

Laboratoire Léon Brillouin



Orphée à la lyre - vers 1947

Travailler au LLB



Notre but

Promouvoir l'utilisation de la spectrométrie neutronique dans divers domaines de la recherche fondamentale et appliquée est une mission importante du LLB. Une condition nécessaire pour y parvenir est le maintien au sein du Laboratoire d'une recherche de qualité qui suppose de pouvoir accueillir de nombreux thésards et post-doctorants. Des visites du Laboratoire, en groupe ou individuelles, sont organisées à la demande. Outre la découverte des installations, elles permettent de prendre contact avec différentes équipes de chercheurs qui travaillent dans des domaines variés.

Le LLB doit aussi organiser pour les équipes extérieures, l'accès à l'ensemble des spectromètres installés autour du réacteur. Cette possibilité a pour préalable la soumission d'une proposition d'expérience écrite.

Soumettre une proposition d'expérience

Si vous souhaitez déposer pour la première fois une demande d'expérience, veuillez contacter le Secrétariat Scientifique du LLB qui vous adressera le formulaire correspondant. Une soumission par Internet sera possible prochainement (courant 1999).

Toutes les propositions sont discutées au cours de Tables Rondes thématiques (qui se tiennent habituellement chaque année durant le dernier trimestre).

Leur annonce est faite durant l'été par un dépliant comportant la liste et les dates des diverses sessions ainsi qu'un bulletin de participation à leur déroulement et une invitation à une éventuelle présentation orale du projet d'expérience.

A chaque Table Ronde est associé un Comité de Sélection comportant des représentants de la communauté scientifique Française et Européenne et des membres du LLB. Il est chargé d'établir pour chaque proposition un classement :

- A expérience qui sera réalisée
- B expérience acceptée sur critère scientifique mais dont la réalisation dépendra du temps de faisceau disponible
- C expérience non acceptée

Pour toutes informations complémentaires vous pouvez nous contacter :

SECRETARIAT SCIENTIFIQUE
DU LABORATOIRE LEON BRILLOUIN
CEA SACLAY
BATIMENT 563
91191 GIF-SUR-YVETTE CEDEX

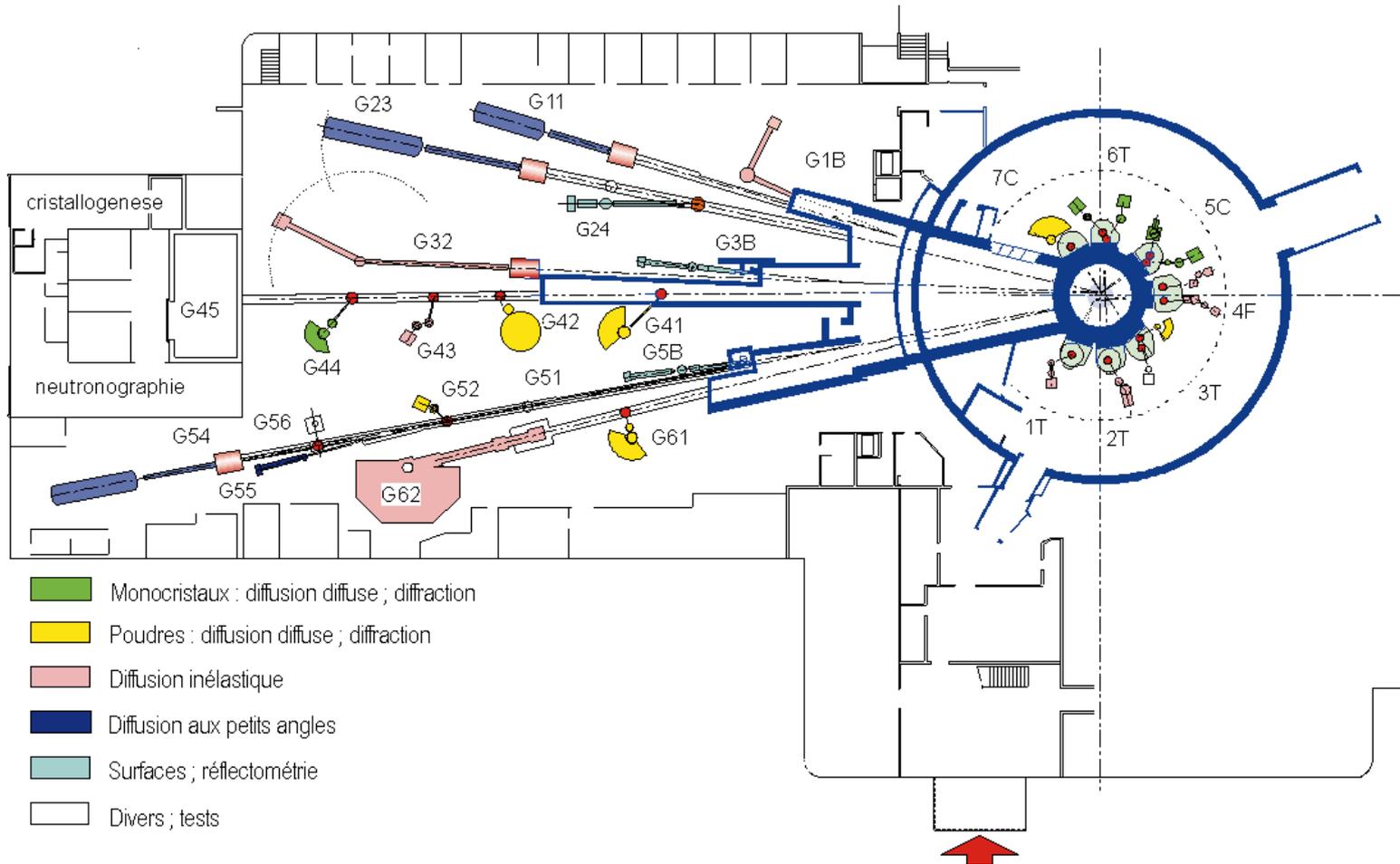
☎ 33 (0) 1 69 08 60 38

FAX : 33 (0) 1 69 08 82 61

e-mail : experience@llb.saclay.cea.fr

serveur internet : <http://www-llb.cea.fr>

IMPLANTATION GENERALE DES SPECTROMETRES



Crédits Photos

Page A1	Orphée à la lyre – vers 1947 – par Jean Cocteau	©Adagp, Paris 1998
Page A3	Vue aérienne du site du CEA/SACLAY	CEA/Gonin
Page A6	Portrait de Léon Brillouin	Académie des Sciences/Jean-Loup Charmet Paris
Page 1	Léon Brillouin avec Beauvais et Perrot, ENS (1910)	Archives de la famille de Mr Léon Brillouin
Pages 4/5	Contrôle par neutronographie d'une série de 8 turbines à aubes	CEA/European Gas Turbine Ltd
Page 9	Prothèse de hanche	Université de Reims
Page 12	Clichés "neutrons" et "rayons X" d'une calculatrice	CEA
Pages 20	Le réacteur Orphée	LLB/Jean Biaugeaud
Page 22	Piscine cœur	LLB/Jean Biaugeaud
Page 24	Source froide annulaire	CEA/Maurice Faugère Productions
Page 25	Salle de conduite du réacteur Orphée	LLB/Jean Biaugeaud
Page 26	Le guide G1 et le déviateur G1bis	LLB/Jean Biaugeaud
	Dépôt de couches minces par pulvérisation cathodique	CILAS
Page 28	Montage permettant le choix entre différents monochromateurs	ILL/Neyrtec Service Photo-Cinéma
	Partie terminale du monochromateur à chopper "Mibemol"	LLB/Jean Biaugeaud
Page 29	Montage à focalisation variable (analyseur 1T)	LLB/Bleue Image
Page 31	Banc de détecteurs du spectromètre Mibemol	LLB/Bleue Image
	Multidétecteur XY de 64x64 cellules	ILL/Studio de la Revirée
Pages 32	Vue d'ensemble du hall des guides du réacteur Orphée	LLB/Jean Biaugeaud
Page 36	Diffractomètre " poudre " G41 et multidétecteur 800 cellules	LLB/Jean Biaugeaud
Page 37	Diffractomètre 6T2	LLB/Bleue Image
Page 39	Spectromètre à 3 axes 1T1	LLB/Jean Biaugeaud
Page 41	Spectromètre à "écho de spin" MESS	LLB/Jean Biaugeaud
Page 43	Spectromètre PAXE	LLB/Bleue Image
Page 45	Radiographie aux neutrons de vérins pyrotechniques ARIANE	CEA/Dassault-Aviation

Léon Brillouin

1889-1969



Léon Brillouin, né à Sèvres en 1889, "intègre" l'Ecole Normale Supérieure en 1908.

Fait très exceptionnel pour un jeune physicien français de l'époque, il poursuit sa formation (1912) à l'Institut de Physique Théorique de Munich alors dirigé par A. Sommerfeld : là s'était déroulée quelques mois auparavant l'expérience de Von Laue sur la « diffraction des rayons de Roentgen » (rayons X) par un cristal.

De retour en France (1913), il entreprend une thèse sur la théorie des solides ; il propose une équation d'état bâtie sur les vibrations atomiques (phonons) qui parcourent le solide.

Il étudie également la propagation d'une onde lumineuse monochromatique et son interaction avec les ondes acoustiques : il montre que le rayon diffusé est constitué par la somme de trois composantes (effet Brillouin) : une à la fréquence de l'onde incidente (ω_0), les deux autres à des fréquences qui l'encadrent symétriquement ($\omega_0 \pm \Delta\omega$) (Doublet Brillouin) ; l'écart dépend de l'angle de diffusion. Cette prédiction théorique ne sera observée expérimentalement qu'une dizaine d'années plus tard. Interrompu dans son travail par la guerre de 1914-1918, il soutient sa thèse en 1920 (Jury : Marie Curie, Paul Langevin, Jean Perrin !).

Débutent alors une période de grande fécondité dans la production scientifique de Léon Brillouin au cours de laquelle il contribue à la « révolution quantique » dans divers domaines de la physique :

- Il propose une méthode de résolution approchée de l'équation de Schrödinger (méthode B.K.W. : **B** Brillouin, **K**ramers, **W**entzel) appliquée aux électrons.
- Il reprend la théorie du paramagnétisme dont Langevin a donné 20 ans auparavant un modèle "classique" en y introduisant la quantification du moment orbital (1927).
- Au cours d'un travail sur la propagation d'une onde électronique dans un réseau cristallin, il est amené à introduire un concept qui s'avèrera particulièrement utile dans la théorie des solides cristallins : Les Zones de Brillouin (1930).
- Il publie une série d'articles dans lesquels il traite des méthodes d'étude des systèmes à plusieurs électrons (formule de Brillouin-Wigner).

Parallèlement à ses activités de recherche il enseigne, d'abord à la Sorbonne où il accède en 1928 à la chaire de Physique Théorique, puis au Collège de France où il est élu en 1932.

En Août 1939, un mois avant la déclaration de guerre à l'Allemagne, Léon Brillouin est nommé, en tant que spécialiste de la propagation des ondes, directeur de la Radiodiffusion Nationale.

Mai 1940, la débâcle ; le gouvernement et la haute administration dont il fait partie se replient à Vichy. Il y reste six mois puis démissionne et part aux Etats-Unis où il adhère au groupe de la France Libre ; il participe à l'effort de guerre en travaillant dans le domaine des radars à l'Université de Columbia (New-York).

A la fin de la guerre il décide de rester aux Etats-Unis où il enseigne à Harvard et Columbia ; il est élu membre de la National Academy of Sciences en 1953. Loin d'abandonner la recherche, il se passionne pour un domaine qui vient de naître : « La Théorie de l'Information ». Il invente le concept de « Négentropie » (entropie négative) pour démontrer l'équivalence entre entropie et information, et pour qu'ainsi, le « Démon de Maxwell » ne viole pas le principe de Carnot. Il meurt en 1969 à New-York.

Bibliographie :

Les Tenseurs en Mécanique et en Elasticité, Paris 1937, 1949.

Quantenstatistik, Berlin 1931.

Propagation des Ondes dans les Milieux Périodiques, Paris 1956.

La Science et la Théorie de l'Information, Paris 1959.

Pour en savoir plus : « Léon Brillouin, A la Croisée des Ondes », R. Mosseri, Belin (1998).

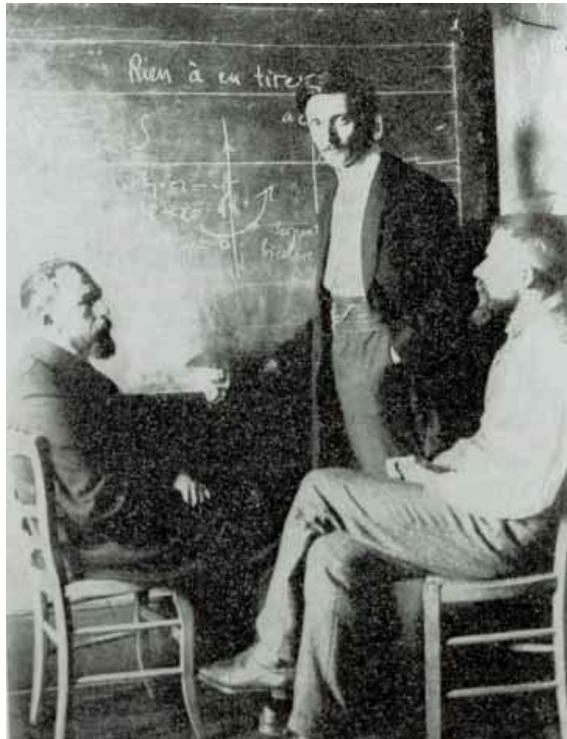
Le Laboratoire Léon Brillouin

La spectrométrie neutronique est apparue aux Etats-Unis à la fin de la dernière guerre dans le but d'utiliser les réacteurs construits dans le cadre du Projet Manhattan.

Très vite, cette technique s'est avérée un très puissant moyen d'investigation de la matière condensée et, malgré son coût élevé, s'est progressivement développée dans le monde ; en France, avec les réacteurs EL3 à Saclay (1957) et Mélusine et Siloé à Grenoble (1959).

En 1970, la divergence du Réacteur à Haut Flux de l'Institut Laue Langevin (initialement Franco-Allemand, puis rejoint par les Anglais) lui donne une forte impulsion.

C'est pour préserver et développer la vitalité de la France dans ce domaine que le CEA et le CNRS décident, en 1974, de créer un laboratoire commun chargé de construire et de faire fonctionner un ensemble de spectromètres à neutrons. La vocation de ce Laboratoire sera de mettre ces outils à la disposition de la communauté scientifique française tout en développant ses propres programmes de recherche.



A l'Ecole Normale Supérieure, Léon Brillouin (debout), avec Beauvais et Perrot (1910).

La décision de construire un réacteur spécifique, optimisé pour la fourniture de faisceaux sortis, est prise en 1976.

Le réacteur « Orphée » a divergé en décembre 1980. Depuis lors, le Laboratoire Léon Brillouin mène de pair ses deux missions : mettre en place et faire évoluer un parc de spectromètres performants ; avoir des contacts avec un grand nombre de laboratoires français, soit sous forme de collaboration scientifique, soit pour accueillir et aider des équipes venues réaliser une expérience.

Depuis une dizaine d'années il s'est, de plus, fortement ouvert sur l'Europe.

En 1997, le LLB a accueilli environ 750 visiteurs, et près de 400 expériences ont été réalisées sur les 25 spectromètres en opération. Environ 20 % des propositions d'expériences émanaient de laboratoires non français de l'Union Européenne.

Le neutron

L'hypothèse de l'existence d'une particule neutre et de masse proche de celle du proton, formulée en 1920 par Rutherford, résulte de 4 grandes découvertes antérieures : le tableau périodique des éléments (Mendeleev, 1869) ; la radioactivité naturelle (Becquerel, 1896 ; P. et M. Curie, 1898) ; le noyau atomique et le modèle planétaire (Bohr, 1913) ; la transmutation artificielle (Rutherford, 1919). Il explique ainsi pourquoi, lorsque le numéro atomique augmente de 1 (un), la masse des atomes correspondants diffère d'environ 2 fois la masse du proton.

En 1930, Bothe et Becker constatent que si l'on bombarde du béryllium par un faisceau de particules Alpha, on obtient un rayonnement plus pénétrant que tous les rayonnements connus, se manifestant encore après avoir traversé 10 cm de plomb. C'est un élève de Rutherford, J. Chadwick, qui démontre en 1932 que ce rayonnement est constitué de corpuscules matériels, non chargés électriquement : le neutron.

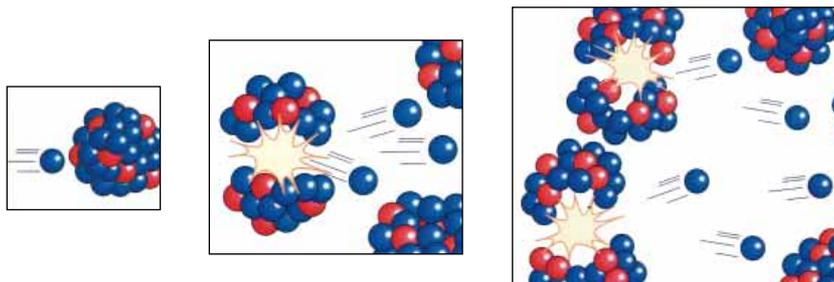
Les réacteurs nucléaires

La fission du noyau d'uranium, c'est-à-dire son éclatement en 2 fragments après avoir absorbé un neutron, est démontrée en 1938 (I. Joliot-Curie, O. Hahn) ; très vite est prouvée l'émission de neutrons excédentaires au cours du processus, donc la fission d'autres noyaux d'uranium, ... et la possibilité d'une « réaction en chaîne » (F. Joliot, Halban, Kowalski, 1939).

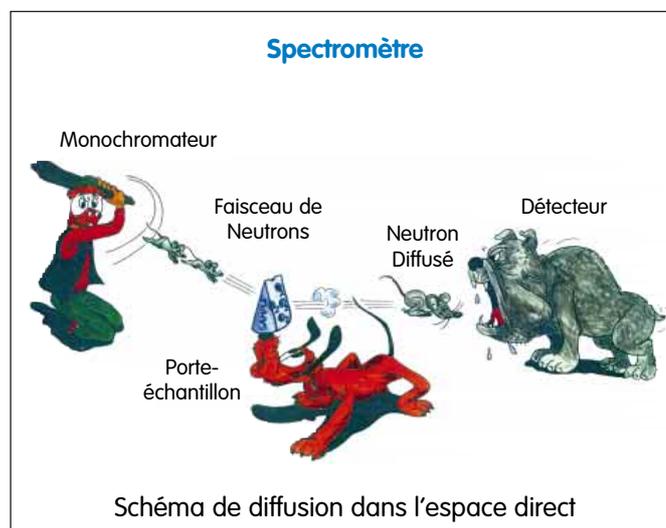
Sources de neutrons, les réacteurs civils peuvent être classés en 2 grandes catégories :

- ceux destinés à la production d'énergie électrique. On veut maximiser la quantité de chaleur produite, c'est-à-dire le nombre total de noyaux qui se fissionnent à chaque seconde. Le cœur sera peu concentré (uranium naturel ou peu enrichi) mais occupera un volume important.
- ceux destinés à produire un flux intense de neutrons, soit de grande énergie pour irradier des matériaux (recherche technologique), soit « thermiques » pour obtenir des faisceaux sortis (diffusion neutronique pour la recherche fondamentale ou appliquée). C'est alors la puissance spécifique, c'est-à-dire le nombre de noyaux par cm^3 qui se fissionnent à chaque seconde, que l'on cherchera à rendre maximale. Le cœur sera très compact et très enrichi en uranium fissile (^{235}U).

Réacteur



Fission et réaction en chaîne



Neutronique mode d'emploi

La spectrométrie neutronique se fait dans de grandes unités qui, comme le Laboratoire Léon Brillouin, regroupent chercheurs, ingénieurs et techniciens pour réaliser des expériences de diffusion de neutrons thermiques dans des domaines variés.

Nos autorités de tutelle (CNRS et CEA) ont choisi de maintenir dans ce Laboratoire des activités de recherche fondamentale et technologique ainsi que des activités d'accueil. Chaque année, des thèses sont soutenues au LLB et de nombreux résultats sont obtenus par des chercheurs extérieurs venant de Laboratoires français et étrangers.

Ce document sur le LLB a pour objectif de faire découvrir la diffusion des neutrons thermiques aux jeunes scientifiques (et aux moins jeunes !).

Pourquoi fait-on de la diffusion neutronique ?	page 4
Comment produit-on des neutrons ?	page 20
Quels sont les principes des appareils de mesure ?	page 32

Cette plaquette ne peut évidemment pas aborder tous les aspects de la diffusion neutronique. Rien n'est dit sur le calcul de la fonction de diffusion et ses liens avec les fonctions de corrélation de position des diffuseurs, ni sur le puissant outil que constitue l'analyse de polarisation, ni ...

Quelques livres sur la diffusion des neutrons thermiques :

S.W. Lovesey - *Theory of neutron scattering from condensed matter* – Clarendon press, Oxford (1984)

M. Bée - *Quasi-elastic neutron scattering* - Adam Hilger Bristol and Philadelphia (1988)

P.A. Krupchitski - *Fundamental research with polarized slow neutrons* - (traduit par V.I. Kisin) - Springer-Verlag, Berlin (1987)

V.F. Sears - *Neutron Optics* - Oxford University press, New-York (1989)