

## **Modélisation de la combustion pour les phénomènes d'extinction dans les feux en milieu sous-ventilés**

**Source du financement :** bourse CIFRE, partenaire industriel : EDF R&D-CHATOU

**Démarrage :** automne 2017 (3 ans)

**Unité d'accueil et encadrement de la thèse :**

EDF - Recherche & Développement  
Département Mécanique des Fluides, Energies et Environnement  
6, quai Watier - 78401 CHATOU Cédex  
Fatihha NMIRA ([fatihha.nmira@edf.fr](mailto:fatihha.nmira@edf.fr))-☎+33 (0) 1 30 87 77 56

**Encadrement scientifique :**

Université Aix-Marseille  
IUSTI/ UMR CNRS 7343  
5, rue Enrico Fermi  
13453 Marseille Cedex 13  
Jean-louis CONSALVI ([jean-louis.consalvi@univ-amu.fr](mailto:jean-louis.consalvi@univ-amu.fr))-☎+33 (0) 4 91 10 68 31

**Contraintes de candidature :**

Etre diplômé(e) ou bientôt diplômé(e) d'un titre d'ingénieur ou d'un Master 2

**Compétences :**

Modélisation en mécanique des fluides, transferts thermiques et combustion.

**Responsables à contacter :**

Fatihha NMIRA ([fatihha.nmira@edf.fr](mailto:fatihha.nmira@edf.fr))-☎+33 (0) 1 30 87 77 56  
Jean-louis CONSALVI ([jean-louis.consalvi@univ-amu.fr](mailto:jean-louis.consalvi@univ-amu.fr))-☎+33 (0) 4 91 10 68 31

### **Fiche descriptive de la thèse**

La spécificité des incendies dans les centrales nucléaires est leur haut niveau de confinement, ce qui conduit à des conditions de combustion généralement différentes de celles rencontrées dans les incendies bien ventilés. Le confinement crée un manque d'oxygène au sein de l'enceinte qui peut causer une extinction partielle ou totale du feu. L'air alimentant la flamme devient rapidement vicié, ce qui conduit à une combustion incomplète. Les combustibles gazeux, la suie, le monoxyde de carbone et les autres hydrocarbures imbrûlés s'échappent alors de la flamme et sont libérés dans l'environnement du compartiment. Cela peut conduire à une évolution de la physionomie du feu, en particulier un déplacement de la charge combustible dans l'ensemble du local et éventuellement aux ouvertures et à des ré-inflammations si le combustible gazeux se mélange avec l'air et rencontrent des points suffisamment chauds pour s'enflammer.

L'objectif principal de cette proposition de thèse est le développement, la mise en place et la validation de modèles de combustion prenant en compte le phénomène de viciation dû au manque d'oxygène dans les incendies en milieu sous-ventilés. Elle s'appuie sur une étude bibliographique approfondie sur les phénomènes d'extinction rencontrés en milieux sous-ventilés ainsi que sur leur modélisation [1] et sur les travaux de thèse de Daria Burot [2].

L'étude bibliographique [1] a identifié les phénomènes à prendre en compte pour prédire la combustion dans les incendies en milieux sous-ventilés :

1. extinctions locales,
2. extinction totale/partielle de la flamme,
3. émission d'espèces dangereuses telles que le CO, les particules de suie et les hydrocarbures imbrûlés,
4. modification des températures.

Cette analyse phénoménologique montre qu'il s'agit de développer un modèle permettant de décrire le phénomène d'extinction partielle ou totale de la flamme, le transport d'un mélange combustible/oxydant ne réagissant pas ou peu et son éventuelle ré-inflammation. Il apparaît ainsi que les flammes mises en jeu ne sont plus réellement des flammes de diffusion mais des flammes partiellement pré-mélangées. La nature turbulente des écoulements rencontrés ajoute à la difficulté car il faut être également capable de modéliser les interactions entre la chimie et la turbulence [3, 4].

La plupart des modèles développés par la communauté incendie se sont focalisés sur l'obtention de critères d'extinction [1]. Néanmoins l'application de ces modèles permet de savoir si l'extinction a lieu mais ne permet pas caractériser ce qu'il advient après extinction. Certaines approches simplifiées répondent à cette problématique [1] mais leur caractère semi-empirique nécessite de plus amples vérifications et validations.

D'autre part, certains modèles de combustion turbulentes sont capables de prédire les phénomènes d'extinction locale et/ou totale des flammes du fait des conditions basses en oxygène rencontrées dans les feux sous-ventilé, ainsi que de la possible ré-inflammation des combustibles imbrûlés résultants de ces phénomènes d'extinction. Ces modèles n'ont pour la plupart jamais été mis en place dans le cadre de la modélisation des incendies mais ont été utilisés pour prendre en compte les phénomènes d'extinction/ré-inflammation dans les flammes de type jet.

La thèse de Daria Burot s'est axée sur le développement d'approche de transport de la PDF pour traiter de manière exacte l'interaction production de la suie/turbulence et l'interaction émission du rayonnement/turbulence et constitue un point de départ pour cette étude [5-7]. Une approche hybride flamelettes/PDF a été développée et l'équation de transport de la PDF est résolue par une méthode « Stochastic Eulerian Fields » spécifiquement mise en place. Cependant, la méthode de flamelettes laminaires stationnaires, où les distributions d'espèces chimiques sont des fonctions de la fraction de mélange, des pertes enthalpiques et du taux de dissipation scalaire, est incapable de prédire la situation où les réactions chimiques sont gelées et un mélange non-réactif a lieu, comme cela est le cas dans les incendies sous-ventilés.

Par conséquent, un des points essentiels du travail de thèse sera le développement d'un modèle de combustion prenant en compte ces effets. Par conséquent, l'objectif premier de cette étude sera d'étendre la méthode de transport de la PDF à une chimie détaillée finie. Les résultats obtenus avec cette méthode, qui permet de modéliser de façon exacte les interactions chimie finie/turbulence, pourront être utilisés comme solutions de référence pour évaluer d'autres modèles moins onéreux en ressources informatiques.

La thèse se déroulera de la façon suivante :

- Etude bibliographique approfondie sur les modèles avancés de combustion turbulente.
- Développement et implémentation de la méthode de PDF en chimie finie et validation sur des cas de la littérature.
- Implémentation de modèles moins onéreux et applicables industriellement et validations.
- Rédaction de la thèse.

## Références

- [1] F. Nmira. Etude bibliographique sur la modélisation des feux de compartiments en sous-ventilé. 6125-3016-2016-15864-FR, 2016.
- [2] D. Burot, Transported probability density function for the numerical simulations of flames characteristics of fire. Soutenance prévue pour 01/2017.
- [3] T. Echekki, E. Mastorakos, Turbulent combustion modeling. Advances, new trends and perspectives. Springer, 2011.
- [4] D.C. Haworth, Progress in probability density function methods for turbulent reacting flows, Progress in Energy and Combustion Science 36 (2010), pp. 168–259.
- [5] N. Nmira, D. Burot, J.L. Consalvi, Stochastic Eulerian Field Method for radiative heat transfer in a propane oxygen-enhanced turbulent diffusion flame, Combustion theory and modeling, 2016.
- [6] D. Burot, F. NMIRA, J.L. Consalvi, On the influence of the correlation between enthalpy defect and mixture fraction in sooting turbulent jet flames, *JQSRT*, 2016.
- [7] J.L. Consalvi, F. Nmira, D. Burot, Simulations of sooting turbulent jet flames using a hybrid flamelet/stochastic Eulerian field method, *Combustion theory and modeling*, 2016.