

Simulation numérique d'un dispositif de mesure des réactions de capture et de fission à n_TOF (CERN)

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [DPhN/LEARN](#)

Candidature avant le 19/12/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [DUPONT Emmeric](#)

+33 1 69 08 75 53

emmeric.dupont@cea.fr

Autre lien

https://irfu.cea.fr/dphn/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_visu.php?id_ast=4210

Résumé

L'objet du stage est de réaliser les simulations numériques nécessaires à la mesure des rendements de capture et de fission du plutonium-241 auprès de l'installation n_TOF du CERN

Sujet détaillé

Le plutonium (Pu) est produit dans les réacteurs à eau actuels qui utilisent de l'uranium (U) pour combustible. Le Pu-239 est produit par capture neutronique sur U-238 puis double décroissance β (U-238(n, γ)U-239 \rightarrow Np-239 \rightarrow Pu-239). Les Pu-240 et Pu-241 sont produits par captures successives sur le Pu-239. En fin de cycle, lorsque le combustible est usé, les isotopes fissiles du plutonium (Pu-239, Pu-241) contribuent significativement à la production d'énergie. Dans le cas d'un réacteur utilisant du plutonium pour combustible la contribution du Pu-241 est importante dès le début de cycle. Le Pu-241 est mal connu en raison des difficultés inhérentes à son étude, d'une part du fait de sa courte demi-vie (~ 14 ans) et d'autre part de sa décroissance en Am-241 dont la section de capture très élevée perturbe la mesure. L'Agence pour l'Énergie Nucléaire recommande donc d'améliorer la précision des sections de capture et de fission du Pu-241.

La section de capture du Pu-241 est environ 4 fois plus faible que celle de fission dans le domaine en énergie d'intérêt. Afin de réaliser une mesure précise de la capture il faut donc développer un dispositif permettant de détecter les gammas et d'identifier ceux provenant de la fission. Dans l'expérience proposée auprès de la source de neutrons n_TOF du CERN, les gammas issus des réactions (n, γ) et (n,f) sont détectés par un calorimètre 4pi (TAC – Total Absorption Calorimeter) tandis que les événements de fission sont identifiés par une chambre à fission (CaF) contenant les échantillons de Pu-241 placée au centre du TAC. Cette mesure permettra d'améliorer la précision de la section efficace de capture tout en apportant des informations complémentaires sur la réaction de fission (gammas prompts et section efficace).

Afin de concevoir les éléments du dispositif expérimental (CaF et échantillons notamment) et de démontrer la faisabilité de la mesure il est nécessaire de réaliser des simulations numériques. Au cours du stage le/la candidat/e contribuera à la préparation de l'expérience au sein de l'équipe d'accueil. Il/Elle réalisera les simulations numériques du dispositif expérimental (TAC + Chambre à Fission + échantillons) au moyen du code Geant4 et proposera des spécifications préliminaires pour le design de la Chambre à fission et des échantillons de Pu-241.

Le stage a vocation à être suivi d'une thèse de doctorat sur le même sujet, sous réserve d'acceptation du dossier (sujet, candidat, financement...).

Mots clés

Physique nucléaire, Neutronique, Réaction nucléaire, Structure nucléaire, Données nucléaires

Compétences

Codes de transport des particules (Geant4) et d'évolution; Programmation en ROOT et C/C++; Techniques de mesures

Logiciels

Geant4, ROOT, C/C++

Numerical simulation of an experimental setup for measuring capture and fission reactions at n_TOF (CERN)

Summary

The goal of the internship is to perform the numerical simulations necessary for the measurement of the capture and fission yields of plutonium-241 at the n_TOF facility at CERN

Full description

Plutonium (Pu) is produced in current power reactors that use uranium (U) for fuel. Pu-239 is produced by neutron capture on U-238 and then double β decay ($U-238(n,\gamma)U-239 \rightarrow Np-239 \rightarrow Pu-239$). Pu-240 and Pu-241 are produced by successive captures on Pu-239. At the end of a cycle, when the fuel is spent, the fissile isotopes of plutonium (Pu-239, Pu-241) contribute significantly to energy production. In the case of a reactor using plutonium as fuel, the contribution of Pu-241 is important from the beginning of the cycle. Pu-241 is not well known because of the difficulties inherent to its study, on the one hand because of its short half-life (~14 years) and on the other hand because of its decay into Am-241 whose very high capture cross-section disturbs the measurement. The Nuclear Energy Agency therefore recommends to improve the accuracy of the capture and fission cross sections of Pu-241.

The capture cross section of Pu-241 is about 4 times smaller than the fission cross section in the energy range of interest. In order to realize an accurate measurement of the capture it is thus necessary to develop a device for the detection of gammas and the identification of those coming from the fission. In the proposed experiment at the CERN n_TOF neutron source, gammas from the (n,γ) and (n,f) reactions are detected by a 4pi calorimeter (TAC) while fission events are identified by a fission chamber (CaF) containing Pu-241 samples placed in the center of the TAC. This measurement will improve the accuracy of the capture cross section while providing additional information on the fission reaction (prompt gammas and cross section).

In order to design the elements of the detectors (CaF and samples in particular) and to demonstrate the feasibility of the measurement, it is necessary to carry out numerical simulations. During the internship, the candidate will contribute to the preparation of the experiment within the host team. The candidate will carry out numerical simulations of the experimental set-up (TAC + Fission Chamber + samples) using the Geant4 code and will propose preliminary specifications for the design of the Fission Chamber and the Pu-241 samples.

The internship is intended to be followed by a PhD thesis on the same subject, pending approval of the subject, candidate, funding, etc...

Keywords

Nuclear physics, Neutronics, Nuclear reaction, Nuclear structure, Nuclear data

Skills

Geant4 simulation code; Programmation with ROOT and C/C++ languages; Experimental techniques

Softwares

Geant4, ROOT, C/C++