

Modélisation de jet diphasique et du rain-out

Abdellah TOUIL

touil@emse.fr

Directeur de Thèse : Jean-Pierre BIGOT, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne

Correspondant INERIS : Patrick BONNET, Direction des Risques Accidentels

La thèse concerne la modélisation des jets diphasiques de gaz liquéfiés et plus particulièrement les mécanismes mis en jeu au voisinage de l'orifice lors de la formation des gouttes (diamètres de brèche compris entre quelques millimètres et quelques dizaines de centimètres). Elle vise à calculer l'évolution le long du jet de la température, de la concentration en fluide, de la taille et de la vitesse des gouttes mais également du rain-out. Elle s'inscrit dans le cadre du développement d'outils pour estimer des distances de sécurité.

Une attention toute particulière est apportée au mécanisme de formation des gouttes qui prend place au voisinage proche de l'orifice. En effet, la connaissance des mécanismes mis en jeu lors de la formation des gouttes devrait permettre de développer un modèle capable d'estimer la répartition de taille et de vitesse de goutte au niveau de la zone d'expansion. Du point de vue de l'INERIS, cette étape présente actuellement un niveau d'incertitude trop important. Comme cette étape constitue un préalable incontournable pour la plupart des modèles développés pour décrire l'évolution d'un jet diphasique, cette incertitude peut conduire à des écarts significatifs sur les résultats finaux.

Une campagne expérimentale a été menée en utilisant l'outil PLDA. Cette dernière a permis de mesurer le diamètre et la vitesse des gouttes qui résultent de la fragmentation du jet. Plusieurs températures de stockage du fluide (eau) ont été testées (110-160°C) avec différentes pressions de stockage (3-10 bar abs) ainsi que différentes géométries de la brèche (diamètre 2 et 5 mm pour le cas de l'orifice et diamètre 2 mm, 100 mm de longueur ; diamètre 5 mm et 250 mm de longueur pour le cas de la conduite).

Une première analyse des résultats a révélé la compatibilité des diamètres de gouttes mesurées avec les corrélations qui existent dans la littérature, à savoir que le diamètre moyen est compris entre 30 et 70 μm pour une température de stockage comprise entre 130 et 170 °C. Finalement la fonction de densité de probabilité (PDF) est compatible avec une distribution de type log-normal.

Les résultats expérimentaux ont montré l'existence de quelques gouttes (50 à 200 parmi 3000 gouttes) dont le diamètre est supérieur à 100 μm (généralement 200, 400 et 600 μm). Mais d'un point de vue massique, ces gouttes représentent environ la masse de 1000 gouttes de 60 μm . De ce fait, ces grosses gouttes représentent plus de 50 % de la masse. Par ailleurs, on a observé que ces quelques gouttes sont présentes dans le jet indépendamment des conditions de stockage, de la géométrie de la brèche, de la distance du point de mesure (le premier point de mesure se situe à 5 mm de la brèche et le dernier à 600 mm sur l'axe) et des mesures faites sur ou en dehors de l'axe du jet.

Il est à noter que des gouttes avec un tel diamètre n'ont jamais été évoquées dans la littérature. Cela peut être dû au fait que les expériences sont généralement menées sur des orifices de petits diamètres ($D_{\text{orifice}} < 500 \mu\text{m}$) et avec des pressions de stockage assez importantes (moteur à injection diesel). Il est probable aussi que les mesures sont généralement limitées à la plage de diamètres dans laquelle se situent la grande majorité des gouttes.

Ces grosses gouttes peuvent être le résultat d'une fragmentation thermique incomplète. Cependant certaines questions restent sans réponse pour le moment :

Pourquoi n'y a-t-il aucune corrélation entre le diamètre des gouttes et les conditions de stockage ?

Le diamètre des gouttes reste indépendant de la géométrie de la brèche (orifice ou conduite) même si le mécanisme de fragmentation est franchement différent dans les deux cas.

Pour confirmer l'existence de ces grosses gouttes, une deuxième méthode expérimentale (oxyde de magnésium) indépendante de la première sera employée.

Par ailleurs, l'existence de ces gouttes peut probablement expliquer la présence du rainout tout près de la brèche. Nous pouvons donc espérer mettre au point un modèle nettement plus réaliste que ceux qui existent jusque là.