

Etude expérimentale et numérique de la propagation du front de flamme lors d'une explosion de poussières combustibles.

Sous la direction de Frédéric HEYMES (LSR – IMT Mines-Alès) et Clément CHANUT (LSR – IMT Mines-Alès)

Les risques d'explosion de poussières sont fréquemment rencontrés dans les installations industrielles. Les secteurs industriels concernés sont nombreux (industrie pharmaceutique, céréalière, ...) et les composés pulvérulents mis en jeu sont d'une grande diversité (matières organiques, métalliques...). Les analyses de sûreté pour les problèmes d'explosion de gaz sont de plus en plus bâties sur des résultats par simulations numériques avec des logiciels CFD ou par des approches analytiques de type énergétique. Dans le premier cas, l'étape de déflagration (combustion pré-mélangée) est caractérisée par la propagation d'un front de flamme qui sépare les gaz frais des gaz brûlés. Cette vitesse de flamme est le plus souvent obtenue via des corrélations prenant en compte des paramètres physiques du problème ou via une vitesse de flamme laminaire que l'on vient modifier suivant la turbulence de l'écoulement (initiale, créée par des obstacles ou générée par le front de flamme). Le couplage entre combustion et turbulence est donc très important à prendre en compte afin de modéliser les déflagrations. Cependant, un manque de connaissance des mécanismes mises en jeu lors des déflagrations de poussières rend impossible la modélisation des conséquences d'une telle explosion en situation accidentelle ; par l'absence de corrélations entre combustion et turbulence, mais aussi par les mécanismes de combustion qui diffèrent de ceux observés dans le cas de déflagrations de prémélange gazeux.

Les logiciels de simulation numérique des phénomènes de déflagration s'appuient sur une donnée de base du phénomène de combustion : la vitesse de flamme laminaire. Cette vitesse est une donnée intrinsèque du mélange, ne dépendant pas des propriétés de l'écoulement. Dans le cas des expositions de prémélange gazeux, cette donnée est obtenue soit expérimentalement, soit théoriquement. Pour les explosions de poussières, aucune relation théorique ne permet à ce jour ce calcul a priori de la vitesse de flamme laminaire. De plus, l'étude expérimentale de la propagation d'une flamme dans une suspension de poussières en écoulement laminaire est impossible ; un niveau de turbulence minimal étant nécessaire à la mise en suspension de la poussière. Ainsi, la détermination expérimentale de cette vitesse de flamme laminaire reste un challenge expérimental.

La turbulence de l'écoulement va alors modifier cette vitesse de flamme laminaire ; une vitesse de flamme turbulente est ainsi obtenue. La relation reliant la vitesse de flamme laminaire et le niveau de la turbulence permettant d'obtenir la vitesse de flamme turbulente est une donnée d'entrée de ces logiciels de simulation numérique. Dans le cadre des explosions de poussières, peu de relations ont été proposées. La plupart des relations utilisées sont proches de celles obtenues dans le cadre des explosions de prémélange gazeux. Cependant, au vue de la différence des mécanismes intervenant dans le cadre des explosions métalliques, de telles relations semblent être inadaptées. Ainsi, la détermination expérimentation de la relation entre turbulence et combustion est indispensable comme donnée d'entrée de ces modèles. L'objectif principal de ce travail de thèse est l'étude expérimentale de la vitesse de flamme laminaire et de l'influence de la turbulence sur cette vitesse de flamme. Dans un premier temps, le travail consistera en l'élaboration d'un prototype de type brûleur

permettant l'étude de flammes stationnaires. Après un premier travail d'étude bibliographique et de conception, le pilote expérimental sera caractérisé ; notamment en termes de concentration et d'homogénéité de la suspension. En effet, un point important afin d'étudier des explosions de poudres est de s'assurer de l'homogénéité de la suspension dans laquelle la flamme se propage. Pour cela, une méthode optique basée sur l'extinction lumineuse d'un faisceau laser par la suspension pourra par exemple être mise au point.

Dans un second temps, les flammes de poussières seront étudiées à l'aide de ce prototype ; la vitesse de flamme ainsi que l'influence de la turbulence sur cette vitesse seront déterminées. Le phénomène global de combustion de ces poussières sera alors examiné : vitesse des gaz frais, flux radiatif émis, température de flamme... Ce travail pourra aussi s'appuyer sur des essais complémentaires réalisés dans la colonne expérimentale mise au point lors de précédents travaux. En effet, le prototype mise en place lors de cette thèse permettra l'étude d'une flamme stationnaire alors que la colonne précédemment conçue permet l'étude d'une flamme en propagation ; les résultats obtenus seront ainsi complémentaires.

Enfin, ce travail sera complété par la modélisation numérique du phénomène de propagation du front de flamme dans la colonne expérimentale mise au point lors de précédents travaux. Dans un premier temps, les relations précédemment obtenues (reliant turbulence et vitesse de flamme) pourront être implémentées dans le logiciel P²REMICS. Par la suite, la propagation du front de flamme dans la colonne expérimentale pourra être modélisée. Des propositions de modification du code existant pourront être proposées ; notamment par la prise en compte des effets thermiques étudiés précédemment.