

ED SMAER

Sujet de thèses 2014

Laboratoire : LIMSI – CEA-Saclay DEN/DM2S/STMF/LIEFT

Etablissement de rattachement : CNRS et CEA

Directeur de thèse et section CNU ou CNRS : Christian Tenaud CNRS section 10

Codirection et section CNU ou CNRS :

Gilles BERNARD-MICHEL, CEA

Anne SERGENT, UPMC (section 60)

Titre de la thèse : Modélisation de l'entraînement dans les panaches air/hélium

Collaborations dans le cadre de la thèse :

LIMSI - CEA

Rattachement à un programme :

Le sujet peut être publié sur le site web de l'ED SMAER : OUI

Résumé du sujet :

La thèse se place dans le cadre de l'étude de sûreté de systèmes industriels utilisant l'hydrogène comme vecteur énergétique. De tels systèmes utilisent l'hydrogène, souvent sous forme comprimée (jusqu'à 700 bars) dans des bouteilles et également des tuyaux qui permettent la distribution.

En cas de perte de confinement de l'hydrogène, par rupture, piquage (rouille, problème de soudure) ou erreur humaine (vanne ouverte), ce dernier va s'échapper sous forme de jet ou de panache et se mêler à l'air pour former un mélange qu'il faut être capable de caractériser pour évaluer la dangerosité.

L'objectif de la thèse est d'aboutir à une modélisation du phénomène de mélange de deux gaz dans le cas d'écoulement de l'un dans l'autre sous forme de jets et de panaches. Cette modélisation, à l'échelle macroscopique, s'appuie sur l'utilisation d'un coefficient appelé coefficient d'entraînement, qui pour l'instant est très insuffisamment caractérisé pour pouvoir être prédictif en dehors de situations particulièrement extrêmes (jets purs pleinement développés etc...).

On s'appuiera sur un travail de simulation numérique des écoulements par méthode directe (DNS) initié au cours d'une précédente thèse, ainsi que les expériences PIV en cours dans le laboratoire pour élaborer un modèle prédictif pour ce coefficient d'entraînement, terme clé de la modélisation des mélanges.

Sujet développé (à présenter en 2 ou 3 pages maximum,
en précisant notamment le contexte, les objectifs, les résultats attendus)

Modélisation de l'entraînement dans les panaches air/hélium

La compréhension des mécanismes de distribution de l'hydrogène dans des enceintes confinées est essentielle à la démarche de sûreté, que ce soit dans le cadre des nouvelles technologies pour l'énergie (piles à combustibles stationnaires ou pour le transport) ou dans le cadre de l'industrie électronucléaire (accidents graves de réacteurs à eau).

Assez peu d'expériences ont été menées pour étudier la propagation de l'hydrogène dans l'air en raison de sa dangerosité et également des difficultés de mesures dans le cas de mélanges miscibles. Le laboratoire s'est appuyé sur des études de panaches d'hydrogènes, d'hélium ou de méthanes [1] ou de jets [2] pour définir des expériences mieux instrumentées, avec en vue, des mesures de concentrations gazeuses et de vitesses. L'utilisation de l'hélium, gaz dont les caractéristiques physiques sont proches de l'hydrogène, permet d'effectuer des expériences dans des conditions opératoires nettement moins onéreuses. Ainsi, le laboratoire LIEFT où se déroulera la thèse dispose de deux installations expérimentales GAMELAN et GARAGE : l'expérience Gamelan permet de mesurer, dans de petits volumes, la dispersion d'un jet d'hélium (gaz inerte aux propriétés les plus voisines de l'hydrogène), simulant une fuite d'hydrogène issue d'une pile à combustible d'automobile. Tandis que l'expérience GARAGE permet de mesurer, dans un milieu protégé des influences parasites externes, des panaches et jets dans des milieux « infinis », c'est-à-dire à plus de 100 diamètres d'injection et sans l'influence de parois proches. Le laboratoire dispose d'une équipe de techniciens et de moyens de mesure à la pointe (vélocimétrie laser PIV, LDV, mesures de concentration). Ce type d'expérience, à condition d'être réalisé avec soin, permettra d'obtenir des résultats de référence, en vitesse et concentration, pour la validation de modèles Bas Mach multi-espèces (Hélium/air).

Cette thèse fera suite à celle de Huong Lan TRAN soutenue en 2013, au cours de laquelle les modèles multi espèces ont été développés et validés, mais dans des cas 2D et 2D axisymétriques. La thèse de H.L. TRAN a montré l'importance de la prise en compte des phénomènes 3D pour capturer correctement le développement de la turbulence dans les écoulements. Le but général de la présente thèse sera double : l'objectif physique véritable est d'être capable de modéliser l'entraînement de l'air dans les panaches/jets d'hélium. Cet entraînement pilote la dilution du mélange, ainsi c'est lui qui est responsable de la distribution de la concentration d'hélium dans les volumes contenant la fuite. Sa connaissance est cruciale pour la fiabilité des modèles industriels (Linden 1991) utilisés pour déterminer les risques d'inflammabilité des mélanges. Les derniers modèles développés (Carazzo 2008) couvrent mal les panaches, pourtant très présents dans les scénarios accidentels des industriels. Idéalement, la thèse aboutira à un modèle de représentation du coefficient d'entraînement. Un deuxième objectif de la thèse est un objectif de moyen : pour arriver à ce résultat, il faudra poursuivre les développements de H.L. TRAN et développer un outil de calcul 3D pour simuler les écoulements par des approches DNS (simulation directe des petites échelles turbulentes). Tout ce travail s'articulera en parallèle autour des activités expérimentales du laboratoire. En effet, dans le cadre des projets européens HyIndoor et H2FC, des expériences de mesures laser sont déjà menées et seront poursuivies sur des écoulements identiques, donnant accès aux distributions de vitesse et de concentration.

La thèse s'achèvera par la validation des modèles sur les résultats expérimentaux obtenus sur l'installation GAMELAN, représentation simplifiée d'une pile à combustible. Un tiers de la thèse sera consacré à la bibliographie et à la rédaction, un tiers de la thèse à la modélisation numérique et un dernier tiers à la modélisation physique en s'appuyant sur la définition d'expérience et l'exploitation des mesures associées. Ce travail s'effectuera en collaboration avec le CNRS (LIMSI), auquel appartient le directeur de thèse retenu.

[1] Journal of Hazardous Materials (1994) vol 36, pp 209-226. "The build up of concentration within a single enclosed volume following a release of natural gas". Cleaver, Marshale et Linden

[2] Exp. Thermal and fluid science, (2001), 25, pp 283-291. "Scalar triple moments in variable density turbulent jets : experiments and models". Bouslini, Gharbi, Amielh et Fulachier