

aimantation lui soit perpendiculaire. Soumettons le à un champ magnétique parallèle à cette direction : le couplage est positif avec les atomes des cases noires et négatif avec les atomes des cases blanches (ou inversement). Au total, le couplage est nul et aucun magnétisme global n'apparaît. En revanche, si le champ est parallèle au plan de l'échiquier, il fait pencher tous les spins dans sa direction : un paramagnétisme apparaît, qui semble indépendant de la température. Bien que ce modèle s'appuie sur des expériences réalisées avec des cristaux, seule

une poignée de physiciens s'y rallient. La communauté scientifique attendra plus de dix ans pour reconnaître la validité de ce modèle, quand la diffraction des neutrons confirmera l'orientation des moments magnétiques atomiques.

Pendant la guerre, L. Néel, professeur à Strasbourg, est mobilisé. On le charge de trouver un moyen de protéger les navires de la flotte française contre les mines magnétiques ennemies. Il utilise les lois de l'hystérésis magnétique en champ faible, connues depuis le XIX^e siècle, pour appliquer aux navires un champ magnétique qui détruit l'aimantation globale des coques métalliques, de sorte qu'elles n'attirent plus les mines dévastatrices.

L'ARRIVÉE À GRENOBLE

Après l'annexion de l'Alsace par l'Allemagne, L. Néel cherche un nouveau laboratoire d'accueil. À Grenoble, le doyen de la Faculté des sciences avait obtenu du Front populaire la construction d'un bâtiment pour les physiciens et les mathématiciens ; L. Néel y obtient sa mutation, mais les lois raciales du régime de Vichy interdisent à son élève, Louis Weil, d'être universitaire. Bien qu'il soit professeur d'université, L. Néel tisse alors des liens étroits avec les industriels et obtient que la société Ugine embauche Weil. En retour, cette société va prendre le marché des aimants destinés, à l'époque, aux dynamos des vélos, grâce aux travaux de Weil sur les poudres métalliques. Ce dernier utilise les résultats des recherches que L. Néel a entreprises pour mieux comprendre les phénomènes d'hystérésis qu'il a utilisés lorsqu'il a désaimanté les bateaux. L. Néel explique comment l'état d'un système magnétique dépend des diffé-



Le premier grand rassemblement international sur le magnétisme eut lieu juste après la Seconde Guerre mondiale, à Grenoble. Louis Néel, qui en fut le moteur, est le quatrième à partir de la droite, au premier rang.

rentes configurations dans lesquelles il s'est trouvé. Il comprend que l'hystérésis est due au fait que, dans les champs faibles, les parois entre domaines de Weiss se déplacent et que, dans les champs forts, la structure de la décomposition en domaines est modifiée. Dans le cas de grains magnétiques assez petits, il n'y a plus qu'un seul domaine : la séparation en domaines abaisse l'énergie du matériau, mais ce gain de stabilité est inférieur au coût énergétique de la création d'une paroi. En utilisant des poudres métalliques qu'elle oriente puis qu'elle compacte, la société Ugine fabrique des aimants dont l'aimantation est plus stable que s'il s'agissait d'un matériau massif.

En 1942, L. Néel devient directeur d'un laboratoire de l'Institut électrotechnique de Grenoble dédié à des essais pour les industriels. Puis, juste après la guerre, il crée le Laboratoire d'électrostatique et de physique du métal. À cette époque, les besoins de l'électronique imposent l'étude du magnétisme des ferrites, oxydes mixtes de deux ou trois métaux, dont l'un au moins est aimanté. On s'aperçoit que la variation de leur aimantation avec la température diffère de celle des corps ferromagnétiques. Pour expliquer ce comportement, L. Néel généralise alors son modèle d'antiferromagnétisme au cas où les atomes couplés négativement sont de natures différentes. Dans un matériau antiferromagnétique, les atomes des cases noires de l'échiquier et ceux des cases blanches sont identiques chimiquement et ont des moments magnétiques de même amplitude, qui s'annule en l'absence de champ extérieur. Dans les ferrites et dans les corps ferromagnétiques en général, les atomes des cases noires et ceux des cases blanches sont d'espèces chimiques dif-

férentes : les deux sous réseaux ne se compensent plus, et un magnétisme macroscopique apparaît.

Les travaux de L. Néel ont également servi en géophysique : certaines ferrites naturelles évoluent lentement sur des échelles de temps géologiques. Les laves qui en contiennent s'aimantent en refroidissant. Grâce à ces boussoles fossiles, on reconstitue l'histoire du champ magnétique terrestre dont la direction varie au cours du temps. On doit alors tenir compte de la dérive des continents. Les travaux de L. Néel ont ainsi

indirectement permis d'utiliser la «mémoire magnétique» des roches pour reconstituer l'histoire de la dérive des continents.

Pour poursuivre des recherches en magnétisme, les physiciens ont besoin d'instruments de plus en plus variés : Weil construit des liquéfacteurs d'hydrogène, puis d'hélium pour atteindre les basses températures nécessaires à l'étude du magnétisme des ferrites. Une équipe de chercheurs spécialistes de la résonance magnétique s'implante à Grenoble pour étudier les effets magnétiques dynamiques. L. Néel cherche un réacteur nucléaire comme source de neutrons (diffractés par la matière et sensibles aux orientations des moments magnétiques, ils permettent de visualiser l'antiferromagnétisme). Il contacte le Commissariat à l'énergie atomique au moment où ce dernier cherche à créer un troisième centre en province. À la fin de l'année 1955, L. Néel devient directeur du Centre d'études nucléaires de Grenoble : les capacités de recherche de la ville doublent avec ces nouveaux laboratoires. Il s'y développe une synergie entre la recherche universitaire et l'industrie. En 1970, L. Néel reçoit le prix Nobel de physique qui couronne sa carrière, consacrée au magnétisme. Grenoble lui doit en partie son statut de centre scientifique européen et de pôle de l'industrie électronique.

Pierre AVERBUCH est physicien honoraire au Centre de recherche sur les très basses températures, à Grenoble.

Pierre AVERBUCH, *Les débuts du magnétisme grenoblois*, in *Bulletin de la Société française de physique*, n° 125, p. 16, juillet 2000.

■ POUR LA SCIENCE

VOTRE ABONNEMENT 100 % NUMÉRIQUE

1 an au prix de 48 €

soit 4 € seulement par numéro au lieu de 5,20 €

Pour consulter et télécharger
en toute liberté sur www.pourlascience.fr
les 12 prochains numéros
dès leur parution.



Oui, je m'abonne
à *Pour la Science* 100 % numérique
1 an (12 numéros) pour 48 €

Je préfère découvrir toutes
les offres d'abonnement disponibles
en cliquant ici.