

Thèse : Modélisation des effets de la sous ventilation sur la réaction au feu de matériaux

Partenaires :

- Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE)
- Institut Pprime (UPR 3346 CNRS), Université de Poitiers, ISAE-ENSMA. Département Fluides, Thermique Combustion.

Directeurs de Thèse : Thomas Rogaume et Damien Marquis

Bourse : CIFRE, CDD du LNE

Lieu de l'étude :

- Laboratoire National de métrologie et d'Essais, ZA Trappes-Elancourt, 29 Rue Roger Hennequin, 78197 Trappes
- Institut Pprime, ISAE-ENSMA, Téléport 2, 1 avenue Clément ADER, BP 40109, 86961 Futuroscope Chasseneuil cedex.

Planning de l'étude :

Début de la thèse en octobre-novembre 2020, selon la réponse de l'ANRT.

Contacts :

Thomas ROGAUME
thomas.rogaume@univ-poitiers.fr

Damien MARQUIS
Damien.Marquis@lne.fr

Pour candidater, envoyez un CV détaillé avec votre expérience en recherche et vos compétences ainsi qu'une lettre de motivation.

Le développement d'un incendie dépend fortement du milieu environnant dans lequel il se produit et en particulier de la quantité d'air frais disponible. Dans un environnement bien ventilé, la puissance du feu est étroitement liée à la quantité de produits combustibles présents. En milieu confiné ou semi-confiné, comme par exemple dans les systèmes (aéronautique, ferroviaire, naval) ou des ouvrages (bâtiments, nucléaire), le comportement est différent. Les caractéristiques du milieu (environnement, volume utile, aéraulique) gouvernent la phase de développement de l'incendie et modifient le régime de combustion. Dans ces milieux, une transition peut être observée : le feu évolue ainsi les premiers instants dans un régime bien-ventilé puis tend progressivement vers un régime sous-ventilé lorsque le comburant fait défaut. L'évolution de la richesse dans le temps a pour effet d'altérer la puissance du feu [1,2] et de réduire les transferts de chaleurs et de masse au sein des matériaux solides présents, et donc leurs réactivités. La nature et les quantités d'espèces chimiques combustibles et toxiques émises s'en trouvent également modifiées [3]. Ce phénomène conduit rapidement à la coexistence de gaz imbrulés (chauds) et d'oxygène. Dans certaines conditions, ce pré mélange peut s'enflammer et conduire à un nouveau risque d'accident thermique de type explosion de fumée (backdraft).

Ces dernières années, le recours à la simulation numérique apparait comme un moyen performant et peu coûteux pour prévenir le risque incendie au sein des systèmes et ouvrages. Toutefois, les outils de modélisation ne prennent pas en compte (ou que partiellement) ces phénomènes de sous ventilation alors même que ces conditions sont de plus en plus fréquentes. En effet, ils utilisent des modèles de combustion « à chimie infiniment rapide », comme par exemple les modèles à fraction de mélange ou « Eddy Dissipation Concept » [4], qui ne peuvent capter la sous ventilation. A cela il faut ajouter le fait que la modélisation de la pyrolyse résulte d'un couplage (interface solide/gaz) de phénomènes physico-chimiques se déroulant en phase gazeuse (turbulence, réaction chimique homogène, rayonnement, production de suies) et en phase solide (transfert de chaleur et de masse). Cela tend à biaiser les prédictions et les conclusions tirées quant aux risques au sein d'un système ou d'un ouvrage.

Pour prédire les cas de combustion en milieux sous ventilés, il faut être en mesure de simuler finement l'étape de production de gaz par une phase condensée (donc la décomposition thermique), ainsi que les processus de combustion en considérant une « chimie non infiniment rapide ».

L'objectif de ce travail de thèse est donc d'étudier et de modéliser les effets de la sous ventilation et de la sous oxygénation sur la décomposition thermique, les régimes de combustion et les interactions solide/gaz. En particulier, les recherches viseront à :

1. Appréhender expérimentalement les effets de la sous ventilation sur les processus de décomposition thermique et de combustion. Pour réaliser les expériences, le(a) candidat(e) s'appuiera sur le dispositif du Cône calorimètre à atmosphère contrôlée existant au sein des équipes, tout en apportant des améliorations par l'ajout d'équipements supplémentaires et le développement de nouvelles métrologies. Dans cette phase expérimentale, différentes sollicitations thermiques, conditions de ventilation et d'oxygénation seront étudiées.
2. Etudier expérimentalement les transitions des régimes de combustion. Un banc d'essai de plus grande dimension sera spécifiquement développé pour étudier ces phénomènes. Ce dispositif expérimental permettra de se rapprocher de la réalité et étudier l'impact de l'évolution de la richesse du milieu sur la tenue au feu des matériaux. Au préalable, une phase de caractérisation numérique sera réalisée à l'aide du code CFD Openfoam pour étudier les phénomènes aérauliques au sein du dispositif.
3. Modéliser les transferts de chaleur et de masse ainsi que les phénomènes de pyrolyse à l'aide de code de thermochimie en phase solide. Les résultats des calculs seront confrontés aux résultats expérimentaux obtenus dans des conditions sans flamme afin de s'affranchir du couplage des phénomènes de transport et des phénomènes réactionnels. Des analyses statistiques seront réalisées pour évaluer la sensibilité aux paramètres et les incertitudes numériques en se basant sur des méthodes développées au sein du LNE [5,6].
4. Enfin, simuler les échanges au niveau de l'interface solide/gaz et les problèmes de combustion à l'aide de code CFD Openfoam.

Références

- [1] D. Alibert, D., M. Coutin, M. Mense, Y. Pizzo, & B. Porterie, 2017 *Effect of oxygen concentration on the combustion of horizontally-oriented slabs of PMMA*. 11th Int. Symp. on Fire Safety Science. IAFSS.
- [2] D Marquis, E. Guillaume, A. Camillo, *Effects of oxygen availability on the combustion behaviour of materials in a controlled atmosphere cone calorimeter*, Fire Safety Science 2014, 11 :138-151
- [3] D Marquis, F. Hermouet, E. Guillaume, *Effects of reduced oxygen environment on the reaction-to-fire of a poly(urethane-isocyanurate) foam*, Fire and material, 2017,41(3):245-274, DOI: 10.1002/fam.2378
- [4] Magnussen, B. F., & Hjertager, B. H. 1976. On mathematical modeling of turbulent combustion with special emphasis on soot formation and combustion. Symposium International on Combustion, 16, 719–729.
- [5] S. Demeyer, D Marquis, N. Fischer, *Surrogate model based sequential sampling estimation of conformance probability for computationally expensive systems: application to fire safety science*, Journal de la Société Française de Statistique, 2017,158(1):111-138
- [6] R. Stroh, J. Bect, S. Demeyer, N. Fischer, D Marquis, E. Vazquez *Assessing Fire Safety using Complex Numerical Models with a Bayesian Multi-fidelity Approach*, Fire safety journal 2017,91:1016-1025,