

Coordination de la Formation par la Recherche

Sujet de Thèse CEA "SUJET-LABO 2023"

Référence du dossier :

Pôle : DRF

N° : SL-DRF-23-0838

1 - Laboratoire d'accueil au CEA

Centre : **Saclay**

Département/Service : **IRFU / Direction d'Astrophysique**

Nom du laboratoire : **LEPCHE/Laboratoire d'Etudes des Phénomènes Cosmiques de Haute Energie**

2 - Titre du sujet de thèse

Etude et développement d'une solution hybride à base de scintillateur et dispositifs à semi-conducteur pour la détection et la discrimination des neutrons, protons et ions lourds pour des applications aéronautiques et spatiales embarquées

3 - Thématique de Recherche

Défis technologiques / Instrumentation nucléaire et métrologie des rayonnements

4 - Pièce jointe

Y a-t-il une pièce jointe associée ? **Non**

Intitulé de la pièce jointe :

5 - Résumé

Cette thèse, entièrement financée par ArianeEspace (CIFRE), a pour but de développer un détecteur qui monitorera les particules chargées lors des passages des ceintures de radiation par une fusée. En effet, actuellement aucune mesure active n'est prévue lors du passage d'une fusée Ariane dans les ceintures de radiation pour prévenir les électroniques de bord. Seul sont considérées des électroniques avec un haut taux de résistance aux radiations. Le détecteur pourrait signaler l'entrée dans les ceintures et ainsi impliquer des procédures spéciales pour la fusée. Ces détecteurs pourraient être aussi utilisés pour les missions martiennes pour envisager des procédures de sécurité lors d'un début d'éruption solaire en cours de voyage (mise en confinement de l'équipage, arrêt de certaines électroniques critiques, ...). Le candidat devra déterminer le meilleur design de détecteur du fait des contraintes liées à la fusée et à l'environnement spatial et construire un premier prototype qui sera testé en accélérateur de particules.

6 - Exposé du sujet

Ci-joint un plan de la thèse en trois phases :

1/Contexte et état de l'art

1.1/ Présentation des environnements radiatifs

1.1.1/ Environnements radiatifs spatiaux

1.1.1.1/Météo solaire et autres sources de rayonnement

1.1.1.2/Revue des modèles existants et définition d'un modèle de référence

1.1.2/ Environnements radiatifs atmosphériques

1.1.2.1/Interaction rayonnement/atmosphère

1.1.2.2/Revue des modèles existants et définition d'un modèle de référence

1.2/ Impact des rayonnements sur les systèmes

1.1.1/ Généralités IRM

1.1.2/ Effets sur l'électronique

1.3/ Revue des techniques de détection de l'état de l'art

1.3.1/Généralités détection particules chargées/neutrons

1.3.2/Point spécifique de l'état de l'art scintillateur

1.3.2.1/Interaction et scintillation

Particules chargées

Aspects spécifiques neutrons (lents, rapides)

- Avantages : bonne section efficace sur les neutrons intermédiaires & rapides avec les scintillateurs organiques hydrogénés, temps de réponse rapide (ns), modulable (géométrie du milieu scintillant, interface avec le photomultiplicateur), capacité de discrimination

- Inconvénients :

- o détection indirecte et dépôt partiel d'énergie pour les neutrons, dépendant de la température (au niveau du PM), potentiellement fragile (selon le matériau utilisé) ;

- o pas adapté à la détections des ions lourds ;

- o scintillateurs neutrons mal adaptés aux particules chargées, en particulier à haute énergie (d'autres matériaux scintillants sont utilisés pour ces particules)

1.3.2.1/Détection de la scintillation

- photomultiplicateurs

- photodiodes

- SiPM

- guides optiques, WLS

1.3.3/ Point spécifique de l'état de l'art semi-conducteur

- Avantages : capacité d'intégration,

- Inconvénients :

- o détection indirecte, et section efficace faible (perte de l'information en énergie si interface de thermalisation pour augmenter la Xs) pour les neutrons

1.3.4/ Intérêt d'une approche hybride

2/Etude par simulation GEANT4 d'une solution hybride à base de scintillateurs et semi-conducteurs.

2.1/ Modèles d'environnement retenus

2.1.1/ Modèle atmosphérique

2.1.1.1\Neutrons

2.1.1.1\Protons

2.2/ Définition des cas de simulation sur des structures de bases

2.2.1/Modèles de simulation retenu pour GEANT4

2.2.2/Géométrie des détecteurs

Définition de la géométrie maximale acceptable en fonction d'hypothèses sur les contraintes d'intégration

2.2.3/Cas de simulation scintillateurs

2.1.3.1\Simulations paramétriques pour le choix du matériau par rapport au spectre de particules

Matériau existant ou matériau « maison »

2.1.3.2\Simulations paramétriques de l'impact de la géométrie du volume sensible et de l'interface optique (avec le PM) sur l'efficacité de détection

2.1.3.3\Simulation paramétriques pour le choix du photomultiplicateur

2.2.4/Cas de simulation semi-conducteur

2.1.4.1\Simulations paramétriques sur le choix du composant électronique par rapport au spectre de particules

2.2/ Fusion de données & étude d'une solution hybride

2.2.1/Etude croisée des apports relatifs des détections à base semi-conducteurs et à base de scintillateur

2.2.2/ Définition du besoin de traitement numérique pour la fusion de données

2.2.3/Proposition d'une solution de détection hybride et étude par simulation

3/Faisabilité expérimentale et développement d'un prototype

3.2/Etude détaillée des contraintes pour l'embarqué

Encombrement

Bilan de puissance

Fiabilité

....

3.2/Etude expérimentale de la faisabilité de la solution de scintillateur retenue à l'issue de la phase de simulation

3.3/Développement de la partie à base de composants semi-conducteur

3.4/Développement de la partie de traitement numérique pour la fusion de données

3.5/Validations expérimentales des briques de prototypes

3.6/Validations expérimentales de la solution hybride

7 - Collaborations (éventuelles) prévues

8 - Partenariat(s) industriels prévu(s) (éventuellement)

Laboratoire :

Organisme : **Nuclétudes**

Responsable : **Miller Florent**

Raison de la collaboration :

Cette thèse est en collaboration avec la société Nuclétudes, filiale d'ArianeEspace et spécialiste des recherches sur les effets des radiations spatiales sur les composants. ArianeEspace finance le contrat de thèse?

Duree : **36**

9 - Correspondant chargé du suivi de la thèse au CEA

Nom: **LAURENT**

Prénom: **Philippe**

Adresse : **CEA/Saclay**

Téléphone **01 69 08 61 40**

@mail: **philippe.laurent@cea.fr**

Habilitation à diriger des recherches :

Oui

Organisme de rattachement : **CEA**

Combien de thèses avez-vous déjà

5

Combien de doctorants encadrerez-vous durant l'année universitaire 2023/2024 ? **1**

10 - Directeur de thèse

Nom: **LAURENT**

Prénom: **Philippe**

Adresse : **CEA/Saclay**

Téléphone: **01 69 08 61 40**

@mail: **philippe.laurent@cea.fr**

Habilitation à diriger des recherches :

Oui

Organisme de rattachement : **CEA**

Combien de thèses avez-vous déjà encadrées

5

Combien de doctorants encadrerez-vous durant l'année universitaire 2023/2024 ? **1**

11 - Signatures :

Correspondant chargé du suivi de la thèse au CEA

Date : /././././

Philippe LAURENT

Signature :

Directeur de Thèse (lorsqu'il est identifié)

Date : /././././

Philippe LAURENT

Signature :

Chef de Département CEA (ou son représentant)

Date : /././././

Anne-Isabelle ETIENVRE

Signature :

Directeur du Pôle CEA (ou son représentant)

Date : /././././

Elsa CORTIJO

Signature :

12 - Avis du Responsable de l'Ecole Doctorale :

Science de la Terre et de l'Environnement et Physique de l'Univers Paris (STEPUP)

Nom du Responsable :

Date : /././././

Signature :

Avis : Favorable Défavorable

Avis circonstancié :