



IMT Mines Alès
École Mines-Télécom

LA SCIENCE & LA CRÉATIVITÉ POUR INVENTER UN MONDE DURABLE

**NOUS
RECRUTONS**

DOCTORAT EN SCIENCES DES RISQUES

Etablissement	IMT Mines Alès (Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Alès)
Affectation principale	Centre d'Enseignement et de Recherche CREER et Laboratoire d'Expérimentation des Feux LEF
Résidence administrative	Alès (Région Occitanie) et Cadarache (Région PACA)

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 d'explosions de fumées issues de la ré-inflammation des produits de combustion imbrûlés lors d'un incendie dans une enceinte ventilée mécaniquement

Mots clés : Incendie sous-ventilé ; explosion de fumée ; imbrûlés, expérimental, surpression aérienne, risques, déflagration

Ce projet de thèse se déroulera en partenariat avec l'IRSN (Laboratoire d'Expérimentation des Feux) de Cadarache. Les avancées des connaissances visées par cette recherche concernent l'identification des scénarios d'incendie pouvant conduire à des risques d'explosion de fumées et la maîtrise de la modélisation des phénomènes physiques mis en jeu (cinétique produisant les imbrûlés, mécanisme de mélange dans l'enceinte, combustion du mélange et impact mécanique sur l'enceinte) permettant une prédiction réaliste du scénario d'incendie. Ce phénomène d'explosion de fumées lors d'un incendie est peu étudié pour les configurations rencontrées dans les installations nucléaires entraînant une grande incertitude tant sur la connaissance des scénarios à risque que sur la capacité de modélisation et d'évaluation

de ces scénarios. Un troisième objectif est l'acquisition de compétences expérimentales pour l'étude des phénomènes énergétiques à cinétiques rapides lors d'un incendie.

Contenu de la thèse :

Le sujet de recherche concerne les phénomènes d'explosion d'un mélange gazeux inflammable produits lors d'un incendie dans un compartiment. Le scénario d'incendie dans une enceinte fermée et ventilée mécaniquement est très largement rencontré dans l'industrie nucléaire. Dans certaines conditions, l'appauvrissement en oxygène du local en raison d'une charge calorifique importante par rapport au volume du local et/ou au taux de ventilation de celui-ci, conduit à des extinctions locales ou totales et ainsi à une production significative de gaz dits « imbrulés » présents dans les fumées. Ces gaz peuvent se ré-enflammer localement suivant un mécanisme physique de combustion rapide (appelé aussi explosion de fumées) pour certaines conditions de mélange avec l'oxygène présent dans le local. Les conséquences sont des augmentations de pression importantes pouvant remettre en cause le confinement et l'intégrité physique de l'enceinte. Cette thématique se trouve à l'interface entre les risques induits par les incendies et les explosions, entre la physique des flammes de diffusion et celle de la combustion dite pré-mélangée, entre des écoulements dits faiblement compressibles et ceux compressibles.

Les explosions de fumées lors d'un incendie ont été identifiées comme un risque industriel majeur en raison de leurs impacts sur les structures et les équipes d'intervention [1], [2]. Les scénarios concernent les feux couverts ou en phase de développement mais faiblement ventilés pour lesquels une production importante de gaz imbrulés est observée. Les travaux portent sur les processus de productions de gaz imbrulés, d'allumage [3], mais également sur le scénario particulier appelé « backdraft » rencontré dans les enceintes ouvertes vers l'extérieur [4],[5],[6]. C'est une thématique complexe à la frontière entre deux domaines distincts que sont l'incendie et l'explosion. Elle a été principalement étudiée dans des milieux ouverts ou des enceintes ventilées naturellement par des ouvertures (porte ou évent) [7]. La configuration d'une enceinte fermée et ventilée mécaniquement largement rencontrée dans les installations nucléaires et dans le domaine industriel a été bien moins étudiée [8], [9]. La particularité de cette configuration concerne les processus de mélange des gaz imbrulés et leur combustion à l'intérieur de l'enceinte contrairement au backdraft qui se produit à l'extérieur [10]. Des expériences à grandes échelles, réalisées à l'IRSN, ont mis en évidence ces phénomènes pour des feux de câbles électriques et dans des configurations représentatives des installations nucléaires [11]. Les interrogations scientifiques qui demeurent sur ces scénarios sont l'identification des conditions d'obtention d'une explosion (nature du combustible, configuration de la ventilation, géométrie du local), l'enchaînement global des différents processus (production, mélange, inflammation et combustion) et les conséquences sur l'installation.

L'objectif de ce travail de thèse est d'apporter des éléments de compréhension permettant des simulations réalistes de ces scénarios d'incendie. Différents points seront abordés. Le premier concerne les caractéristiques des mélanges gazeux impliqués en particulier l'inflammabilité et la composition chimique (combustible pyrolysé ou espèces gazeuses intermédiaires issues de la combustion incomplète). Le domaine d'inflammabilité, l'amplitude des vitesses de flamme et l'influence d'autres composés tels que le CO ou les suies sont des thèmes d'intérêt. Le second point concerne les mécanismes de mélange des espèces combustibles avec l'oxygène présent dans le local. Ceux-ci sont pilotés d'une part par les écoulements de flottabilité induits par le feu tels que le panache thermique, les écoulements sous-plafond, le remplissage et d'autre part par les écoulements inertiels induits par la ventilation mécanique du local. Enfin le dernier point concerne le processus d'allumage et de combustion du mélange en particulier la vitesse de flamme, la forme du volume en feu, la puissance thermique dégagée et les conséquences mécaniques sur l'enceinte induites par l'augmentation de pression.

L'originalité et l'intérêt de ce travail repose sur la complexité du sujet, l'interdisciplinarité entre l'incendie et l'explosion, la mise en œuvre d'un dispositif expérimental nouveau équipée d'une instrumentation avancée permettant la description des phénomènes rapides et la localisation des mélanges inflammables et enfin l'apport de connaissances nouvelles sur les explosions de fumées dans des locaux ventilés.

3. Encadrement

Centre de Recherche et d'enseignement : CREER
Unité de recherche : EUREQUA
Ecole doctorale : 583 Risques en Société

4. Profil recherché

Master 2 ou Ecole d'ingénieurs, spécialité Energétique, Risque, Mécanique, Fluide, Chimie, Ingénierie de la sécurité incendie (ISI).

Le candidat devra avoir le goût de l'expérimental, être rigoureux et posséder un bon sens pratique. Le travail de thèse consistera en la réalisation d'essais avec une instrumentation de haut niveau (caméras rapides, caméra thermique, capteurs rapides). Un bon niveau d'anglais est demandé (rédaction de publications et participation à des conférences internationales).

Le candidat travaillera en partenariat avec un technicien et un ingénieur de recherche, le sens du travail en équipe est demandé.

5. Références bibliographiques

- [1] W. M. Croft, "Fires involving explosions — A literature review," *Fire Saf. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 3–24, 1980, doi: 10.1016/0379-7112(80)90003-X.
- [2] R. Zalosh, "Explosion Protection," in *SFPE handbook of Fire Protection Engineering*, ISBN:08776., SFPE, Ed.
- [3] B. Magnognou, J. P. Garo, B. Coudour, and H. Y. Wang, "Risk analysis of unburnt gas ignition in an exhaust system connected to a confined and mechanically ventilated enclosure fire," *Fire Saf. J.*, vol. 91, no. February, pp. 291–302, 2017, doi: 10.1016/j.firesaf.2017.03.036.
- [4] S. Rasoulipour and C. Fleischmann, "Experimental investigation of the smoke explosion phenomenon," *Fire Saf. J.*, vol. 140, no. July, p. 103881, 2023, doi: 10.1016/j.firesaf.2023.103881.
- [5] S. Rasoulipour, "Experimental investigation of smoke explosion phenomenon," University of Canterbury, 2022.
- [6] C. M. Fleischmann and Z. J. Chen, "Defining the difference between backdraft and smoke explosions," *Procedia Eng.*, vol. 62, pp. 324–330, 2013, doi: 10.1016/j.proeng.2013.08.071.
- [7] C. Fleischmann, D. Madrzykowski, and N. Dow, "Exploring Overpressure Events in Compartment Fires," *Fire Technol.*, vol. 60, no. 3, pp. 1867–1889, 2024, doi: 10.1007/s10694-024-01553-5.
- [8] R. Dobashi, "Studies on accidental gas and dust explosions," *Fire Saf. J.*, vol. 91, pp. 21–27, 2017, doi: 10.1016/j.firesaf.2017.04.029.
- [9] R. Dobashi, "Experimental study on gas explosion behavior in enclosure," *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. 10, no. 2, pp. 83–89, 1997, doi: 10.1016/S0950-4230(96)00050-2.
- [10] H. Prêtre, N. Chaaoui, B. Lafdal, and S. Suard, "Effect of environmental conditions on fire combustion regimes in mechanically-ventilated compartments," *Fire Saf. J.*, vol. 127, no. June 2021, 2022, doi: 10.1016/j.firesaf.2021.103493.
- [11] P. Zavaleta, S. Suard, and L. Audouin, "Cable tray fire tests with halogenated electric cables in a confined and mechanically ventilated facility," *Fire Mater.*, vol. 43, no. 5, pp. 543–560, 2019, doi: 10.1002/fam.2717.

6. Contacts

- ▶ Sur le projet de recherche : Frederic Heymes (frederic.heymes@mines-ales.fr) et Clément Chanut (clement.chanut@mines-ales.fr)

- ▶ Sur les aspects administratifs : Anne-Catherine Denni (anne-catherine.denni@mines-ales.fr)