

OFFRE DE THESE

Sujet : Mesure haute température en environnement irradié par fibre optique utilisant l'effet Raman

EDF R&D, en collaboration avec Université de Saint Etienne Jean Monet

Contexte et enjeux

Les mesures réparties par fibre optiques permettent, selon la technologie utilisée, d'obtenir des profils de température et de déformation le long des fibres avec une résolution spatiale sub-métrique et pour des portées pouvant atteindre plusieurs kilomètres. Le très grand nombre de points de mesure fournis permet l'auscultation et la surveillance d'ouvrage et de matériel sur de grands linéaires. Ces technologies sont aujourd'hui largement répandues dans les domaines pétroliers, du génie civil, de la surveillance d'incendie et des câbles haute tension.

EDF R&D travaille depuis une dizaine d'année sur la qualification de chaînes de mesure de température par fibre optique utilisant des interrogateurs Raman. Des méthodes et outils d'analyse ont été développés et transférés à l'ingénierie pour des applications en milieu industriel dans le domaine de l'Hydraulique (barrage et digues).

Aujourd'hui, des potentialités d'utilisation d'une mesure répartie de température par fibre optique dans le domaine du Nucléaire ont émergé suite à l'amélioration de la résolution spatiale des interrogateurs Raman. Si l'expérience acquise dans l'hydraulique procure de bonnes bases, il existe néanmoins des verrous scientifiques et techniques spécifiques à l'utilisation d'une chaîne de mesure d'un capteur à fibre optique dans l'environnement sévère qui règne dans un bâtiment réacteur de centrale nucléaire, en particulier vis-à-vis des haute température et de l'environnement dosant.

Les objectifs de cette thèse sont de déterminer les paramètres influant sur une mesure de température par effet Raman dans un environnement soumis aux hautes températures et aux irradiations, de définir le système de mesure (type de câble optique, gainage etc.) à employer dans ce milieu et de proposer une méthode pour calibrer l'interrogateur. Le but ultime de cette thèse est de proposer une chaîne de mesure de température par fibre optique aux performances démontrées en environnement sévère pendant plusieurs années, de la maîtrise des paramètres influents à la mise en œuvre en passant par une évaluation des incertitudes associées.

Travaux antérieurs

L'utilisation d'un interrogateur Raman haute résolution spatiale (25 cm) est la solution envisagée à l'heure actuelle pour obtenir des mesures réparties de température sur de gros composants (tuyauteries, générateur de vapeurs, cuve) de centrales nucléaires ou thermiques. En effet une haute résolution spatiale permet d'envisager la mesure de stratification thermique ou encore la caractérisation de front de vortex dans des bras morts pour connaître précisément la fatigue thermique subie par la tuyauterie, dans le cadre de la prolongation de durée de vie des CNPE. Ce besoin industriel nécessite généralement un grand nombre de points de mesure ponctuels (fonction typiquement remplie par des thermocouples) et la fibre optique remplit ce rôle en employant un seul câble, peu intrusif. Les interrogateurs actuels mesurent le rapport d'intensité des pics Stokes et anti-Stokes. La température est déduite de cette mesure, mais ce calcul est directement impacté par les atténuations de ces signaux le long de la fibre optique.

Des évaluations métrologiques d'interrogateurs Raman ont eu lieu par le passé et ont nécessité le développement de bancs d'essai [1]. Ces travaux ont permis de comprendre en première approche les limites de fonctionnement des interrogateurs pour des fibres optiques standards en environnement non sévère.

Des travaux sont actuellement menés à EDF sur la tenue à haute température de câbles prototypes ainsi que sur leur mise en œuvre en milieu industriel. Les problématiques de packaging des câbles spéciaux, de leur maintien sur les composants ainsi que la métrologie associée sont à l'étude.

Quelques études ont été suivies par EDF R&D concernant l'irradiation de réseaux de Bragg.

D'autres études, menées notamment par l'ANDRA [2][3] en partenariat avec l'université de Saint-Etienne et le CEA, portent sur la tenue des capteurs à fibres optiques irradiés mais pour des températures plus faibles (inférieures à 100°C).

En revanche, il n'existe pas à notre connaissance de solutions prenant en compte la problématique à laquelle EDF est confronté : mesure de hautes températures en environnement irradiant.

Approche envisagée

Les verrous identifiés concernent à la fois le câble à fibre optique et l'interrogateur pour une gamme de température de 20°C-600°C (applications aux REP, Thermique à Flamme, réacteur sodium...) et sous irradiation.

Concernant le câble à fibre optique, sa tenue dans le temps est dépendante des conditions en haute température et irradiation rencontrées. Le vieillissement sous irradiation d'une fibre optique, ayant pour conséquence l'atténuation du signal transmis, sera à étudier en effectuant des comparaisons entre fibres dites classiques (fibres Telecom standard) et fibres spéciales (fibres durcies). D'autres paramètres d'influence sur la mesure sont également identifiés : paramètres de fabrication de la fibre (diamètre de cœur, de cladding), coating, tubing, mise en œuvre/installation (courbure, points de fixation), cyclage thermique.

Concernant l'interrogateur, le principe de mesure devra être assimilé en utilisant les données brutes issues de l'appareil (rapport des ondes Stokes et Anti-Stokes) pour calculer un profil de température. L'influence de l'atténuation générée dans la fibre due à différentes causes (irradiations, connecteurs, soudures, poinçonnement) devra être étudiée afin de proposer une méthode pour décorrélérer la température de l'atténuation. Les paramètres de calibrage de l'interrogateur devront être étudiés afin d'être optimisés et associés à une méthode de calibration qui pourra varier selon les conditions de mises en œuvre rencontrées. L'étude portera également sur l'influence d'une variation importante de la température mesurée vis à vis d'un calibrage effectué à une température très différente (>150 °C) (i.e la linéarité du capteur sur une large gamme de mesure) ou encore l'impact d'un saut de température important le long de la fibre sur la précision du profil de température mesurée.

Les aspects dynamiques de la mesure devront être aussi étudiés.

L'association d'une démarche par modélisation simple et d'une approche expérimentale est à envisager en vue de caractériser métrologiquement le système de mesure. Des moyens d'essais seront donc à utiliser ou à développer en fonction des avancées de la thèse.

L'étendue du travail scientifique à conduire est vaste et les champs disciplinaires concernés touchent à la physique, à l'optique, à la métrologie, à la modélisation numérique et au traitement de données. Le candidat devra présenter un profil opticien, physicien avec un goût prononcé pour l'expérimental.

Références

[1] S. Blairon & al "Evaluation d'interrogateurs fibre optique pour la mesure de température"

[2] X. Pheron, Y. Ouerdane, S. Girard, C. Marcandella, S. Delepine-Lesoille, J. Bertrand, F. Taillade, E. Merliot, Y. Sikali Mamdem et A. Boukenter. In situ radiation influence on strain measurement performed by Brillouin sensors. 21th International Conference on Optical Fiber Sensors, Mai 2011

[3] Xavier Phéron, Sylvain Girard, Aziz Boukenter, Benoit Brichard, Sylvie Delepine-Lesoille, Johan Bertrand, Youcef Ouerdane. High γ -ray dose radiation effects on the performances of Brillouin scattering based optical fiber sensors. Optics express, Novembre 2012

Lieu

Les travaux du doctorant seront principalement réalisés sur site d'EDF R&D de Chatou (78).

Durée

3 ans en contrat CIFRE

Contacts

Sylvain Blairon	EDF R&D Chatou :	01 30 87 85 16	sylvain.blairon@edf.fr
Gautier Moreau	EDF R&D Chatou :	01 30 87 84 84	gautier.moreau@edf.fr
Frédéric Taillade	EDF R&D Chatou :	01 30 87 85 43	frederic.taillade@edf.fr
Sylvain GIRARD	Université Saint Etienne :		sylvain.girard@univ-st-etienne.fr