

CERTYF

Effets Combinés des Radiations, de la Température, et de l'hydrogène sur les Fibres optiques et matériaux à base de silice

Projet accompagné par l'Andra dans le cadre du programme « Nucléaire de Demain » des Investissements d'avenir - Sélectionné lors de l'appel à projets Andra « Optimisation de la gestion des déchets radioactifs de démantèlement », organisé en coopération avec l'ANR.

Durée : 48 mois

Démarrage du projet :
11/2017

Montant total projet :
2,6 M€

**Dont aide du programme
Investissements d'Avenir :**
0,6 M€

Forme de l'aide : Subvention

Localisations :

Saint-Étienne (Loire, 42),
Nice (Alpes Maritimes, 06),
Gif-sur-Yvette (Essonne, 91)

Coordinateur : Laboratoire
Hubert Curien, UMR-CNRS 5516,
Université de Lyon, Université
de Saint-Étienne

Partenaires :

- Laboratoire Hubert Curien, UMR-CNRS 5516, Université de Lyon, Université de Saint-Étienne
- Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire - IRSN
- Institut de physique de Nice (INPHYNI)

Contact : Sylvain GIRARD,
sylvain.girard@univ-st-etienne.fr

CONTEXTE

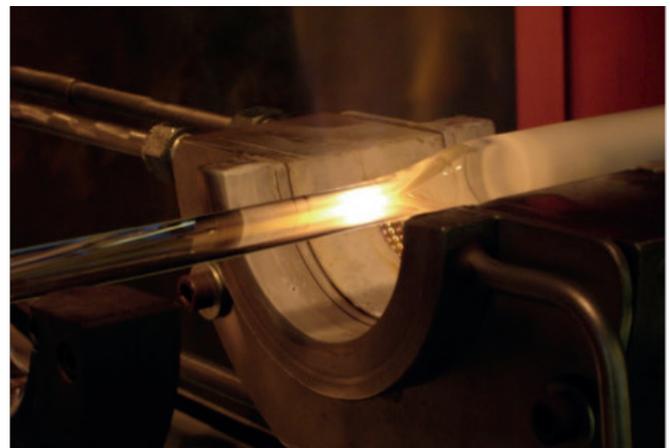
Les fibres optiques sont des filaments en verre de silice ou en plastique se comportant comme des guides d'onde pour la lumière, en particulier visible et proche infrarouge. Cette propriété peut être mise à profit pour la transmission d'information. La modification du signal transmis par la fibre optique sous l'effet de son environnement peut également être utilisée pour réaliser des mesures (capteurs à fibres optiques).

Les fibres optiques, et les capteurs à fibres optiques, sont aujourd'hui de plus en plus considérés en vue de leur intégration au sein d'installations associées à des conditions d'environnement sévères : haute température, niveaux de radiations, présence de certains gaz (hydrogène par exemple). C'est le cas notamment dans les domaines du nucléaire, de l'espace, ou de la physique des hautes énergies.

Considérée individuellement, chacune de ces contraintes environnementales est connue pour dégrader la réponse macroscopique des fibres optiques (modification des propriétés structurales et optiques de la silice utilisée pour leur fabrication), et donc le signal transmis. Ensemble, leurs effets se combinent, rendant particulièrement ardue la

compréhension des mécanismes de dégradation et donc leur modélisation en vue de leur extrapolation ou du développement de modèles prédictifs. D'un point de vue expérimental, les conditions de tests doivent en conséquence s'approcher au mieux de l'environnement visé, ce qui est très difficile lorsque le profil d'emploi s'étale sur plusieurs décennies. C'est le cas notamment pour Cigéo, projet français de centre de stockage souterrain des déchets radioactifs, où des systèmes de mesure à fibres optiques sont prévus pour être utilisés pour la surveillance de l'installation.

Afin d'accompagner le déploiement de ces nouvelles technologies au sein de tels environnements complexes, une meilleure compréhension fondamentale des mécanismes induits par ces contraintes environnementales apparaît indispensable. Cela implique de travailler aux différentes échelles (matériau, composant, système) mises en jeu lors de l'exposition de fibres optiques ou matériaux silicatés aux effets combinés de la température, des radiations et de l'hydrogène. Les connaissances acquises seront très utiles, afin d'être à même d'émettre des recommandations sur leur procédure de qualification.



► Fig. 1. Plateforme de fabrication de fibres optiques du laboratoire INPHYNI



► Fig.2. Installation IRMA (60Co) de l'IRSN permettant de tester le comportement des fibres optiques sous irradiation

OBJECTIFS

CERTYF est un projet de recherche fondamentale dont l'objectif est d'améliorer la compréhension des mécanismes de base régissant la dégradation des fibres optiques (pertes de certaines propriétés optiques via le phénomène d'atténuation induite par irradiation [RIA]) dans des environnements complexes combinant les contraintes suivantes : température (ambiante - 300°C), radiations (jusqu'à des doses de l'ordre du MGy) et hydrogène (jusqu'à saturation de la fibre en gaz). Afin d'atteindre cet objectif, plusieurs défis seront à relever par les partenaires :

- disposer d'échantillons représentatifs de différentes classes de fibres (télécommunications, dosimètre ou tolérantes aux radiations), parfaitement connus et maîtrisés. Ceci sera rendu possible par la plateforme de fabrication du laboratoire Inphyni (Fig.1) ;
- définir un plan d'expériences à réaliser sur des échantillons représentatifs en faisant varier les différents paramètres puis en caractérisant leurs effets couplés sur l'évolution de la RIA. Pour cela, des expérimentations sous irradiation X et gamma seront menées respectivement au Laboratoire Hubert Curien et à l'IRSN (Fig.2) ;
- identifier les défauts ponctuels générés dans la fibre optique en combinant différentes techniques spectroscopiques telles que la spectroscopie d'absorption, la microscopie confocale, ou la cathodoluminescence (Fig.3) ;
- bâtir un modèle physique multi-variable, multi-échelle permettant de reproduire les cinétiques d'évolution de la RIA en fonction des paramètres d'étude, appliqués individuellement ou simultanément.

DÉROULEMENT

Le projet CERTYF se déroule sur quatre ans et est divisé en deux phases de 24 mois chacune. La première phase sera exploratoire, dédiée à une étude systématique des paramètres influant sur la RIA pour différentes catégories de fibres optiques, afin d'établir une première version de modèles physiques prédictifs du comportement des fibres optiques. La seconde partie du projet aura pour objectif de consolider ces modèles et d'établir des recommandations pour l'intégration de fibres ou capteurs à fibres optiques dans des environnements complexes.

RÉSULTATS ATTENDUS

Innovation

Les modèles physiques qui seront développés dans le cadre de CERTYF permettront de quantifier la vulnérabilité d'une fibre optique ou d'un capteur à fibre optique pour une application donnée soumise à un environnement complexe. Ils permettront également d'orienter les études de tenue à l'irradiation (durcissement) en vue d'augmenter la résistance des fibres optiques.

Impact économique

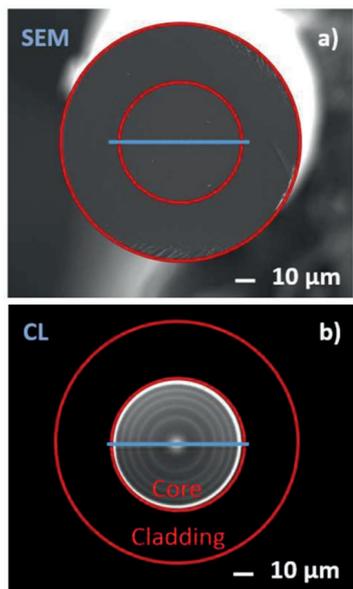
Les connaissances fondamentales acquises durant CERTYF permettront d'accélérer l'intégration inéluctable des fibres optiques au sein des installations associées à des environnements radiatifs complexes. Les avantages intrinsèques à ces solutions tels qu'un faible coût, la possibilité de multiplexage et de réalisation de capteurs distribués permettront le développement de nouvelles générations de capteurs, systèmes d'information plus performants et plus résistants aux radiations.

Impact pour la gestion des déchets radioactifs

Grâce à sa grande bande passante, ses dimensions réduites et sa bonne tenue aux radiations, la fibre optique permet d'obtenir simultanément une amélioration des performances par rapport aux technologies concurrentes de capteurs ou de transfert de données tout en réduisant le volume et le poids des systèmes associés à ces applications. Elle est en particulier envisagée pour fournir des mesures de déformations et de température le long des alvéoles de stockage de déchets de haute activité, pour déduire les évolutions des jeux de manutention lors de la phase d'exploitation.

Application et valorisation

Les savoir et savoir-faire acquis dans le cadre de CERTYF seront transposables à d'autres problématiques que la gestion des déchets radioactifs. En effet de nombreux environnements sévères associent les paramètres étudiés, notamment dans les domaines de l'industrie pétrolière, le spatial, le nucléaire, la physique des hautes énergies et les installations dédiées à l'étude de la fusion (Laser Mégajoule, ITER).



► Fig.3. Distribution spatiale des défauts ponctuels dans une fibre multimode : a) image de la fibre par microscopie électronique à balayage (SEM) ; b) localisation par cathodoluminescence (CL) des défauts luminescents dans cette fibre optique.