

BOUTEILLE OU PIÈGE À NEUTRONS ULTRA-FROIDS

FICHE N° 8

PRÉSERVER
SAUVEGARDER
VALORISER

Période de fabrication : 1975-1999
Fabricant : ILL, Institut Laue-Langevin
Domaines : Physique
Sous-domaines : Nucléaire
Organisme : ILL
Ville : Grenoble (Isère)
Modèle : Mambo I
Matériaux : Aluminium, Verre

Description

Mambo I (contraction de "Mampe's bottle") est le premier piège à neutrons ultra-froids à parois faites d'un liquide sans hydrogène. Il s'agit d'une boîte rectangulaire en verre et aluminium dotée d'une entrée et une sortie disposées à chaque extrémité. La première permet l'alimentation de la boîte en neutrons ultra-froids et la seconde s'ouvre à intervalle régulier vers un détecteur de neutrons à hélium -3, afin de compter le nombre de neutrons toujours en vie. Une cloison mobile en verre permet de faire varier le volume de la boîte, paramètre important de la mesure.

Grâce à une innovation due à J.C. Bates, cet instrument apporte deux améliorations substantielles à la technique de confinement des neutrons ultra-froids par des parois matérielles. Lors des mesures, les parois étaient recouvertes de Fomblin®, un perfluoropolyéther, une huile ne contenant pas d'atome hydrogène. L'absence d'hydrogène limite considérablement les pertes en neutrons par absorption et par diffusion inélastique ; en outre, une paroi couverte de ce matériau liquide est bien plus étanche aux neutrons qu'une paroi solide qui comporte toujours des trous à l'échelle infime du neutron.

L'objectif de cet instrument est la mesure de la durée de vie du neutron libre. En effet, si la durée de vie du neutron au sein du noyau atomique est infinie, elle n'est que d'une quinzaine de minutes pour le neutron libre. Mesurer précisément cette grandeur est un challenge qui occupe la communauté scientifique depuis 1950 et continue de nos jours.

Ce piège à neutrons construit par C. Bates (Université de Risley, Angleterre) a été utilisé pour la première fois en 1986 pour mesurer la durée de vie des neutrons libres. Pour ce faire, Bates, de passage à l'ILL, a collaboré avec deux chercheurs permanents de l'ILL : W. Mampe qui a assuré les manipulations et P. Ageron.

Utilisation

Dans ce dispositif, les neutrons sont ralentis jusqu'à une vitesse très faible de 5m/s, équivalente à une très basse température. Ils sont réfléchis par les parois du piège sur lesquelles ils rebondissent comme des balles de ping-pong. Grâce à ces particularités, il est possible d'observer ces neutrons pendant longtemps et de mesurer leurs propriétés avec une grande précision.

Pourquoi mesurer la durée de vie du neutron libre ?

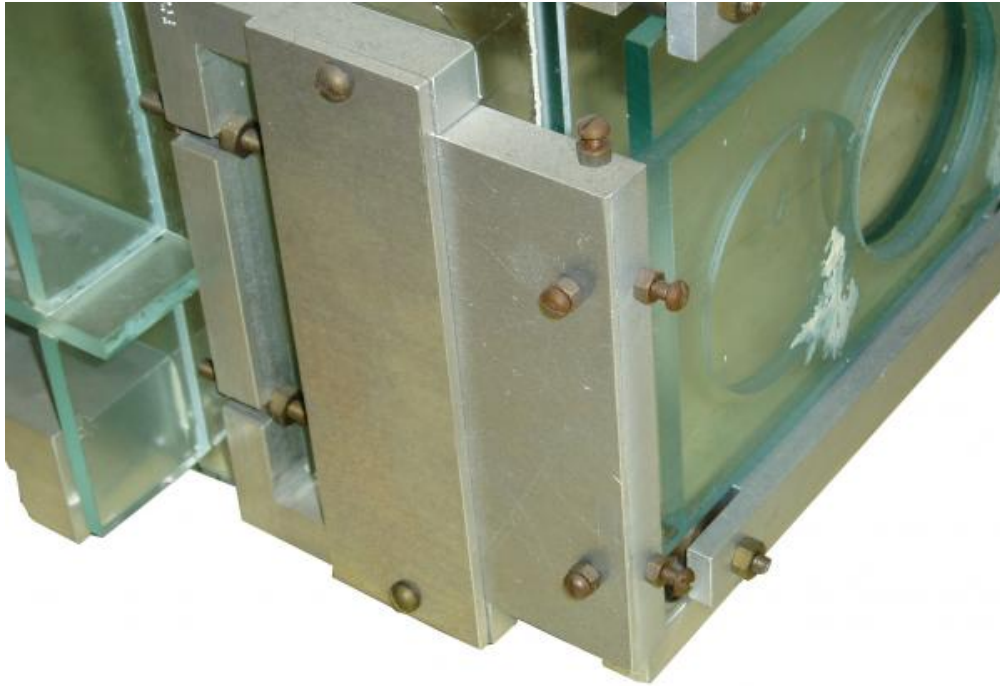
Le neutron est responsable de plus de la moitié de la masse de la matière classique. Il est stable lorsqu'il est lié à d'autres nucléons au sein du noyau atomique mais, lorsqu'il est libre (c'est-à-dire arraché au noyau atomique), il se désintègre spontanément en un proton, un électron et un antineutrino (désintégration bêta). Ce phénomène est l'une des manifestations de l'interaction faible.

La durée de vie moyenne du neutron libre est l'une des grandes constantes universelles et sa première mesure date de 1950. Depuis, beaucoup d'efforts sont consentis par les scientifiques du monde entier pour mesurer cette constante avec une précision accrue. En effet, elle est la clé de la compréhension de l'interaction faible et de la création de la matière durant le Big Bang. Elle intervient en outre dans la théorie de grande unification des forces.

Il existe essentiellement deux façons de mesurer la durée de vie moyenne du neutron libre :

- mesurer la radioactivité spontanée d'un faisceau de neutrons, c'est à dire compter les protons et/ou électrons qu'il émet du fait des désintégrations en son sein,
- mesurer la décroissance dans le temps d'une population de neutrons confinés dans un piège matériel ou magnétique.

L'instrument présenté ici est un exemple de piège matériel, puisque le confinement est obtenu par rebond des neutrons sur les parois de la bouteille. Ceci n'est possible qu'avec des neutrons ultra-froids (neutrons de très faible énergie, très faible vitesse, très grande longueur d'onde).



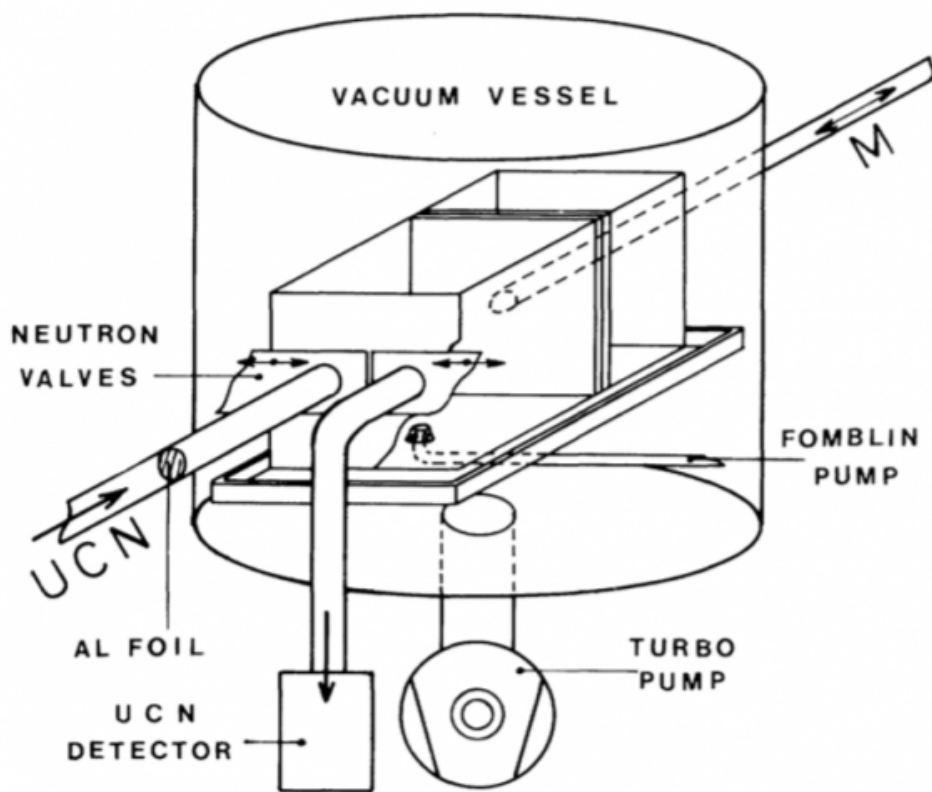
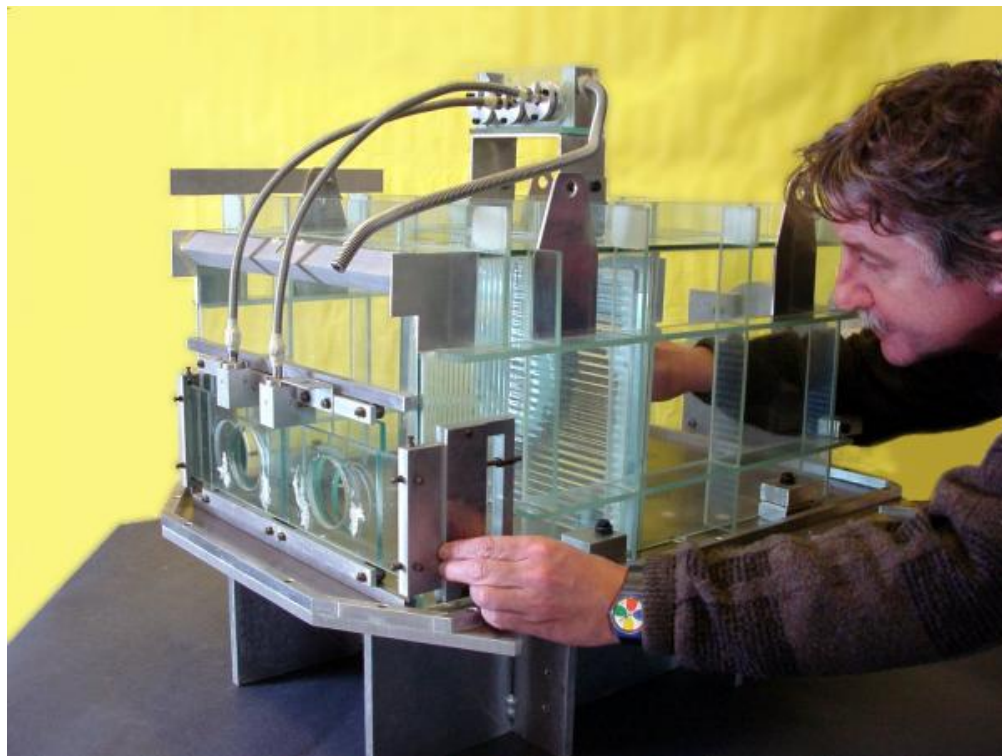


FIG. 1. Sketch of the apparatus.



Pour nous citer :

Base de la Mission nationale de sauvegarde et de valorisation du patrimoine scientifique et technique contemporain, PATSTEC, Bouteille ou piège à neutrons ultra-froids (ILL, Institut Laue-Langevin), <https://www.patstec.fr/ressources/objets/detail?id=27881>, consulté le 2026-07-26