

Campagne de recrutement sur contrats doctoraux 2019. Institut Pprime

**CARACTERISATION DE L'INFLAMMABILITE ET DE LA COMBUSTIBILITE
DES DEPOTS LORS DE LA COMBUSTION DU BOIS. APPLICATION A LA
SECURITE DES CONDUITS DE CHEMINEE**

- *Institut/Département* : Institut Pprime, Département D2 – Fluides, thermique, Combustion
- *Equipe* : Combustion Hétérogène (CH).
- *Laboratoire* : Institut Pprime (UPR 3346 CNRS) – Université de Poitiers – ISAE-ENSMA
- *Lieu* : Institut Pprime, ISAE-ENSMA, 1 Avenue Clément Ader, Téléport 2, BP 40109, 86961 Futuroscope.
- *Directeur de thèse* : Thomas Rogaume
- *Co-encadrants* : Franck Richard, Benjamin Batiot
- *Contact pour information* : thomas.rogaume@univ-poitiers.fr
- *Salaires net mensuel* : 1768€ brut / mois, CDD 3ans
- *Dates* : 01 octobre 2019 au 30 septembre 2022
- *Mot-clés* : sécurité incendie, feu, transfert de chaleur et de masse, inflammation, dépôts.

Contexte de l'étude

Ces dernières années montrent un essor des éco-constructions et de la filière bois-énergie (+100% en 10 ans). Un enjeu fort concerne alors la sécurité du conduit d'extraction des fumées.

Depuis 2012, face aux verrous scientifiques concernant les notions de sécurité en cas d'incendie, la société Poujoulat, leader Européen des conduits de cheminées métalliques et l'Institut Pprime (UPR 3346 CNRS – Université de Poitiers – ISAE-ENSMA) collaborent. Les résultats obtenus sont probants mais les enjeux et verrous encore nombreux. Il apparaît alors nécessaire de franchir une nouvelle étape, en unissant les compétences et moyens des deux organismes au sein d'un nouveau projet de recherche.

Deux scénarii de feu sont à considérer (chacun répondant à une exigence normative) :

- Scénario 1 : un feu dans la pièce où se situe le conduit. Il faut que celui-ci ne soit pas un vecteur de transmission du feu aux pièces adjacentes (Classement EI selon le projet prEN 1366-13). Il est donc nécessaire d'évaluer la tenue structurelle du conduit et la transmission de la chaleur libérée par le sinistre via le conduit.
- Scénario 2 : un feu dans le conduit lui-même. Il convient que le feu ne se propage pas à l'extérieur (Classement G selon la norme EN 13216-1). Le feu est dans ce cas associé à la présence de dépôts dans le conduit, à leur décomposition thermique puis à leur inflammation. Il est alors nécessaire d'appréhender les mécanismes de génération des dépôts et leurs propriétés liées, ainsi que leur comportement en cas d'échauffement (inflammabilité et combustibilité). L'étude a alors pour ambition le développement d'une base de données des propriétés des dépôts et de leurs conditions de génération. Dans un second temps, l'étude, par une caractérisation expérimentale des conditions et mécanismes d'inflammation et de

combustion des dépôts, permettra un enrichissement de cette base et le développement d'un modèle numérique associé. Si le feu prend dans le conduit, se posent les questions de l'échauffement de celui-ci et de la propagation de la chaleur aux éléments combustibles adjacents et à leur possible inflammation.

Programme de l'étude, moyens mis en œuvre

Dans le cadre du présent projet de recherche, le doctorant aura pour travail de concourir à l'atteinte des objectifs associés au 2nd scénario précédemment présenté : la constitution d'une base de données et le développement de deux outils numériques, à partir des données expérimentales obtenues.

Le travail demandé se compose de différentes phases :

Phase 1 - Etude et caractérisation des dépôts

Il s'agit d'identifier la nature des dépôts selon les conditions de combustion initiale et les conditions dans le conduit et de caractériser ces dépôts. Ce travail repose sur la génération des dépôts et la corrélation de celle-ci avec les conditions régnant au sein du conduit, puis à leur caractérisation expérimentale afin d'en déterminer les propriétés. Pour cela, suite à la génération de dépôts chez Poujoulat, des essais seront conduits en calorimétrie différentielle à balayage (DSC) et en analyse thermogravimétrique (ATG). Les conditions rencontrées au sein des conduits étant très variées, notamment en termes de température et de viciation d'oxygène, les essais en DSC et en ATG devront être conduits sous différentes concentrations d'oxygène et pour différentes vitesses de chauffage.

L'objectif de cette étape est notamment de développer et valider à l'échelle de l'ATG un modèle de pyrolyse qui sera utilisé dans l'étape 5. Ce modèle devra définir :

- les réactions de pyrolyse et d'oxydation mises en jeu
- Les paramètres cinétiques associés à ces réactions
- Les enthalpies de réactions

Phase 2 - Caractérisation des propriétés d'inflammabilité et de combustibilité des dépôts, caractérisation de leur combustion.

Elle repose sur la réalisation d'essais en cône calorimètre et en cône calorimètre à atmosphère contrôlée afin de caractériser le comportement thermique des dépôts, par la détermination de leurs propriétés d'inflammabilité (température d'inflammation, délais d'inflammation, flux critique d'inflammation) et de combustibilité (perte de masse, vitesse de perte de masse, taux de dégagement de chaleur, inertie thermique, paramètre de réponse thermique). Au cours de ces essais, un couplage des dispositifs à une chaîne analytique sera réalisé afin de suivre les émissions gazeuses.

L'objectif de cette étape est de déterminer les propriétés thermophysiques du matériau afin de coupler le modèle de pyrolyse développé à l'étape précédente à un modèle de transfert de chaleur dans le matériau. Les paramètres suivants devront être déterminés :

- Conductivités des phases condensées
- Chaleurs spécifiques massiques
- Emissivités
- Porosité, densité...

A cette étape, le modèle sera capable de reproduire les essais en cône calorimètre, c'est à dire de simuler l'évolution d'un front de pyrolyse au sein du matériau.

Phase 3 - Etude de la propagation de flamme.

Les phases 1 et 2 du projet permettent une classification des dépôts par familles, une détermination de leurs propriétés ainsi qu'une définition de leur inflammabilité et combustibilité (réaction au feu). L'étape 3 permettra de compléter ce travail, par l'étude de la propagation du sinistre ainsi que la caractérisation et la compréhension des mécanismes et des conditions associées pilotant et entretenant ce phénomène. Pour cela, des essais seront conduits à l'aide des dispositifs de panneau radiant et de l'IMO-LIFT (Vitesse de propagation latérale de flamme) permettant d'analyser les vitesses de propagation latérale de flamme, pour chaque famille de dépôts. Il s'agit alors, pour différents flux de chaleur d'étudier les mécanismes et conditions qui pilotent la propagation de la combustion des dépôts.

D'un point de vue modélisation, cette étape permettra de coupler la phase condensée à une phase gazeuse et de vérifier si le modèle de pyrolyse développé à l'étape précédente est bien capable de propager un front de pyrolyse à la surface d'un matériau.

Phase 4 - Etude à échelle semi-réelle

Afin de mieux reproduire la réalité des conditions régnant au sein d'un conduit, un dispositif spécifique au projet sera développé et mis en œuvre. Il s'agira alors de réaliser des essais associant un dispositif d'inflammation par brûleur gazeux parfaitement calibré et/ou de génération d'air chaud à un conduit réel de hauteur limitée (1 m). Ce dispositif aura alors une double finalité :

- Etudier les mécanismes qui pilotent l'inflammation des dépôts et en déterminer les plus importants : est-ce que l'inflammation est liée aux gaz chauds, à la combustibilité des gaz, aux particules chaudes, autres ? Quelles sont les conditions associées à cette inflammation (température, concentration de gaz, etc.) ?
- Caractériser le mode de propagation du feu au sein d'un conduit, une fois la combustion initiée.

Une instrumentation non intrusive pourra être couplée afin de décrire les phénomènes mis en jeu : caméra thermique, PIV, caméra rapide.

Phase 5 - Développement du modèle de prédiction de l'inflammation et de combustion dans le conduit

La 5^{ème} étape de travail sera consacrée au développement d'une stratégie d'élaboration d'un modèle prédictif de simulation :

- Des dépôts au sein du conduit étudié, selon les conditions y régnant.
- De l'inflammation possible des dépôts générée et des conditions associées à cette inflammation.
- Des caractéristiques de la combustion (si celle-ci est initiée) et de propagation du sinistre.

A cette étape, le modèle développé sera appliqué aux conditions expérimentales de la phase 4. Différents modèles de combustion et de sous maille seront étudiés afin de reproduire correctement les phénomènes d'allumage et de propagation verticale de la flamme au sein du conduit.

Profil du candidat, prérequis



École Doctorale SCIENCES ET INGÉNIERIE
DES MATÉRIAUX, MÉCANIQUE, ÉNERGÉTIQUE

Master ou école d'ingénieur dans les domaines de : combustion ; transfert thermique ; turbulence et transfert de masse ; sécurité incendie.