

**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES DHAR EL MAHRAZ  
FES**



**AVIS DE SOUTENANCE DE THESE**

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

Mr : **LAMRABET Abdesslam**

Soutiendra : le **16/11/2019** à **09H30** Lieu : **Centre de conférences**

**une thèse intitulée :**

***Modélisation GEANT 4 d'une cible de spallation pour la transmutation des déchets radioactifs,  
Dans un système piloté par accélérateur (ADS)***

**En vue d'obtenir le Doctorat**

**FD :** Sciences des Matériaux et procédés industriels : (SMPI )

**Spécialité :** Sciences des Matériaux pour l'Energie et l'Environnement

**Devant le jury composé comme suit :**

	<b>NOM ET PRENOM</b>	<b>GRADE</b>	<b>ETABLISSEMENT</b>
<b>Président</b>	Pr. TAJMOUATI Jaouad	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
<b>Directeur de thèse</b>	Pr. MAGHNOUJ Andelmajid	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
<b>Rapporteurs</b>	Pr. EL BARDOUNI Tarek	PES	Faculté des Sciences -Tétouan
	Pr. EL MAHJOUB Chakir	PES	Faculté des Sciences - Kénitra
	Pr. DADOUCH Ahmed	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
<b>Membre</b>	Pr. EL HAJJAJI Otman	PES	Faculté des Sciences -Tétouan
<b>Invités</b>	Pr. BENIDER Abdelkader	Chef de Division ISR	Agence Marocaine de Sûreté et de Sécurité Nucléaires et Radiologiques
	Pr. BOUIH Abderrahim	Chef de l'unité GDR	Centre national de l'Energie des Sciences et Techniques Nucléaires

## **Résumé :**

Dans un contexte de recherche lié aux nouvelles options de la gestion des déchets nucléaires, le projet MEGAPIE (Expérience MEGAwatt Pilote) vient démontrer la faisabilité et la sûreté de la première source puissante de neutrons à métal liquide (PbBi). Cette source est constituée de deux composants principaux, un accélérateur de protons et une cible de spallation à métal liquide. La plupart des études neutroniques concernant cette cible ont été réalisées avec les codes Monte Carlo MCNPX et FLUKA. Dans la présente recherche, nous avons procédé à la modélisation de cette cible avec un troisième code ayant des caractéristiques particulières. Il s'agit du code Monte Carlo GEANT4 qui a le caractère d'une boîte d'outils et qui offre aux utilisateurs la possibilité de personnaliser complètement leurs applications. Nous avons dans un premier temps développé, avec GEANT4, un modèle très réaliste pour la géométrie la cible, et un profil très similaire à celui de référence pour le faisceau de protons délivré par l'accélérateur. Puis dans un deuxième temps nous avons entamé la phase de validation de notre application GEANT4. Dans cette phase nous avons démontré, en calculant plusieurs quantités (puissances déposées et flux neutroniques), la fiabilité de GEANT4 à reproduire les résultats de référence. Ensuite, nous avons procédé au calcul d'autres quantités supplémentaires liées à la productivité neutronique et protonique de la cible afin de bien comprendre le comportement de celle-ci sous l'irradiation d'un faisceau de proton rapides. Dans une dernière étape de ce travail de thèse, nous avons abordé l'impact de deux facteurs importants sur l'exactitude et la qualité des résultats de la simulation. Les facteurs d'impact étudiés sont, le seuil de production des secondaires et les modèles de spallation. En plus de l'évaluation de l'impact de ces deux facteurs, cette étude nous a permis de révéler théoriquement des informations nouvelles concernant la répartition des interactions produites dans la cible. Finalement, ce travail de thèse a permis de franchir la complexité du code GEANT4 ainsi que la complexité multiple de la cible MEGAPIE (géométrie, matériaux et faisceau de protons), et aboutir à des résultats très satisfaisants comparé à ceux de référence. D'un autre côté, les conclusions faites dans l'étude des facteurs d'impact nécessite encore d'autres études, notamment expérimentales, pour qu'elles soient confirmées.

## **Mots clés :**

Déchet radioactif, transmutation, spallation, cible MEGAPIE, simulation GEANT4, seuil de production, cut

## **GEANT4 MODELING OF A SPALLATION TARGET FOR RADIOACTIVE WASTE TRANSMUTATION IN AN ACCELERATOR DRIVEN SYSTEM (ADS)**

### **Abstract :**

In a research context related to new options for nuclear waste management, the MEGAwatt Pilote Experience (MEGAPIE) project demonstrates the feasibility and safety of the first powerful liquid metal neutron source (PbBi). This source consists of two main components, a proton accelerator and a liquid metal spallation target. Most of the neutronic studies of this target have been done with MCNPX and FLUKA Monte Carlo codes. In the present research, we have modeled this target with a third code that have particular characteristics. It is the GEANT4 Monte Carlo code, which has a toolkit character; it allows users the ability to customize their applications completely. As a first step, we have developed, with GEANT4, a very realistic model for the target geometry, and a very similar profile to that of reference for the proton beam delivered by the accelerator. Then, in a second step, we have started the validation stage of our GEANT4 application in which we have demonstrated, by calculating several quantities (deposited powers and neutron fluxes), the reliability of GEANT4 to reproduce the reference results. Then, we proceeded to the calculation of additional quantities related to the neutron and proton productivity of the target. These calculations are performed in order to better understand the behavior of the target under irradiation with a fast proton beam. In a final step of this thesis work, we have studied the impact of two important factors on the accuracy and quality of simulation results. The impact factors studied here are the production threshold of secondaryies and the spallation models. In addition to the impact evaluation of these two factors, this study has allowed us to theoretically reveal new information about the distribution of produced interactions in the target. Finally, this thesis work allowed us to overcome the complexity of the GEANT4 code as well as the multiple complexity of the MEGAPIE target (geometry, materials and proton beam), and lead to very satisfactory results compared to those of reference. On the other hand, the findings made in the study of impact factors require further studies, including experimental ones, to be confirmed.

### **Key Words:**

Radioactive waste, transmutation, spallation, MEGAPIE target, GEANT4 simulation, production threshold, cut