# PROPOSITION DE STAGE – MASTER 2 DET

Dynamique des fluides, Energétique et transferts
Université de Toulouse - Toulouse INP - INSA Toulouse - ISAE SUPAERO – IMT Mines Albi

**Titre : Etude expérimentale de l'effet du vieillissement sur le comportement au feu de câbles électriques**

Responsable(s) : Zavaleta, Pascal, ingénieur-chercheur et chef de projet, Laboratoire d'Expérimentations des Feux (Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection), pascal.zavaleta@asnr.fr, Port. 06.84.24.61.17

Lieu du stage : Centre de Cadarache, Bâtiment 346, 13115 Saint Paul Lez Durance

Durée / période : 5 à 6 mois / Entre février et septembre 2026

Candidature [CV, lettre de motivation, références] à envoyer à : pascal.zavaleta@asnr.fr

---

**Sujet**

L'allongement de la durée de vie des centrales nucléaires est devenu une préoccupation majeure pour l'industrie nucléaire mondiale. Ces installations comportent plusieurs centaines de kilomètres de câbles électriques répartis sur des chemins de câbles. Ces câbles, difficilement remplaçables, peuvent se dégrader avec le temps sous l'effet de divers facteurs de vieillissement [1]. Par conséquent, l'évaluation de la durée de vie des câbles électriques jusqu'à 60 ans et au-delà est devenue un enjeu crucial pour la sûreté des installations nucléaires. En particulier, la question du vieillissement des câbles et de ses conséquences sur leur comportement au feu a été l'objet d'investigations [2]-[3] qui continuent d'occuper la communauté incendie compte tenu des challenges scientifiques rencontrés et de la continue évolution des câbles électriques qui sont installés dans les centrales nucléaires.
Six types de facteurs de vieillissement ont été identifiés comme étant les paramètres les plus pertinents induisant une modification du comportement au feu des polymères ignifuges : la température, l'humidité, les rayonnements UV, les rayonnements ionisants, les solvants chimiques et les contraintes mécaniques (telles que les vibrations des câbles connectés aux machines en fonctionnement ou celles générées par des rayons de courbure excessifs des câbles) [4]. Dans les centrales nucléaires, on distingue les câbles présents dans le bâtiment réacteur qui sont soumis à des conditions d'exposition combinant simultanément un débit de dose de rayonnement et un stress thermique [2]-[3],[5] et les câbles présents hors bâtiment réacteur (la plus grande quantité) qui subissent notamment un vieillissement thermique.
Le stage proposé vise ainsi à étudier l'effet du vieillissement thermique et/ou celui dû à une exposition aux rayonnants ionisants. L'activité principale du stage consistera à préparer, réaliser et analyser des essais caractérisant l'effet du vieillissement sur le comportement au feu de câbles électriques. Quatre types de câbles, rencontrés sur les installations nucléaires, ont été sélectionnés et auront subi un vieillissement thermique et/ou ionisant dans un laboratoire accrédité et partenaire. Les essais seront notamment réalisés à l'aide du dispositif CISCCO (Combustible Ignition and Spreading under Controlled COnditions) qui permet, grâce à ces panneaux rayonnants, d'exposer des matériaux combustibles à des flux de chaleurs contrôlés afin de les enflammer et de propager les flammes. L'étude expérimentale proposée conduira à étudier l'impact du vieillissement sur les principales caractéristiques de la combustion des câbles étudiés telles que la pyrolyse[1], la vitesse de propagation des flammes et la puissance du feu. A cet effet, les principales mesures qui seront réalisées sont celles relatives aux températures au-dessus des câbles (pour évaluer la vitesse de propagation des flammes) et au sein des gaines des câbles, à la perte de masse combustible (pour quantifier le débit massique des gaz de pyrolyse), et la puissance du feu. En parallèle de ces activités expérimentales, une étude bibliographique, synthétisant les principaux travaux de la communauté sur les effets du vieillissement sur le comportement au feu des câbles électriques, sera également réalisée. Les résultats de ces travaux pourront être valorisés par une publication.

Références

[1] Jong-Seog KIM (2005) Evaluation of Cable Aging Degradation Based on Plant Operating Condition, Journal of Nuclear Science and Technology, 42:8, 745-753, DOI: 10.1080/18811248.2004.9726444

[1] La pyrolyse, décomposition chimique d'un matériau organique sous l'effet de la chaleur, produit des gaz combustibles, ou « gaz de pyrolyse », comme le méthane ou l'éthylène.

[2] Subudhi, M. "Literature Review of Environmental Safety-Related Qualification of Electric Cables," NUREG/CR-6384 BNL-NUREG-52480 Vol 1, 1996

[3] Nowlen, S.P. An Investigation of the Effects of Thermal Aging on, the Fire Damageability of Electric Cables. In NUREG/CR-5619 SAND90-2121; Nuclear Regulatory Commission (NRC): Rockville, MD, USA, 1991

[4] Vahabi, H., Sonnier, R. and Ferry, L. (2015), Effects of ageing on the fire behaviour of flame-retarded polymers: a review. Polym. Int., 64: 313-328. https://doi.org/10.1002/pi.4841

[5] Kenneth T. Gillen and Robert Bernstein, Review of Nuclear Power Plant Safety Cable Aging Studies with Recommendations for Improved Approaches and for Future Work, SANDIA REPORT, SAND 2010-7266, 2010