

Offre de Doctorat/PhD (H/F)

Effet du soufre et du plomb sur la corrosion sous contrainte de tubes de tubes de générateur de vapeur en alliage 690 : mécanismes de transport des espèces polluantes

Lieu : laboratoire CIRIMAT , Toulouse - France

Durée du contrat et date de début souhaitée : 36 mois , 01/10/2026

Salaire et employeur : 2450 € Brut / mois - Thèse ASNR

Contacts : Lydia Laffont, Lydia.Laffont@ensiacet.fr - Lydia Laffont, Lydia.Laffont@ensiacet.fr

Description du projet

Dans le cadre des évaluations de sûreté de centrales nucléaires, il est nécessaire d'identifier l'effet des polluants tels que le Pb et le S sur la dégradation des tubes de générateurs de vapeur (GV) en alliage base nickel 690TT ainsi que sur les manchons en alliage 800. Pour un fonctionnement en toute sûreté, il est primordial de connaître et limiter toutes les sources possibles de fissuration de ces tubes. C'est dans ce contexte que se place ce sujet de thèse en s'intéressant à l'une des sources de fissuration des tubes de GV : le phénomène de corrosion sous contrainte (CSC) en présence de polluants tels que le Pb et le S en paroi externe des tubes de GV. À la suite des travaux d'une précédente thèse ASNR-CIRIMAT (Estelle Lagardère, 2025), il est nécessaire de connaître sous quelle forme le plomb et le soufre entraînent l'endommagement des tubes de GV en alliage 690TT. Des essais seront nécessaires afin d'identifier le mécanisme de transport de ses deux polluants les plus néfastes le long des fissures de corrosion sous contrainte. Ces différentes données permettront de proposer un modèle physico-chimique de l'effet du plomb et du soufre sur le mécanisme d'endommagement.

Progresser significativement sur la compréhension des modes de dégradation des tubes dans les conditions de fonctionnement requiert d'obtenir des données pertinentes à l'échelle de l'étude pouvant aller du micromètre au nanomètre. Des techniques d'analyse fine utilisant la microscopie électronique en transmission (MET) combinée à la spectroscopie de dispersion en énergie des rayons X (EDS) et la spectroscopie de pertes d'énergie des électrons (EELS) permettront de détecter, localiser et quantifier les polluants dans la couche d'oxyde et à l'interface oxyde/métal tout au long de la fissure de CSC. L'utilisation d'isotopes de Pb et S permettra de proposer des mécanismes de transport des polluants depuis le milieu jusqu'au sein des fissures.

Ces différentes données permettront de proposer un modèle physico-chimique de l'effet du plomb et du soufre sur le mécanisme d'endommagement des tubes de GV (et des manchons) en milieu secondaire.

Ce travail fait l'objet d'un partenariat entre l'ASNR, le laboratoire CNRS du CIRIMAT de Toulouse et le laboratoire nucléaire canadien (CNL), entités à forte implication et compétences scientifiques et industrielles dans cette thématique.

En termes de calendrier, les essais de corrosion se dérouleront durant la première année de thèse et se traduiront par la présence pendant quelques semaines du doctorant dans le laboratoire de CNL.

Des participations à des congrès internationaux et la rédaction de publications sont prévus.

Les travaux relatifs à cette thèse seront réalisés dans les locaux du CIRIMAT, sous la direction de Lydia Laffont, et co-encadrés par Ian de Curières de l'ASNR et Nicolas Huin de CNL. Il s'agit ici d'une thèse ASNR. Des déplacements de le(la) doctorante seront prévus à l'ASNR et à CNL au cours de la thèse.

Contexte du projet

Le CIRIMAT compte environ 240 personnes dont un peu plus de 100 permanents.

Il mène des recherches pluridisciplinaires sur les grandes familles de matériaux (métaux, alliages, céramiques, polymères, composites, multimatériaux) sous forme de poudres, films minces, revêtements, pièces massives, depuis leur conception jusqu'à leur comportement en service.

Ces recherches, fondamentales et appliquées, s'inscrivent dans le cadre de problématiques à fort impact industriel et sociétal

(aéronautique, spatial, énergie, santé.).

Profil recherché

Le(la) candidat(e) devra posséder de solides connaissances en Sciences des Matériaux. Des compétences en métallurgie et en caractérisations microscopiques constituent aussi un prérequis. La personne recrutée devra également apprécier l'expérimentation et le travail en équipe.

Modalités de candidature

Date limite pour postuler : 13/04/2026

Les candidatures (CV + lettre de motivation) sont à adresser à : Lydia Laffont (CIRIMAT) – lydia.laffont@ensiacet.fr
Ian de Curières (ASNR) – ian.decurieres@asnr.fr

Doctorat/PhD offer (M/F)

Effect of sulfur and lead on the stress corrosion cracking of 690 alloy steam generator tubes: transport mechanisms of pollutant species

Location : CIRIMAT laboratory , Toulouse - France

Contract duration and starting date : 36 months , 01/10/2026

Salary and employer : 2450 € Brut / mois - Thèse ASNR

Contacts : Lydia Laffont, Lydia.Laffont@ensiacet.fr - Lydia Laffont, Lydia.Laffont@ensiacet.fr

Project description

As part of safety assessments for nuclear power plant, it is necessary to identify the effect of pollutants such as Pb and S on the degradation of nickel-based alloy 690TT steam generator (SG) tubes and alloy 800 sleeves. To ensure operational safety, it is essential to identify and limit all possible sources of cracking in these tubes. This is the context for the subject of this thesis, which focuses on one of the sources of cracking in SG tubes: the phenomenon of stress corrosion cracking (SCC) in the presence of pollutants such as Pb and S on the outer wall of SG tubes.

Continuing the work of a previous ASNR-CIRIMAT thesis (Estelle Lagardère, 2025), it is necessary to understand how lead and sulphur cause damage to 690TT alloy SG tubes. Tests will be necessary to identify the transport mechanism of these two most harmful pollutants along stress corrosion cracks. These various data will enable us to propose a physicochemical model of the effect of lead and sulphur on the damage mechanism.

To make significant progress in understanding the degradation modes during the solicitation of the tubes, it is necessary to obtain relevant data at the scale of the study, which can range from micrometer to nanometer. Fine analysis techniques using transmission electron microscopy (TEM) combined with energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX) and electron energy loss spectroscopy (EELS) will allow detection, localization and quantification of contaminants in the oxide layer and at the oxide/metal interface along the cracks of the SCC.

The use of Pb and S isotopes will enable the proposal of mechanisms for the transport of pollutants from the environment into the cracks.

These various data will enable the proposal of a physicochemical model of the effect of lead and sulphur on the damage mechanism of SG tubes (and sleeves) in the secondary environment.

This work is the subject of a partnership between ASNR, the CIRIMAT CNRS laboratory in Toulouse and the Canadian Nuclear Laboratories (CNL), entities with significant involvement and scientific and industrial expertise in this field.

The PhD work will be performed in the CIRIMAT, under the direction of Lydia Laffont, and co-supervised by Ian de Curières of ASNR and Nicolas Huin of CNL. This thesis corresponds to an ASNR PhD Thesis. The doctoral student will be required to travel to ASNR and CNL during the thesis.

Work context

CIRIMAT has about 240 researchers, including just over 100 permanent staff.

The laboratory conducts multidisciplinary research on major classes of materials (metals, alloys, ceramics, polymers, composites, multimaterials) in the form of powders, thin films, coatings, and bulk pieces, from their design to their in-service behavior.

Both fundamental and applied research are carried out within the laboratory, addressing issues with strong industrial and societal impact (aeronautics, space, energy, health, etc.).

Applicant's profile

Applicants must have a significant knowledge concerning material sciences. Knowledge on metallurgy and microscopic characterizations. The PhD thesis corresponds to an experimental work.

How to apply

Application deadline 13/04/2026

Application forms (CV + letter of motivation) must be sent to : Lydia Laffont (CIRIMAT) – lydia.laffont@ensiacet.fr
Ian de Curières (IRSN) – ian.decurieres@asnr.fr