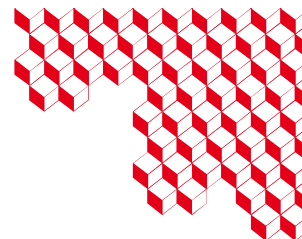




Institut de Recherche sur les lois  
Fondamentales de l'Univers

Département de Physique Nucléaire



**Soutenance de thèse le mardi 17 octobre 2023, 14h**

Bat 774, Amphithéâtre C. Bloch, CEA Saclay, Orme des Merisiers

**Borana MOM**

DPhN

---

### **Modélisation et tests d'une source compacte de neutrons basée sur l'accélérateur IPHI**

Les faisceaux de neutrons jouent un rôle essentiel en science des matériaux et proviennent généralement de réacteurs de recherche ou de sources de spallation. Les sources de spallation ont un coût élevé tandis que l'arrêt de la plupart des réacteurs de recherche vieillissants est programmé. Pour pallier une future pénurie de neutrons, une technologie alternative à moindre coût est offerte avec les sources compactes de neutrons pilotées par accélérateurs (CANS).

Au CEA-Saclay, une telle source est en développement, basée sur l'Injecteur de Protons à Haute Intensité (IPHI) délivrant un faisceau de protons de 3 MeV pouvant atteindre une intensité maximale de 100 mA ; elle sera utilisée pour de l'imagerie neutronique. Le terme source de neutrons primaires résulte de l'interaction du faisceau de protons avec une cible de béryllium ou de lithium.

Cette thèse se concentre sur le projet IPHI-Neutrons, une alternative au réacteur ORPHÉE qui a fermé en 2019.

L'objectif principal est de contribuer à l'optimisation et à la caractérisation expérimentale des performances des installations neutroniques, un enjeu crucial pour le développement futur de SONATE (*S*ource of *N*eutrons At *T*hermal *E*nergies), qui devrait fonctionner avec des protons de 20 MeV pour augmenter la brillance du faisceau de neutrons.

Pour atteindre cet objectif, des simulations numériques ont été réalisées grâce au code TOUCANS basé sur GEANT4, permettant de gérer les configurations géométriques complexes des CANS. Des méthodes d'optimisation multi-objectifs basées sur le métamodèle de krigeage ont été déployées pour trouver des pistes d'améliorations des performances de l'installation. Elles ont notamment été appliquées au développement d'un arrêt faisceau de neutrons.

Des tests expérimentaux ont aussi été réalisés pour valider les résultats de simulations, notamment à l'aide de mesures de flux de neutrons par dosimétrie. La caractérisation de filtres de neutrons a permis de montrer la possibilité d'améliorer les performances d'une installation d'imagerie neutronique en augmentant le rapport du flux thermique sur le flux total.

Afin de ne pas détériorer la cible de lithium liquide, ce qui passe par le contrôle de l'épaisseur de la cible de lithium, un détecteur de neutrons utilisant un scintillateur 6LiF:ZnS(Ag) dont la lumière de scintillation est transportée vers un SiPM via des fibres optiques (WLS), est en développement afin de maximiser l'amplitude du signal et de réduire son temps de descente.

---

**Laboratoire LEARN**

**[https://irfu.cea.fr/Phocea/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast\\_visu.php?id\\_ast=498](https://irfu.cea.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_visu.php?id_ast=498)**

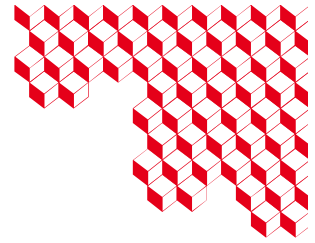
**Contact: [borana.mom@cea.fr](mailto:borana.mom@cea.fr) - +33 1 69 08**

---



Institute of Research into the  
Fundamental laws of the Universe

Nuclear Physics Department



**PhD Defense on Tuesday, October 17<sup>th</sup> 2023, 2 p.m.**

Bat 774, C. Bloch Amphitheater, CEA Saclay, Orme des Merisiers

**Borana MOM**  
DPhN

---

### **Modelling and tests of a compact neutron source based on the IPHI accelerator**

Neutron beams play an essential role in materials science, and generally originate from research reactors or spallation sources. Spallation sources are expensive, while most aging research reactors are scheduled for shutdown. To offset a future shortage of neutrons, an alternative, lower-cost technology is offered in the form of compact accelerator-driven neutron sources (CANS).

At CEA-Saclay, such a source is being in development, based on the High Intensity Proton Injector (IPHI) delivering a 3 MeV proton beam with a maximum intensity of 100 mA; this source will be used for neutron imaging. The neutron source term results from the interaction of the proton beam with a beryllium or lithium target.

This thesis focuses on the IPHI-Neutrons project, an alternative to the ORPHÉE reactor, which closed in 2019.

The main objective is to contribute to the optimization and experimental characterization of neutron facility performance, a crucial issue for the future development of SONATE (*S*ource of *N*eutrons At *T*hermal *E*nergies), which should operate with 20 MeV protons to increase the brightness of the neutron beam.

To achieve this goal, numerical simulations have been carried out using the TOUCANS code, based on GEANT4, to handle the complex geometric configurations of CANS. Multi-objective optimization methods based on the kriging metamodel were deployed to find ways of improving the facility's performance. In particular, they were applied to the development of a neutron beam dump. Experimental tests were also carried out to validate simulation results, notably using dosimetric neutron flux measurements. Characterization of neutron filters has shown that it is possible to improve the performance of a neutron imaging system by increasing the ratio of thermal flux to total flux.

In order to avoid damaging the liquid lithium target, which involves controlling the thickness of the lithium target, a neutron detector using a  $6\text{LiF:ZnS(Ag)}$  scintillator, whose scintillation light is transported to a SiPM via wavelength shifters (WLS), is being developed to maximize signal amplitude and reduce its fall time.

---

**LEARN Laboratory**

**[https://irfu.cea.fr/Phoce/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast\\_groupe.php?id\\_groupe=4241](https://irfu.cea.fr/Phoce/Vie_des_labos/Ast/ast_groupe.php?id_groupe=4241)**

**Contact: [borana.mom@cea.fr](mailto:borana.mom@cea.fr) - +33 1 69 08**

---