Etude expérimentale et modélisation de la propagation de flammes de prémélange dans un milieu confiné ou semi-confiné

Kodjo COUDORO – kodjo.coudoro@cnrs-orleans.fr

Directeur de thèse : Nabiha CHAUMEIX – CNRS-ICARE- Orléans, chaumeix@cnrs-orleans.fr

Thèse suivie à l'IRSN par Ahmed BENTAIB - IRSN, Fontenay-aux-Roses, ahmed.bentaib@irsn.fr

Thèse suivie à l'INERIS par Jérôme DAUBECH, Direction des Risques Accidentels – Pôle Phénomènes dangereux et résistance des structures – Explosion dispersion

L'explosion de gaz constitue une source d'accidents majeurs aussi bien dans les installations industrielles classiques que nucléaires. Dans les installations nucléaires, l'explosion de l'hydrogène peut entraîner la perte de confinement des matières radioactives et leur rejet dans l'environnement.

A l'IRSN, ce risque a été étudié dans le contexte des accidents graves de réacteurs à eau pressurisée, où l'hydrogène peut être produit soit par oxydation des gaines et des structures des éléments combustibles lors de la phase de dégradation du cœur ou soit par oxydation des métaux présents dans le bain de corium lors de la phase de l'interaction entre le corium et le béton.

Généralement, le scénario d'explosion d'hydrogène débute par un relâchement de l'hydrogène par une brèche localisée dans le local considéré. L'hydrogène ainsi relâché, se réparti dans l'atmosphère de manière hétérogène avec des concentrations locales qui peuvent dépasser le seuil d'inflammabilité du mélange gazeux. Une source d'énergie de quelques mJ suffit à initier la combustion. Aussi en présence de sources électriques ou de points chauds, il apparaît probable que l'inflammation se produise assez rapidement après l'entrée dans le domaine de combustion.

Sous l'effet des instabilités hydrodynamiques et de la turbulence, la déflagration initialement laminaire (vitesse de l'ordre du mètre par seconde) est susceptible de s'accélérer. Des régimes de combustion rapide peuvent ainsi être atteints : déflagration rapide (quelques centaines de mètres par seconde), Transition Déflagration Détonation (TDD) et détonation (plus de mille mètres par seconde). Ces phénomènes explosifs sont les plus menaçants et peuvent occasionner des chargements dynamiques locaux très importants sur la structure du confinement des matières radioactives et sur les équipements importants pour la sûreté.

Pour évaluer le risque d'explosion de l'hydrogène, l'IRSN utilise une méthode qui est le fruit de travaux de recherche et de développement menés en collaboration avec le CNRS-ICARE depuis une dizaine d'années. Cette méthodologie repose notamment sur l'utilisation de critères *a priori* permettant de mettre en exergue les situations dangereuses susceptibles de mener à des charges en pression et en température dommageables pour l'intégrité de l'enceinte de confinement.

Dans le cadre de la thèse, on se propose d'étendre ces critères *a priori* à l'ensemble des gaz explosibles susceptibles d'être utilisés dans les industries classiques et nucléaires. La démarche adoptée consiste à choisir trois gaz explosibles représentants de trois familles de gaz dont la caractéristique commune est leur réactivité.

Pour ce faire, une étude bibliographique a donc été réalisée au laboratoire ICARE sur les accélérations de flamme. Elle a permis de mettre en évidence le manque de données expérimentales sur les accélérations des flammes de prémélange autres que l'hydrogène et d'orienter le choix du premier gaz à étudier sur le gaz naturel en raison de l'intérêt de plus en plus croissant qui lui est accordé et de sa diversité. En effet, nous avons pu noter que le gaz naturel en fonction de sa provenance, pouvait présenter des compositions très variables responsables d'une réactivité différente. Nous avons donc pour le début de notre étude choisi d'étudier le G27 qui, en raison de sa forte teneur en azote (18%) semble être le moins réactif.

Pour cela, les mesures de vitesses de flammes ont été réalisées sur le G27 dans une bombe sphérique. L'inflammation se fait au moyen de deux électrodes et l'évolution de la flamme est observée à l'aide d'un montage Schlieren couplé à une camera rapide. De l'évolution du rayon de la flamme en fonction du temps l'on déduit la vitesse de flamme et la longueur de Markstein. Les expériences ont été réalisées à 1 et 2 Bars pour des températures allant de 30 à 120°C et des

richesses couvrant l'ensemble du domaine d'inflammabilité. Par la suite différents modèles cinétiques présents dans la littérature seront testés en comparant les vitesses de flammes modélisés à l'expérience, afin de choisir le modèle qui sera adopté pour la suite des travaux. Le modèle choisi servira enfin à déduire les paramètres fondamentaux de la combustion du G27 et principalement l'énergie d'activation qui ne sont pas mesurables expérimentalement.

Figure 1: Photo de la bombe sphérique

Mots clés : explosion, bombe sphérique, méthane, hydrogène, G27