



# LA SCIENCE & LA CRÉATIVITÉ POUR INVENTER UN MONDE DURABLE



## DOCTORAT EN PHYSICO-CHEMIE DES MATERIAUX

|                          |                                                              |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Etablissement            | IMT Mines Alès (Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Alès) |
| Affectation principale   | Centre d'Enseignement et de Recherche C2MA                   |
| Résidence administrative | Alès (Département du Gard – Région Occitanie)                |
| Date de prise de poste   |                                                              |

### 1. Présentation IMT et IMT Mines Alès

L'institut Mines-Télécom (IMT), grand établissement au sens du code de l'éducation, est un établissement public scientifique, culturel et professionnel (EPSCP) placé sous la tutelle principale des ministres chargés de l'industrie et du numérique. Premier groupe d'écoles d'ingénieurs en France, il fédère 11 écoles d'ingénieur publiques réparties sur le territoire national, qui forment 13 500 ingénieurs et docteurs. L'IMT emploie 4500 personnes et dispose d'un budget annuel de 400M€ dont 40% de ressources propres. L'IMT comporte 2 instituts Carnot, 35 chaires industrielles, produit annuellement 2100 publications de rang A, 60 brevets et réalise 110M€ de recherche contractuelle.

Créé en 1843, IMT Mines Alès compte à ce jour 1400 élèves (dont 250 étrangers) et 380 personnels. L'école dispose de 3 centres de recherche et d'enseignement de haut niveau scientifique et technologique, qui œuvrent dans les domaines des matériaux et du génie civil (C2MA), de l'environnement et des risques (CREER), de l'intelligence artificielle et du génie industriel et numérique (CERIS). Elle dispose de 12 plateformes technologiques et compte 1600 entreprises partenaires.

### 2. Projet de recherche

**Titre :** Etude Expérimentale de la pyrolyse et de la propagation du feu sur des plaques de matériaux modèles de gaines de câbles électriques

**Mots clés :** feu, pyrolyse, combustion, polymères, câbles

#### **Descriptif du sujet de thèse**

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. Des travaux de recherche menés en collaboration entre le Centre des Matériaux des Mines d'Alès (IMT Mines Alès) et le Laboratoire d'Expérimentations des Feux (ASNR) ont 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 notamment été réalisés à l'aide du dispositif d'essais CISCCO (Combustible Ignition and Spreading under Controlled COnditions) qui permet, grâce à ses 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 pyrolyse 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 thèse proposée a pour objectif de **caractériser expérimentalement**, à l'aide du dispositif d'essais CISCCO, **la pyrolyse et la propagation du feu sur des plaques de matériaux modèles de gaines de câbles électriques** présents sur les installations nucléaires, et contenant notamment du polychlorure de vinyle [4] ou des retardateurs de flammes sans halogène [5]. La géométrie proposée permet d'offrir un cadre d'investigations plus simple que la géométrie complexe présentée par une nappe de câbles électriques. Une attention particulière sera portée sur **l'influence du type de matériau modèle étudié, du préchauffage des plaques** (température et cinétique de préchauffage), **de leurs dimensions** (largeur et épaisseur) et **de leur orientation** (jusqu'à 45°), sur la pyrolyse et la propagation du feu.

Il est attendu de pouvoir **fournir une base de données** qui servira à la communauté de recherche sur les incendies, tant sur le plan analytique que sur le plan des simulations numériques. Ces expérimentations pourront fournir des données utilisables dans le cadre de benchmarks internationaux.

### 3. Encadrement

Le(la) doctorant(e) sera encadrée à IMT Mines Alès par des enseignants-chercheurs du Centre des Matériaux des Mines d'Alès (C2MA), dans l'unité de recherche Polymères, Composites et Hybrides (PCH) et à l'ASNR Cadarache par des ingénieurs-chercheurs du Laboratoire d'Expérimentations des Feux (LEF)  
Ecole doctorale : Sciences Chimiques Balard (ED 459)

### 4. Profil recherché

Nous recherchons un(e) étudiant(e) possédant un diplôme d'ingénieur ou de master 2 et ayant de bonnes connaissances en thermique, pyrolyse et combustion. Des connaissances sur les matériaux polymères constitueraient un plus. Le sujet requiert un goût pour le travail expérimental et l'analyse de données. La personne devra être rigoureuse, organisée et faire preuve d'ouverture d'esprit pour discuter à la fois avec les spécialistes de la combustion et les spécialistes des matériaux.

### 5. Références bibliographiques

- [1] L'IRSN et les feux électriques : des recherches de grande intensité I, 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., Sonnier, R., Ferry, L. Flame Spread Experiments on a Horizontal Preheated Cable Layer. Fire Technol 60, 641–667 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10694-023-01521-5>
- [4] Meinier, R., Fellah, M., Sonnier, R., Zavaleta, P., Suard, S., Ferry, L. Ignition and Charring of PVC-Based Electric Cables. Fire Technol 58, 689–707 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01168-0>

[5] Meinier, R., Sonnier, R., Zavaleta, P., Suard, S., Ferry, L. Fire behavior of halogen-free flame retardant electrical cables with the cone calorimeter, Journal of Hazardous Materials <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.08.027>

## 6. [Contacts](#)

- ▶ Sur le projet de recherche : Pr. Laurent Ferry ([laurent.ferry@mines-ales.fr](mailto:laurent.ferry@mines-ales.fr)), Pascal Zavaleta ([pascal.zavaleta@asnr.fr](mailto:pascal.zavaleta@asnr.fr))
- ▶ Sur les aspects administratifs : Anne-Catherine Denni ([anne-catherine.denni@mines-ales.fr](mailto:anne-catherine.denni@mines-ales.fr))