pris comme éprouvette un tube d'acier sans soudure, étiré à froid, tel qu'on peut en trouver dans le commerce (diam. 30 mm, épaisseur de paroi 1 mm); nous l'avons soumis soit au champ transversal d'un axe indépendant soit à celui d'un courant longitudinal. Ce champ variant d'un essai à l'autre de 0 à 3 gauss, l'établissement d'un champ longitudinal de $\pm 0,15$ gauss provoquait des élongations de 96 mm *restant les mêmes à quelques dixièmes de mm près*. On voit bien qu'il serait téméraire de conclure dès maintenant à une erreur systématique résiduelle, causée par les installations utilisées pour le fer. De nouvelles expériences doivent être reprises avec ce métal pour trancher la question en ce qui le concerne.

Pour nous orienter quant à l'avenir, nous avons aussi tenté quelques expériences à haute température avec des tôles d'acier (même stock que celles de P. et S.) montées exactement comme celles du nickel. Il a été très facile d'arriver vers les 800° exigés ici, et les effets de champs très faibles se manifestent intensément grâce à la grande sensibilité réalisée; l'acier ne s'oxyde pas sensiblement, mais l'amiante semble l'altérer. Le principal et nouvel obstacle pratique découle de la dilatation thermique; elle est si considérable que les tôles ne peuvent rester convenablement en place; et il est clair qu'il ne saurait être question de conserver une symétrie suffisamment parfaite dans ces conditions.

De toute l'expérience acquise, il résulte à notre avis qu'une reprise des essais par les mêmes méthodes ne saurait introduire une plus grande certitude dans les résultats que si on arrive à réaliser des tubes sans soudure, longs, minces de paroi, et d'épaisseur et de diamètre exactement constants. Cela ne laisserait pas d'être onéreux; mais surtout, bien que de la sorte la symétrie serait certainement perfectionnée, on n'éli-

minerait pas les phénomènes parasites (viscosité ou autres) que l'accroissement de sensibilité met si fort en évidence et rend si gênants. A cela vient s'ajouter l'effort très considérable que ces observations exigent de l'opérateur. Dès lors, nous pensons qu'il est préférable, pour aller plus loin, de changer complètement de base expérimentale. Grâce à de récents progrès dans d'autres domaines, cela apparaît maintenant possible. Une méthode toute différente est à l'étude dans notre laboratoire. On peut en attendre, si l'on dispose du nécessaire pour sa mise en œuvre, la revision au point de vue qui guide ces recherches de nos connaissances non seulement du fer, mais de toutes les substances ferromagnétiques, dans des conditions notablement plus aisées, sûres et rapides. En outre, des recherches dans un domaine voisin, actuellement en cours d'exécution, donneront sans doute prochainement des renseignements complémentaires précieux.

Laboratoire de physique de l'Université.

Lausanne, septembre 1925.
