

OFFRE DE STAGE POUR L'ANALYSE NUMERIQUE DES JETS DE FLAMME D'HYDROGENE IMPACTANTS

1. ENTITE D'ACCUEIL

Laboratoire agréé en résistance et réaction au feu au feu et organisme reconnu en ingénierie du désenfumage, Efectis France est un partenaire privilégié des acteurs de la construction concernés par la sécurité incendie. Il est également le promoteur de l'ingénierie de la sécurité incendie en France. (www.efectis.com/fr).

Vous êtes étudiant(e) en dernière année d'école d'ingénieurs ou équivalent universitaire et êtes à la recherche de votre stage de fin d'études débouchant sur un emploi, vous êtes à la fois dynamique et sérieux, curieux et organisé et vous faites preuve d'une grande rigueur. Vous rejoindrez une équipe d'ingénieurs expérimentés et dynamiques, reflétant les valeurs et l'exigence technique d'Efectis, qui vous apportera l'expertise et l'accompagnement nécessaire pour réussir votre dernière année d'étude et le démarrage de votre carrière. Rattaché à la Direction Ingénierie Incendie, ce stage est basé à notre agence de Madrid (Espagne).

2. PROFIL DU STAGIAIRE

H/F – Étudiant(e) en 3ème année d'école d'ingénieur ou Master 2 d'Université en mécanique des fluides, thermiques ou combustion avec des connaissances en modélisations et simulations numériques.

3. SUJET

3.1. CONTEXTE

Avec l'essor des technologies de l'hydrogène dans les secteurs de la mobilité, du stockage d'énergie et de l'industrie, les enjeux liés à la sécurité deviennent cruciaux. L'hydrogène est un gaz hautement inflammable dont les propriétés physico-chimiques (faible énergie minimale d'inflammation, large plage d'inflammabilité, grande vitesse de flamme) le rendent particulièrement sensible aux phénomènes de fuite et d'inflammation accidentelle.

L'un des scénarios les plus redoutés est celui d'une fuite d'hydrogène sous pression suivie d'une inflammation, générant un jet de flamme pouvant atteindre plusieurs mètres de long et des températures supérieures à 1.500 °C. Lorsque ce jet entre en contact avec une structure ou une paroi, on parle de jet de flamme impactant (*impinging jet fire*). Ce type de phénomène peut induire des charges thermiques très localisées, provoquer un échauffement rapide des matériaux (métaux, composites, vitrages, etc.) et conduire à des dommages structurels ou à des dommages en cascade (rupture d'équipements, propagation du feu, etc.).

Malgré l'importance de ces phénomènes, les données expérimentales disponibles restent limitées, notamment en ce qui concerne les configurations d'impact, les géométries d'obstacles et les conditions de confinement. Plusieurs études expérimentales et numériques ont été menées ces dernières années, mais de nombreuses incertitudes persistent quant à la caractérisation des flux thermiques locaux, à la durée d'exposition critique, ou encore à la prédiction fiable du comportement de ces jets dans des environnements complexes.

Dans ce contexte, ce stage s'inscrit dans un effort de caractérisation numérique avancée de ces phénomènes. Il vise à améliorer la compréhension physique des jets de flamme d'hydrogène impactants et à proposer une méthodologie robuste de simulation pouvant être utilisée dans les études de sécurité ou dans la conception d'équipements résistants à ces agressions thermiques.

3.2. OBJECTIFS SPECIFIQUES :

Le/la stagiaire aura pour objectif d'étudier numériquement le comportement des jets de flamme d'hydrogène impactant une surface. En particulier, l'étudiant devra effectuer des simulations numériques avec Fire Dynamics Simulator (FDS), développé par le National Institute of Standards and Technology (NIST), qui permet de modéliser les dynamiques de feu et les mouvements de fumée dans les espaces confinés et ouverts.

Les principales étapes prévues sont :

- Réalisation d'une revue bibliographique approfondie sur les jets de flamme d'hydrogène, leur comportement thermique, les configurations typiques d'impact (sur paroi verticale, surface inclinée, etc.), et les essais existants.
- Analyse de données expérimentales issues de campagnes d'essais (littérature ou données internes) portant sur des jets de flamme impactants.
- Modélisation numérique à l'aide du logiciel FDS, afin de reproduire les essais sélectionnés et d'évaluer l'influence de différents paramètres (pression, distance d'impact, géométrie, etc.).
- Comparaison entre les résultats expérimentaux et les résultats simulés.
- Proposition de recommandations pour la modélisation des *impinging jet fires* dans le cadre de futures études de sécurité incendie.

Ce stage nécessite la maîtrise ou l'apprentissage d'outils numériques, en particulier dans les domaines des transferts thermiques (conduction, convection, rayonnement) et de la mécanique des fluides.

Le/la stagiaire pourra être aussi amené à travailler sur des études d'ingénierie réalisées par Efectis, par exemple pour appliquer la méthodologie développée. Cette expérience lui permettra de découvrir le métier d'ingénieur en sécurité incendie en travaillant sur des cas concrets au cœur d'une équipe d'ingénieurs au sein d'un bureau d'étude spécialisé.

En fonction de ses aspirations futures, le/la stagiaire pourra également être impliqué sur des projets ou actions de recherche en lien avec la Direction R&I d'Efectis.

4. INFORMATIONS

Période de début de stage : 1^{er} semestre 2026

Durée du stage : 6 mois

Localisation : Madrid (Espagne)

Rémunération : 75% du SMIC

Contact :

Borja RENGEL

Fire Safety Consultant, PhD

Agence Madrid, Espagne

Email : borja.rengel@efectis.com

Virginie DRÉAN

Project director R&D Department, PhD

Agence Bordeaux

Email : virginie.drean@efectis.com

Mots-clés : Ingénierie de sécurité incendie, hydrogène, jet de flamme, simulations numériques, CFD, FDS, transfert thermique.

