

PROPOSITION DE STAGE – MASTER 2 DET

Dynamique des fluides, Énergétique et transferts

Université Toulouse 3 Paul Sabatier - Toulouse INP - INSA Toulouse - ISAE SUPAERO – IMT Mines Albi

Titre : Etude expérimentale de la pyrolyse et de la propagation du feu sur des plaques d'un matériau thermoplastique (PMMA)

Responsable(s) : Zavaleta, Pascal, ingénieur-chercheur et chef de projet, laboratoire d'expérimentations des feux (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire), pascal.zavaleta@irsn.fr, Port. 06.84.24.61.17

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

Durée / période : 5 à 6 mois / Entre février et septembre 2025

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

Sujet

La moitié des départs de feux, enregistrés dans les centrales nucléaires françaises entre 2018 et 2020, se sont produits dans des armoires et tableaux électriques [1]. Ces équipements peuvent en effet subir des défaillances électriques, comme un court-circuit, une surchauffe ou un arc électrique, qui peuvent enflammer les câbles électriques situés à proximité et conduire potentiellement à la propagation du feu à l'extérieur de ces équipements via les cheminements de câbles. Afin d'évaluer les conséquences de tels feux sur des organes importants pour la sûreté nucléaire, les analyses incendie ont besoin d'outils capables d'évaluer la puissance d'un feu qui se propage sur des chemins de câbles électriques. Un premier effort de recherche a permis de caractériser la propagation du feu le long d'une nappe horizontale de câbles électriques présents sur les installations nucléaires [2]-[3], afin d'alimenter les évaluations simplifiées de la puissance d'un feu de câbles électriques. Ces travaux ont été 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 sur la surface combustible étudiée.

Afin de conduire des prédictions plus précises de la propagation du feu sur des chemins de câbles électriques et de la puissance du feu résultante, les analyses incendie visent aussi à utiliser des outils de calcul qui s'appuient sur des modèles de pyrolyse¹ et de propagation détaillés. Pour aller plus loin dans la compréhension et la validation de ces modèles, la communauté incendie s'accorde sur la nécessité d'expérimentations analytiques parfaitement instrumentées. A notre connaissance, le potentiel de tels tests expérimentaux, réalisés en conditions contrôlées, afin de caractériser la pyrolyse et la propagation de flammes à moyenne échelle, est resté inexploré à ce jour, et le projet proposé vise à combler cette lacune dans les connaissances scientifiques. A cet effet, des développements métrologiques innovants ont été récemment réalisés sur le dispositif d'essais CISCCO, avec l'ajout de la mesure de la masse de combustible qui permet de quantifier le débit massique de pyrolyse, et de celle des températures au sein des matériaux combustibles.

La nouvelle étude proposée a pour objectif de caractériser expérimentalement, à l'aide du dispositif d'essais CISCCO, la pyrolyse et de la propagation du feu sur des plaques de black PMMA (polyméthacrylate de méthyle) qui est un matériau thermoplastique de référence, utilisé par la communauté incendie. Ces travaux constituant une première étape avant de caractériser dans un autre cadre les phénomènes susmentionnés pour des plaques de matériaux modèles des gaines de câbles électriques. La géométrie proposée permet d'offrir un cadre d'investigations plus simple que la géométrie complexe présentée par une nappe de câbles électriques. Les impacts sur la pyrolyse et la propagation du feu, du préchauffage des plaques (température et cinétique de préchauffage), de leurs dimensions (largeur et épaisseur) et leur orientation (jusqu'à 45°), seront en particulier étudiés. A cet effet, les principales mesures qui seront réalisées sont celles des températures au-dessus des plaques (pour évaluer la vitesse de propagation des flammes) et au sein des plaques, de la perte de masse combustible (débit massique des gaz de pyrolyse), du flux de chaleur émis par les flammes et de la puissance du feu. Les mesures alimenteront une base de données qui contribuera à la validation des modèles de pyrolyse et de propagation, comme par exemple, ceux qui sont implémentés dans l'outil CFD CALIF3S de

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

l'IRSN. Les données pourront également être utilisables dans le cadre de benchmarks internationaux. Le travail proposé sera réalisé dans le cadre d'une collaboration entre l'IMT Mines d'Alès et l'IRSN.

Profil du candidat recherché

Le stage de recherche s'adresse à un(e) étudiant(e) en Bac + 5 (Master 2 ou école d'ingénieurs) particulièrement motivé(e) et intéressé(e) par l'expérimentation incendie et souhaitant mettre en application ses connaissances acquises dans les domaines des transferts thermiques, de la combustion et de la mécanique des fluides. Une poursuite en thèse sur la même thématique pourra être proposée.

Références

- [1] L'IRSN et les feux électriques : des recherches de grande intensité !, édition Française de Scientific American, pour la Science n°536, Juin 2022, <https://www.pourlascience.fr/sr/article-partenaire/l-irsn-et-les-feux-electriques-des-recherches-de-grande-intensite-23871.php>
- [2] Meinier, R. (2021). Étude expérimentale et analytique de l'inflammation et de la propagation du feu sur un chemin de câbles électriques. IMT Mines d'Alès.
- [3] Zavaleta, P., Meinier, R., Suard, S. et al. Flame Spread Experiments on a Horizontal Preheated Cable Layer. Fire Technol 60, 641–667 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10694-023-01521-5>