



**Laboratoire PROMES-CNRS**  
Tecnosud, Rambla de la thermodynamique  
66 100 Perpignan, France  
<https://www.promes.cnrs.fr/>



Sujet de thèse

## **Optimisation d'une fibre optique dédiée à la mesure répartie de radiations ionisantes**

**Directeur de thèse** : Bernard Claudet, Professeur des Universités, [claudet@univ-perp.fr](mailto:claudet@univ-perp.fr)

**Co-directeur** : Matthieu Caussanel, Maître de Conférences, [matthieu.caussanel@univ-perp.fr](mailto:matthieu.caussanel@univ-perp.fr)

**Mots-clés** : fibre optique, rayonnements ionisants, irradiation, instrumentation, réflectométrie, programmation scientifique.

### **Modalité d'encadrement, de suivi de la formation et d'avancement des recherches du doctorant**

Le doctorant sera accueilli au sein de l'équipe COSMIC (Commande des Systèmes, Instrumentation, Caractérisation) du laboratoire PROMES (UPR CNRS 8521). PROMES est rattaché à l'INSIS (Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes) et conventionné avec l'Université de Perpignan Via Domitia (UPVD). Un comité de suivi individuel (CSI) vérifiera chaque année la bonne avancée des travaux et autorisera la réinscription du doctorant. Ce dernier complètera sa formation grâce aux différents modules proposés par l'école doctorale ED 305 « Énergie et environnement ».

### **Présentation détaillée du projet doctoral**

Le projet doctoral s'inscrit dans le cadre du projet DROÏD (Distributed Optical Fiber Dosimeter), financé depuis novembre 2013 par le PIA (Programme d'Investissement d'Avenir) RSNR (Recherche en Sûreté Nucléaire et Radioprotection). Son objectif est le développement d'un capteur linéaire réparti permettant d'effectuer une mesure de dose de radiation sur la totalité de la longueur d'une fibre optique avec une résolution spatiale métrique. La technologie employée est la réflectométrie optique, utilisée pour mesurer l'atténuation induite par les radiations dans la fibre (ou ARI, pour « atténuation radio-induite »). À ce jour, il n'existe pas de dosimètre linéaire (1D) réparti commercial et ce système viendra combler un manque entre les capteurs ponctuels déjà existants (0D) et la gamma caméra (2D). De nombreuses applications ont été identifiées en milieu nucléaire.

DROÏD a abouti au développement d'une fibre optique avec une sensibilité aux radiations record de 0,4 dB/Gy.m à une longueur d'onde de 850 nm. Ce record a été obtenu sans aucune optimisation de la composition chimique de la fibre, ni de ses paramètres optogéométriques (ouverture numérique, diamètre du cœur). L'objectif de la thèse de réaliser cette optimisation afin d'augmenter encore la sensibilité aux radiations de la fibre tout en optimisant la lecture de son atténuation par réflectométrie. Le doctorant participera à la définition des plans d'expériences pour la fabrication des échantillons, à l'évolution du banc de caractérisation des fibres, à la réalisation des caractérisations sous irradiations et à l'analyse des résultats obtenus. Le dosimètre à fibre réparti se compose de trois éléments : le capteur à fibre, l'interrogateur du capteur et le modèle du capteur sous radiations. Le capteur à fibre est l'objet de cette thèse. Les deux autres éléments font également l'objet de deux autres thèses. Les trois doctorants seront amenés à interagir et à travailler en équipe afin de développer un démonstrateur du dosimètre.

## **Objectif**

L'objectif du projet doctoral est de contribuer au développement d'un capteur de radiation réparti de nouvelle génération. Suite à des échanges avec EDF R&D, ce système de suivi dosimétrique trouve de nombreuses applications au sein d'une centrale nucléaire pour la production d'énergie électrique : (1) en tant que chaîne fixe de surveillance des rayonnements dans les installations (pourtour du bâtiment réacteur) (2) en tant que système et réseau de surveillance de la radioactivité dans l'air, l'eau (piscine de désactivation et stockage de combustible) et les sols (enterrement aisé des fibres) (3) pour la mesure de niveau de réservoirs contenant des produits radioactifs (4) pour la surveillance de dépôts de points chauds dans certains circuits identifiés et (5) pour la localisation d'une source bloquée dans la gaine d'un gammagraphe.

## **Contexte**

À ce jour, dans les milieux du nucléaire et de la physique des hautes énergies, les relevés de dose de radiation sont réalisés par des mesures ponctuelles (0D, compteur Geiger-Müller, dosimètres à semi-conducteurs...) ou bien surfaciques (2D, imagerie gamma ou alpha). Pour des environnements qui présentent des risques électriques ou difficiles d'accès (réacteur nucléaire, conduits étroits avec de faibles rayons de courbure), l'utilisation de ces technologies est problématique (compatibilité électromagnétique, miniaturisation de l'électronique, faible rapport signal à bruit imposé par la distance). À cette fin, les fibres optiques offrent des avantages indéniables : une isolation galvanique parfaite, une immunité aux perturbations électromagnétiques, des dimensions et un poids réduits, une grande fiabilité et une facilité d'intégration. Aucun produit commercial ne permet à la fois la mesure et la localisation d'un dépôt de dose le long d'un objet linéaire. Ces deux opérations peuvent être réalisées en interrogeant une fibre optique à l'aide d'un réflectomètre optique. La capacité à localiser un phénomène physique d'intérêt est déjà utilisée dans des capteurs commerciaux de température ou de contraintes. Le travail proposé dans le cadre de ce projet doctoral va contribuer au développement d'un capteur de radiation réparti de nouvelle génération.

## **Résultats attendus**

- Optimisation du capteur à fibre optique (augmentation de sa sensibilité aux radiations, perfectionnement de la lecture de son atténuation par réflectométrie).
- Participation à la mise au point d'un démonstrateur du dosimètre.

## **Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche**

Le projet de recherche s'inscrit dans le cadre du projet DROÏD financé depuis novembre 2013 par le PIA (Programme d'Investissement d'Avenir) RSNR (Recherche en Sûreté Nucléaire et Radioprotection). La phase 1 du projet s'est achevée en 2018 ; la phase 2 a débuté en 2019 pour se terminer en 2022. Le banc de caractérisation des fibres est présent au laboratoire PROMES. Du matériel (spectromètre, source de lumière W-Ha) sera acheté afin de le faire évoluer pour qu'il réponde aux besoins du projet. Les fibres optiques seront fabriquées par le laboratoire INPHYNI, Nice, partenaire du projet. Le financement nécessaire à la réalisation des expériences d'irradiation est déjà obtenu.

## **Salaire mensuel**

Le doctorant sera recruté dans le cadre d'un contrat doctoral qui fixe la rémunération à 2135 euros bruts mensuels.

## **Ouverture internationale**

En France comme à l'étranger, tous les acteurs du milieu nucléaire et de la physique des hautes énergies sont susceptibles d'être intéressés par le développement entrepris lors du projet DROÏD (PIA RSNR) et poursuivi par l'intermédiaire du présent projet doctoral.

## Collaborations envisagées

Le département R&D d'EDF et le CEA ont manifesté leur intérêt quant à la technologie développée. Ainsi, de nouvelles collaborations ayant pour objet le test en environnement opérationnel du démonstrateur sont envisagées.

## Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant

Il est raisonnable d'imaginer publier dans des revues internationales à comité de lecture au moins un article présentant les travaux entrepris pour optimiser la fibre optique afin d'augmenter sa sensibilité aux radiations et de faciliter son interrogation par réflectométrie. La participation du doctorant à des congrès scientifiques nationaux et internationaux sera encouragée.

## Profil et compétences recherchées

Le profil recherché est celui d'un titulaire d'un master ou d'un diplôme d'ingénieur dans les domaines de l'optoélectronique et de la photonique.

Les compétences de premier plan recherchées sont l'instrumentation, la fibre optique et l'optoélectronique. La compétence de second plan est la programmation scientifique (Matlab, LabView, C++).

## Références bibliographiques

- [1] G. Beauvois, M. Caussanel, J.-F. Lupi, M. Ude, S. Trzesien, B. Dussardier, H. Duval, S. Grieu, and W. Blanc, *Caractérisation de fibres optiques sous irradiation gamma : influence du thulium, de l'aluminium, du lanthane et du cérium*, in JNOG 2017, Limoges, France, pp. 242-244, July 4-6, 2017.
- [2] P. Stajanca, and K. Krebber, *Radiation-Induced Attenuation of Perfluorinated Polymer Optical Fibers for Radiation Monitoring*, *Sensors*, vol. 17, no. 9, pp. 1959, 2017.
- [3] G. Beauvois, M. Caussanel, J.-F. Lupi, M. Ude, S. Trzesien, B. Dussardier, H. Duval, and S. Grieu, *Presentation and Preliminary Results of DROÏD Project: Development of a Distributed Optical Fibre Dosimeter*, in 11th International Symposium on SiO<sub>2</sub>, Advanced Dielectrics and Related Devices, Nice, France, pp. 74-75, June 13-15, 2016.
- [4] G. Beauvois, M. Caussanel, J.-F. Lupi, M. Ude, S. Trzesien, B. Dussardier, H. Duval, and S. Grieu, *Projet DROÏD : Développement d'un dosimètre distribué à fibre optique*, in FMR 2016 | 7<sup>es</sup> journées sur les Fibres Optiques en Milieu Radiatifs, Chatenay-Malabry, France, pp. 6, 12-13 décembre 2016.
- [5] H. Henschel, M. Körfer, J. Kuhnenn, U. Weinand, and F. Wulf, *Fibre optic radiation sensor systems for particle accelerators*, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*, vol. 526, no. 3, pp. 537-550, 2004.
- [6] R. Hille, H. Bueker, and F. W. Haesing, *Glass fibers as radiation detectors*, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, vol. 299, no. 1-3, pp. 217-221, 1990.