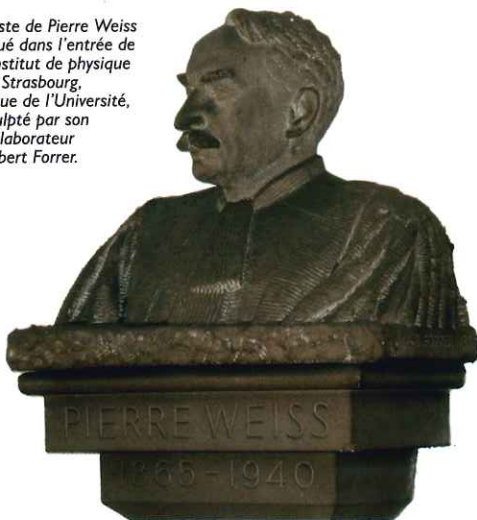


Buste de Pierre Weiss
situé dans l'entrée de
l'Institut de physique
de Strasbourg,
3 rue de l'Université,
sculpté par son
collaborateur
Robert Forrer.



René Voltz
Véronique Pierron-Bohnes
Marie-Claire Cadeville

Pierre WEISS

(1865-1940)

A l'issue de la Guerre 1914-1918, le retour de l'Alsace-Lorraine à la Mère-patrie a lieu dans l'enthousiasme général. Mais l'image idéalisée que garde le nationalisme français de sa province libérée n'est pas toujours conforme à la réalité issue d'un demi-siècle de séparation.

Sous la tutelle allemande, l'Alsace a bénéficié d'une modernisation accélérée, génératrice de prospérité économique et d'une législation sociale avancée ; dès le tournant du XX^e siècle, le pouvoir impérial a modéré sa politique de germanisation forcée pour tenir compte des particularités locales et accorder une part d'autonomie locale avec des assemblées régionales élues. Cependant la République laïque une et indivisible est spontanément peu encline à reconnaître de telles exceptions à la règle républicaine ; mais après les premiers signes du « malaise alsacien », les autorités maintiennent la législation antérieure dans les domaines particulièrement sensibles (Concordat napoléonien...) ou socialement en avance (assurances maladie et vieillesse).

Pour l'Université, également, la transition vers le système français, dont l'esprit et la structure centralisée sont si différents de l'Université humboldtienne, marque une rupture difficile. La République en prend la mesure et, malgré les temps difficiles, y met les moyens nécessaires : « Il faut que l'Université de Strasbourg soit, après la victoire de la France, plus prospère et plus florissante qu'elle ne l'était sous la domination allemande » annonce le président de la République Raymond Poincaré lors des cérémonies d'ouverture en novembre 1919. L'installation des nouvelles facultés d'académie a lieu dans les bâtiments du campus édifié par les allemands ;

pour favoriser l'exercice d'une recherche de qualité, à côté des traditionnelles missions d'enseignement des facultés, on adopte la structure avec des instituts spécialisés, tels les Instituts de physique et de minéralogie. Leur direction est confiée à des personnalités, ayant si possible des attaches alsaciennes, dont le patriotisme est éprouvé et l'autorité scientifique incontestée. Tel est le cas de Pierre Weiss et de Georges Friedel quand ils acceptent de diriger les Instituts de physique et de minéralogie de la Faculté des sciences.

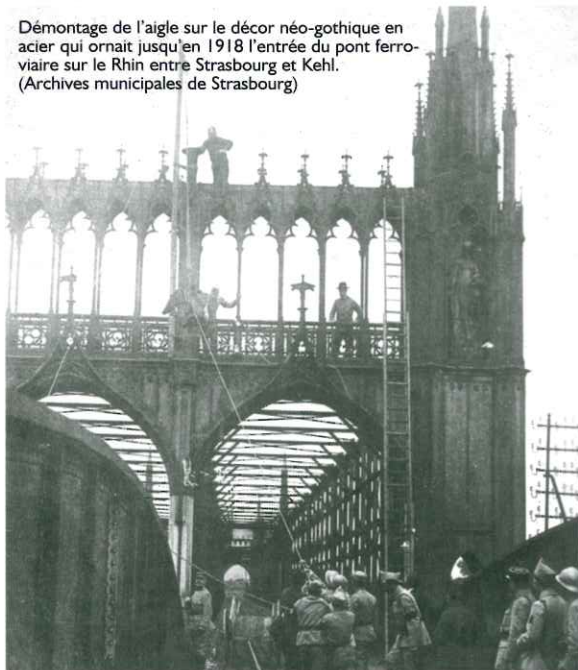
Professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, directeur de l'Institut de physique

En ce lendemain de la Grande-guerre, nous sommes dans la période où s'imposent définitivement les visions de l'espace-temps, de la matière et du rayonnement, introduites par Einstein, Planck, Bohr, de Broglie, Heisenberg, ... La physique théorique moderne, fondée sur les principes relativistes et quantiques, prend son envol

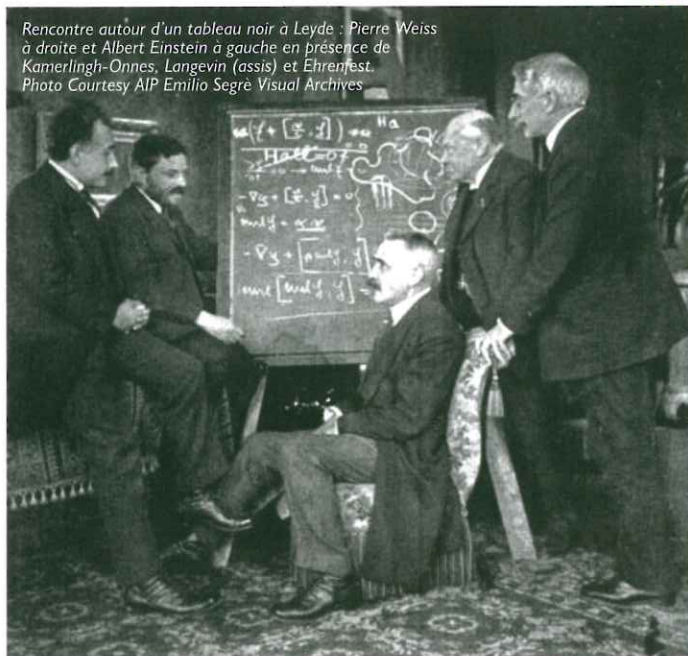
dans les universités allemandes. Mais, dans les Facultés des sciences françaises, son influence est freinée par la tradition positiviste nationale : de préférence à une interprétation théorique faisant appel à des principes qui défient le bon sens classique, il faut privilégier une description mathématique phénoménologique élégante des résultats de l'observation expérimentale qui reste essentielle. A Strasbourg, l'Institut de physique n'échappera pas à cette tendance ; il s'affirmera cependant comme un haut-lieu international pour l'étude du magnétisme, grâce

>>>

Démontage de l'aigle sur le décor néo-gothique en acier qui ornait jusqu'en 1918 l'entrée du pont ferroviaire sur le Rhin entre Strasbourg et Kehl.
(Archives municipales de Strasbourg)



Rencontre autour d'un tableau noir à Leyde : Pierre Weiss à droite et Albert Einstein à gauche en présence de Kamerlingh-Onnes, Langevin (assis) et Ehrenfest.
Photo Courtesy AIP Emilio Segrè Visual Archives



>>> notamment à la renommée déjà établie de son directeur Pierre Weiss et, plus tard, aux recherches du jeune Louis Néel, futur prix Nobel. Les deux physiciens strasbourgeois, avec leurs prédécesseurs Pierre Curie et Paul Langevin, sont d'ailleurs les figures emblématiques de l'«Ecole française du magnétisme», pionnière de la compréhension moderne des propriétés magnétiques de la matière.

A la fin du XIX^e siècle, quand P. Weiss commence ses recherches, la connaissance du magnétisme dans la matière se limitait encore, pour l'essentiel, aux présentations qualitatives des expériences de Faraday avec leur distinction des substances en trois classes, les dia-, para- et ferromagnétiques¹. C'est en 1895 que P. Curie a énoncé les lois quantitatives déduites de ses expériences sur les variations thermiques des propriétés magnétiques. Elles lui ont permis de caractériser sans ambiguïté les comportements dia- et paramagnétiques ; sous l'action d'un champ magnétiques H, le volume unité d'une substance quelconque acquiert un moment magnétique M, appelé «aimantation» ; la relation linéaire entre la cause H et l'effet M, $M = \chi H$, permet alors d'introduire la «susceptibilité» χ : selon Curie, les corps diamagnétiques se caractérisent par une susceptibilité négative et indépendante de la température, alors que, pour les paramagnétiques, la susceptibilité est positive et inversement proportionnelle à la température absolue, $\chi = C/T$ («loi de Curie») ; quant aux matériaux ferromagnétiques, l'aimantation rémanente qui les caractérise disparaît brusquement quand on les chauffe au-delà d'une température critique T_c (le «point de Curie») où ils adoptent un comportement paramagnétique décrit par $\chi = C/(T-T_c)$ («loi de Curie-Weiss»). En 1905, P. Langevin propose une justification microscopique, encore pré-quantique, des lois phénoménologiques de Curie sur le dia- et le paramagnétisme : si l'on envisage le moment magnétique associé aux courants électroniques, le diamagnétisme s'explique par la déformation des orbites électroniques dans le champ magnétique. Le paramagnétisme, pour sa part, est dû à des atomes dotés d'un moment magnétique permanent μ ; l'aimantation du matériau résulte alors de l'orientation collective des moments atomiques qui tendent à s'aligner dans la direction du champ magnétique

alors que l'agitation thermique tend à les désorienter ; l'expression théorique de la constante de Curie C permet ainsi à l'expérimentateur d'évaluer le moment atomique μ . Dans la continuité des travaux de Curie et de Langevin, c'est Weiss qui a précisé expérimentalement et justifié théoriquement les propriétés encore énigmatiques du ferromagnétisme.

Né à Mulhouse, P. Weiss avait opté pour la nationalité française à sa majorité. C'est d'abord en Suisse, au Polytechnicum de Zürich, qu'il fit des études d'ingénieur avant de venir à Paris pour entrer à l'Ecole Normale Supérieure. Il y resta de 1888 à 1895 comme élève puis comme préparateur-agrégé. En 1896, devant un jury présidé par Charles Friedel, il a soutenu sa thèse de Doctorat-ès-Sciences consacrée à l'aimantation de la magnétite et d'alliages de fer et d'antimoine, inaugurant ainsi le domaine de recherche qui restera le sien par la suite. Après avoir végété comme maître de conférence en 1895 et 1902, à Rennes et à Lyon, il retourna en Suisse où le Polytechnicum de Zürich lui avait proposé un poste de professeur et de directeur du Laboratoire de physique.

C'est à Zürich, en 1907, que Weiss a publié sa contribution fondamentale sur la nature du ferromagnétisme avec l'hypothèse du champ moléculaire. Deux ans après le traitement du paramagnétisme de Langevin, il a généralisé celui-ci en tenant compte de l'interaction entre les moments magnétiques individuels des atomes qui, dans les milieux ferromagnétiques, ne peut plus être négligée ; en plus du champ extérieur, chaque atome subit

Curriculum Vitae.



Pierre Ernest Weiss, né à Mulhouse, Haut-Rhin, le 25 mars 1865, option pour la nationalité française.
 1883-1886 Élève de l'École polytechnique de Zurich ; diplôme d'ingénieur - mécanicien (classe 1^{re})
 1888 Élève de l'École Normale S^{te}, ensuite successivement boursier de la Ville de Paris, Agrégé-préparateur à l'École Normale.
 1893 Agrégé des sciences physiques.
 1896 Docteur des sciences.
 1895-1899 Maître de conférences à l'Université de Rennes.
 1899-1902 Titulaire 1902 Maître de conférences à l'Université de Lyon.
 depuis Titulaire 1902 Professeur à l'École polytechnique de Zurich et Directeur du laboratoire de Physique.
 1907 Lauriat de l'Institut (Prix Kastner-Boursault.)

Extrait de la liste des Publications

et Notice sur les Travaux scientifiques

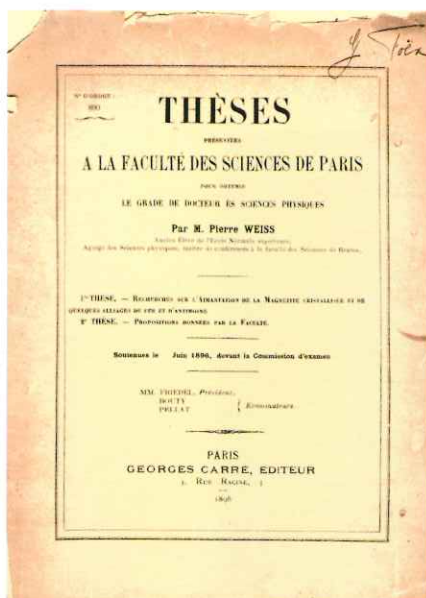
de Pierre Weiss, professeur à l'École polytechnique de Zurich.

- (1). Recherches sur l'aimantation de la Magnétite cristalline et de quelques Alliages de Fer et d'Antimoine, Suisse 1896.
- (2). Propriétés magnétiques de la Pyrrhotine. *J. de Phys.* 4 s. IV p. 469, 829, 1905.
- (3). Variations thermiques de l'aimantation de la Pyrrhotine. (avec J. Kluge) *J. de Phys.* 4 s. IV p. 847, 1905.
- (4). L'Hypothèse du Champ moléculaire et la Propriété ferromagnétique. *J. de Phys.* 4 s. VI p. 661, 1907.

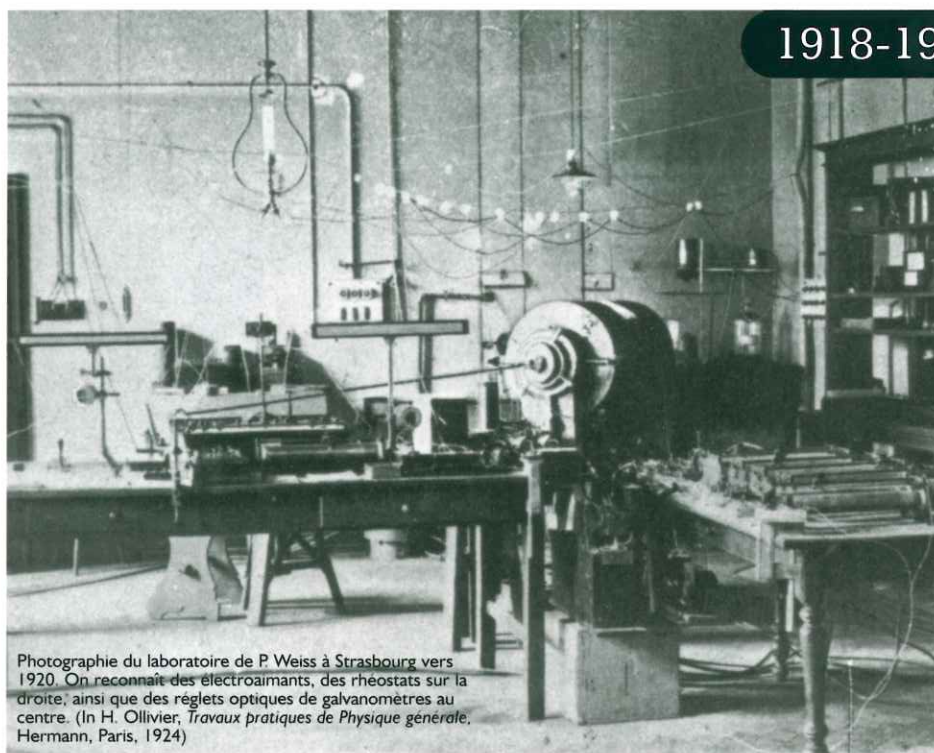


Pierre Curie (1859-1906) et Paul Langevin (1865-1946) : les grandes figures de l'Ecole française du magnétisme avant Weiss et Néel.
 Photos © ND-Viollet et Centre de Recherche Historique-Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles.

Curriculum Vitae de Pierre Weiss lors de sa candidature à Strasbourg.
 (Archives de l'Académie des sciences de l'Institut de France)



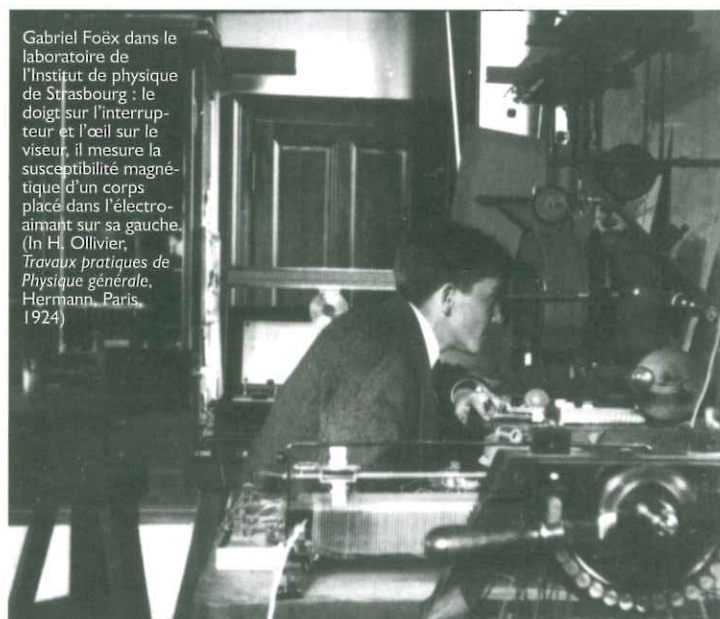
Thèse de P. Weiss soutenue à Paris en 1896 : *Recherches sur l'aimantation de la magnétite cristallisée et de quelques alliages de fer et d'antimoine*. L'exemplaire présenté appartenait à Gabriel Foëx, l'un de ses premiers élèves à Zurich et Strasbourg. (Archives de l'Institut de Physique de l'Université Louis Pasteur, Strasbourg)
Photo : AMUSS



Photographie du laboratoire de P. Weiss à Strasbourg vers 1920. On reconnaît des électroaimants, des rhéostats sur la droite, ainsi que des réglés optiques de galvanomètres au centre. (In H. Ollivier, *Travaux pratiques de Physique générale*, Hermann, Paris, 1924)

donc l'effet magnétique de son environnement que Weiss traduit par un champ moyen uniforme et proportionnel à l'aimantation, le «champ moléculaire». Cette simple hypothèse supplémentaire introduite dans la théorie de Langevin arrive à justifier les propriétés essentielles du ferromagnétisme : il existe un point de Curie (température T_C), tel qu'à haute température ($T > T_C$), le matériau a un comportement paramagnétique satisfaisant la loi de Curie-Weiss ; à basse température ($T < T_C$), même en l'absence d'un champ extérieur, le matériau présente une «aimantation spontanée» produite par l'orientation coopérative des moments atomiques sous l'action du champ moléculaire. Si l'aimantation spontanée n'est pas observable en l'absence d'un champ extérieur dans un échantillon naturel, c'est qu'elle est confinée dans de petits domaines microscopiques, les «domaines de Weiss», ayant chacun leur orientation propre, répartie au hasard ; toutes ces aimantations microscopiques peuvent cependant être progressivement réalignées par un champ extérieur, établissant ainsi l'état d'aimantation macroscopique de l'échantillon ferromagnétique (cf. figure page 94). A saturation, les moments de tous les domaines et de tous les atomes sont alignés, et l'aimantation ainsi mesurée permet d'évaluer le moment atomique ; c'est ainsi que Weiss a été conduit à introduire son unité de moment atomique, le «magnéton de Weiss» (1911). Très soucieux d'appuyer la connaissance théorique sur une exploration expérimentale complète et précise, il s'est doté des moyens les plus performants de mesure des propriétés magnétiques de la matière et de leur variation avec la température ; son talent de constructeur d'instruments est attesté notamment par l'électroaimant de forte puissance qui porte son nom. A la veille de la première guerre mondiale, le laboratoire de Zürich s'était ainsi imposé comme un haut-lieu international d'étude du magnétisme.

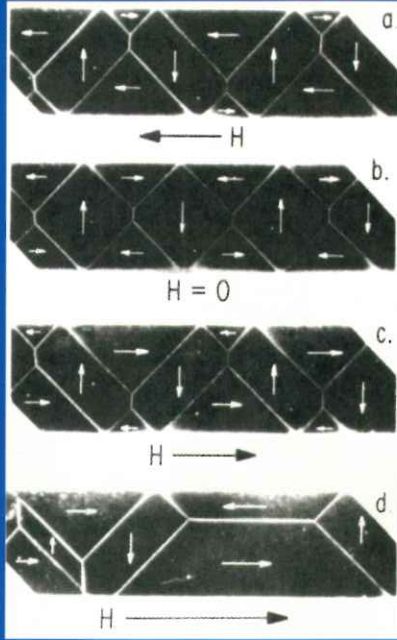
Au lendemain de la guerre, quand la *Kaiser-Wilhelm-Universität* ferme ses portes, Pierre Weiss fait partie de la Commission chargée de faire l'état des lieux et de préparer la restauration de l'Université française. Quand il accepte de diriger le nouvel Institut de physique, c'est avec l'objectif de transférer à Strasbourg le centre d'excellence de recherches développé



Gabriel Foëx dans le laboratoire de l'Institut de physique de Strasbourg : le doigt sur l'interrupteur et l'œil sur le viseur, il mesure la susceptibilité magnétique d'un corps placé dans l'électro-aimant sur sa gauche. (In H. Ollivier, *Travaux pratiques de Physique générale*, Hermann, Paris, 1924)

depuis une quinzaine d'années à Zürich. L'opération a lieu sans trop de difficultés : le soutien matériel accordé permet de reconstituer avantageusement le potentiel expérimental du laboratoire ; et l'encadrement scientifique est assuré par la nomination de ses proches collaborateurs à Zürich, Gabriel Foëx (1887-1963), Robert Forrer (1891-1964) et Edmond Bauer (1880-1963). Le programme de recherche initié en Suisse peut ainsi se poursuivre en toute continuité. Chargé de la section d'étude du paramagnétisme, Foëx s'intéresse en particulier aux limites de validité de la loi de Curie et à l'influence de l'interaction entre moments magnétiques dans des solutions et des cristaux de sels d'éléments de transition ; la riche moisson de constantes de Curie lui donne des indications sur les moments atomiques. Les recherches sur le ferromagnétisme sont surtout animées par Forrer en liaison directe avec Weiss ; il s'agit essentiellement d'expériences sur les métaux ferromagnétiques (Fe, Co, Ni) et leurs alliages, destinées à préciser l'équation d'état magnétique des matériaux fondée sur l'hypothèse du champ moléculaire, et à étudier les phénomènes magnétocaloriques² et la discontinuité des chaleurs spécifiques³ au point de

>>>



Un exemple de visualisation des domaines de Weiss dans une aiguille de fer (*Magnetism, volume III de G.T. Rado and H. Suhl, p 434 Academic Press 1963*). Seuls les contours des domaines (en clair sur la figure) sont rendus visibles par la technique d'observation utilisée dite "powder pattern technique". Cet exemple illustre bien la contribution de Pierre Weiss à la compréhension des courbes d'aimantation des ferromagnétiques ou cycles d'hystérésis.

Le fer, métal ferromagnétique par excellence, cristallise dans une structure cubique centrée : les trois arêtes de base du cube sont des directions dites de facile aimantation, c'est-à-dire le long desquelles s'oriente spontanément l'aimantation. L'échantillon observé est une face plane de l'aiguille orientée selon l'une des arêtes du cube et dont l'épaisseur est négligeable devant les autres dimensions. Dans ce cas, le plan d'observation ne contient que deux directions de facile aimantation à 90° l'une de l'autre. A champ nul (schéma b) les aimantations se disposent pour former des circuits magnétiques fermés avec proportions égales des domaines de directions d'aimantation opposées : l'aimantation macroscopique résultante est nulle. Sous l'effet d'un champ magnétique extérieur appliqué parallèlement à l'axe de l'aiguille (schémas a, c, d) les domaines orientés dans la direction du champ grossissent au détriment des autres : une aimantation macroscopique apparaît. Quand le champ est suffisamment élevé, il n'existe plus qu'un seul domaine : l'aimantation macroscopique a atteint sa valeur maximale qu'on appelle aimantation à saturation.

>>> Curie. De son côté, le théoricien Bauer, en réexaminant ce problème, montre que la discontinuité a lieu de même pour le coefficient de dilatation et la compressibilité, alors que le volume change de façon continue ; il annonce ainsi les traitements ultérieurs des changements de phase de seconde espèce, dont le «point de Curie» sera le prototype.

Dans le paysage français, la production scientifique de l'Institut strasbourgeois atteint rapidement un niveau remarquable. Au plan international, lors du 6^{ème} Conseil Solvay de physique organisé en 1930 à Bruxelles avec comme thème «Le magnétisme», la position du laboratoire comme centre de référence et d'excellence à l'époque a été confirmée; mais l'analyse classique des phénomènes magnétiques présentée par Weiss et ses élèves, confrontée à cette occasion aux arguments de Sommerfeld, Van Vleck, Pauli, Heisenberg..., devra désormais accepter les approfondissements quantiques. Il faut s'interroger en particulier sur l'interprétation microscopique du magnéton expérimental et du champ moléculaire, introduits dans le traitement phénoménologique : comme unité de moment magnétique, le magnéton de Weiss n'est que le cinquième du magnéton de Bohr imposé par la théorie quantique, et sa signification est donc incertaine. Quant au champ moléculaire, dont l'intensité élevée n'a pu être expliquée par la physique classique, Heisenberg la justifie par l'interaction d'échange électronique, de nature purement quantique. A cause de sa courte portée, l'effet n'a lieu qu'entre atomes voisins, ce qui met en question l'uniformité spatiale du champ moléculaire de Weiss, nécessairement affectée par les fluctuations locales liées à des variations de répartition des proches voisins. C'est Louis Néel, arrivé à Strasbourg en 1928, qui reprend alors le problème sur des bases entièrement nouvelles avec son concept de «champ moléculaire local» qui traduit cet effet prépondérant des moments magnétiques voisins (voir la notice sur Néel page 96).

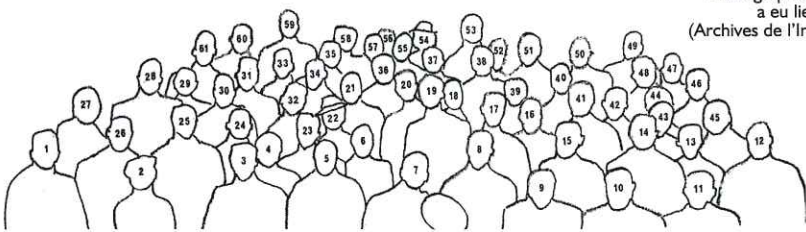
Dans l'Institut des dernières années d'avant-guerre, l'activité de recherche est plus vivante que jamais, selon les voies tracées par Weiss sous l'impulsion des anciens Foëx et Forrer, et selon les thèmes renouvelés par Néel nommé professeur en 1937. La formation doctorale est efficace : Ch. Sadron et A. Lallemand, par exemple, figurent parmi les thésards, le premier avec une thèse sur le ferromagnétisme d'alliages à base de nickel, le second avec une étude du paramagnétisme des sels de métaux de la famille du fer ; on connaît le rôle éminent que joueront ces personnalités plus tard à l'Université, comme pionnier des études macromoléculaires pour l'un et comme astronome, inventeur de la caméra électronique pour l'autre. En mai 1939, Weiss organise à Strasbourg une Réunion d'études sur le magnétisme qui regroupe l'élite de la communauté internationale concernée. L'Institut y voit la reconnaissance de son excellence persistante dans le domaine ; quand Néel présente l'état des recherches sur les thèmes familiers au laboratoire, son exposé fait forte impression.

Mais la fin est proche : quatre mois plus tard, la guerre avec l'Allemagne nazie interrompt les activités de l'Institut de physique. Les jeunes physiciens sont mobilisés. L'Université de Strasbourg doit se replier à Clermont-Ferrand. Pierre Weiss, réfugié à Lyon, finit la mise au point des comptes rendus de la Réunion d'étude du magnétisme, puis décède en octobre 1940. ■

1 Les diamagnétiques sont faiblement repoussés par un aimant (force environ 100 fois plus faible que leur poids dans un champ de l'ordre de 1 tesla variant de 20T/m) alors que les paramagnétiques sont faiblement attirés par un aimant (dans les mêmes conditions force comprise entre un centième de leur poids et leur poids selon les matériaux) et les ferromagnétiques très fortement attirés (120 fois son poids pour la magnétite et 400 fois son poids pour le fer)
 2 Lien entre les échanges de chaleur et les modifications de l'état magnétique d'un corps
 3 Quantité de chaleur nécessaire pour élever la température d'un gramme de matériau de 1°



Photographie de groupe de la Réunion d'études sur le magnétisme qui a eu lieu à Strasbourg en 1939 et liste de ses participants. (Archives de l'Institut de Physique de l'Université Louis Pasteur, Strasbourg)



- 1. M. W. Opechowski
- 2. Mme E. Lapp
- 3. M. A. Cotton, professeur de l'Université de Paris
- 4. Mlle A. Serres
- 5. M. K.S. Krishnan, professeur de l'Université de Calcutta
- 6. Mlle Graff (Mme Fehrenbach)
- 7. M. P. Weiss, président, professeur et directeur de l'Institut de physique de l'Université de Strasbourg
- 8. M. S.J. Barnett, professeur de l'Université de Californie, Berkeley, Etats-Unis
- 9. M. B. Cabrera, professeur de l'Université de Madrid
- 10. M. H. Abraham, professeur de l'Ecole Normale Supérieure, Paris
- 11. M. H. Bizette, de l'Université de Paris
- 12. M. W.L.F. Bates
- 13. M. W. Sucksmith, professeur de l'Université de Bristol
- 14. M. H.A. Kramers, professeur de l'Université de Leyde
- 15. M. E. Bauer, professeur du Collège de France
- 16. M. F. London, Maître de Recherches au CNRS de France, Paris
- 17. M. J. van der Handel, de l'Université de Leyde
- 18. Mlle R. Theron
- 19. M. W. Gerlach, professeur de l'Université de Munich
- 20. M. H. Forestier
- 21. M. R.S. Hilpert
- 22. Mlle Amiot (Mme Weil)
- 23. M. F. Perrin, professeur de l'Université de Paris
- 24. M. F. Ollivier, professeur de l'Université de Strasbourg
- 25. M. R. Becker, professeur de l'Université de Göttingen
- 26. M. J.H. Van Vleck, professeur de l'Université de Harvard, Cambridge, USA
- 27. M. C. Lapp
- 28. M. A.D. Fokker
- 29. M. F. Preisach
- 30. M. R. de L. Kronig, professeur de l'Université de Delft
- 31. M. F. Simon, professeur de l'Université d'Oxford
- 32. M. Schultz
- 33. M. C.J. Gorter, professeur de l'Université de Groningue
- 34. ?
- 35. M. Maxim
- 36. M. A. Establier, chef du service des relations scientifiques de l'Institut international de Coopération intellectuelle
- 37. M. R. Forrer, de l'Université de Strasbourg
- 38. M. N.F. Mott, professeur de l'Université de Bristol
- 39. M. R. Hocart
- 40. M. E.C. Stoner, professeur de l'Université de Leeds
- 41. M. H.B.G. Casimir, professeur de l'Université de Leyde
- 42. M. G. Foex, professeur de l'Université de Strasbourg
- 43. M. L. Néel, professeur de l'Université de Strasbourg
- 44. M. R. Chevallier
- 45. M. R. Fortrat
- 46. M. Mannback
- 47. M. M. Fallot
- 48. M. R. de Malleman
- 49. M. Yvon
- 50. M. F. Trombe
- 51. M. C. Sadron
- 52. M. C. Guillaud
- 53. M. Ristorcelli
- 54. Mme Forrer
- 55. M. Spielmann
- 56. ?
- 57. M. L. Weil
- 58. Mlle H. Hiltensbrand (Mme Kauffmann)
- 59. M. Hickel
- 60. M. Persoz
- 61. M. B. Kurrelmeyer, professeur du Brookly College, New-York, Etats-Unis

Un brouillon de lettre d'Albert Einstein proposant Paul Langevin et Pierre Weiss au Comité Nobel.

Au Comité Nobel pour la physique
Stockholm

A votre demande, je me permets, de vous adresser la proposition suivante, conformément aux statuts du Prix Nobel ^{avec participation et} ~~conformément aux statuts du Prix Nobel~~ et à votre demande d'une part de vous ^{comme} ~~proposer~~ la proposition suivante:

Frank et Bark: pour leur expériences sur l'émission de lumière par bombardement électronique ^{qui n'a} ~~par~~ ^{pu être} ~~expliquée~~ ^{par une} ~~proposition~~ ^{proposition unique} et bien que les statuts ne l'exigent pas, je considère comme satisfaisante pour la haute qualité de ma conscience de faire partie de quelques ~~propositions~~ ^{propositions} ~~partielles~~ pour la hauteur d'une importance à peu près équivalente

Langevin et Weiss: pour la théorie théorique du magnétisme Stern et Gerlach: pour la preuve expérimentale de l'orientation des atomes et le champ magnétique justifié par la théorie quantique

Sommerfeld: pour son apport à la mécanique quantique ^{diffusion des photons} ~~diffusion des photons~~ ? par R X

A.H. Compton: pour la découverte de la ^{diffusion des photons} ~~diffusion des photons~~ (Compton effect) ^{de la lumière} ~~de la lumière~~ pour prouver l'orientation par rayons X ^{de certaines} ~~de certaines~~

P. Debye: pour sa contribution à la connaissance des forces moléculaires

Avec ma haute considération
A. Einstein