

Cavitation dans les injecteurs diesel

Loïc Méès,

UMR CNRS 5509,

Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique,

Ecole Centrale de Lyon.

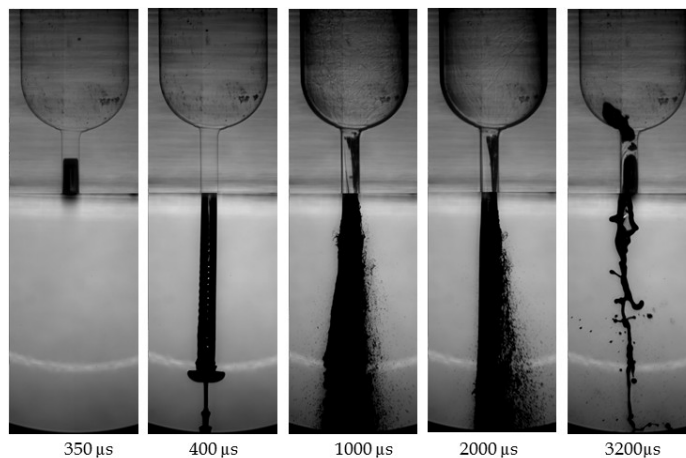
Dans les moteurs à combustion interne, le carburant est injecté sous forme de fine gouttelettes directement dans la chambre de combustion. La qualité du spray ainsi formé conditionne l'évaporation du carburant, son mélange avec l'air et donc la qualité de la combustion. L'injection est ainsi un paramètre clé pour l'optimisation des moteurs en termes de consommation et d'émissions polluante.

Le carburant est porté à très haute pression est injecté au travers de très petits orifices au niveau de la buse d'injection. Dans les injecteurs diesel, les pressions d'injection peuvent être supérieures à 2000 bar. Le diamètre des orifices est typiquement compris entre 80 et 150 μm . Le carburant y est fortement accéléré, ce qui conduit à des chutes de pression telles, qu'elles entraînent le plus souvent l'apparition de cavitation. Le phénomène de cavitation est le plus souvent considéré comme une source de nuisance (bruit, endommagement, limitation des performances, ...). Dans le cas particulier de l'injection directe, la cavitation réduit le débit de carburant mais elle présente également des avantages. La cavitation joue ainsi un rôle positif en limitant l'encrassement de l'injecteur, problématique dont l'importance de cesse de grandir avec la part croissance des bio-carburants. La cavitation a également un effet sur l'atomisation du jet liquide en sortie d'orifice et donc sur la formation du spray. Dans certaines conditions, la présence de cavitation favorise l'atomisation, selon des mécanismes qui restent à identifier.

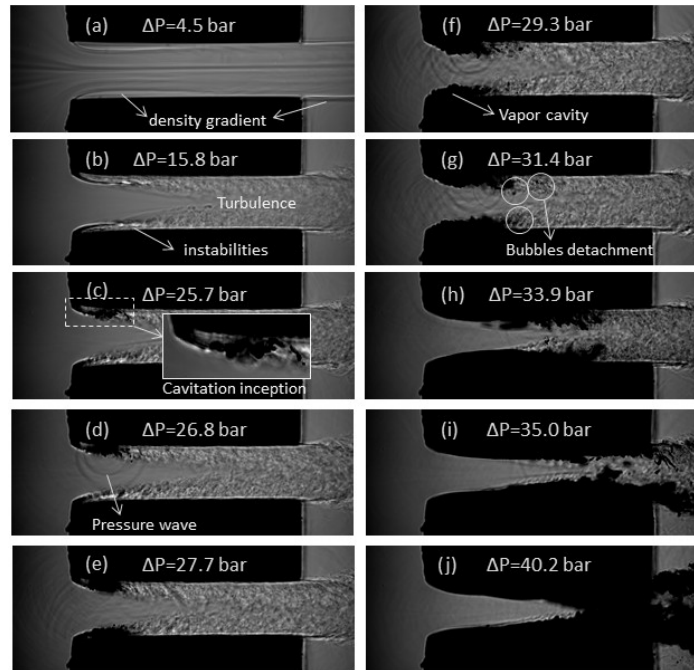
Les calculs numériques participent pleinement à l'élaboration des nouveaux injecteurs. Les modèles utilisés ne rendent cependant pas compte de toute la complexité de l'écoulement, de sa nature diphasique et des changements de phase dont il est le siège. Des modèles de cavitation existent mais nous manquons cruellement de données expérimentales susceptibles de les valider ou de les faire progresser. Le constat est le même pour les codes de calculs scientifiques de type DNS (Simulation Numérique Directe) ou LES (Simulation des grandes échelles) qui se heurtent au problème de la modélisation du déclenchement de la cavitation, ne prennent pas en compte simultanément la nature diphasique et incompressible de l'écoulement.

Deux bancs d'essai ont été développés au LMFA pour tenter de répondre à ce besoin. L'étude expérimentale de l'injection diesel est difficile. Les pressions d'injection élevées, les faibles dimensions, les très grandes vitesses d'écoulement, l'opacité des buses d'injection et la complexité de leur géométrie sont autant de

contraintes qui s'ajoutent à la complexité de l'écoulement lui-même, diphasique turbulent et fortement instationnaire. De telles études nécessitent des simplifications et demande le développement d'une instrumentation spécifique. Un premier banc d'essais a été construit autour d'un injecteur muni d'une buse transparente de géométrie simplifiée. Des moyens optiques permettent de visualisée simultanément l'écoulement intérieur siège de cavitation, et le jet liquide en sortie. Ces moyens permettent d'étudié l'influence de différent paramètres, géométrique ou hydraulique, sur le développement de la cavitation et ouvre de perspectives sur l'étude sur l'influence de la cavitation sur l'atomisation du jet. Un second banc est construit autour d'un orifice 2D. Cette géométrie davantage simplifiée permet une plus grande maitrise des paramètres géométriques, et notamment des états de surface, ainsi que la mise en place de moyens de mesure optique précis et complémentaires. Une analyse minutieuse des résultats et un effort d'interprétation croisé des images nous permettent de préciser les conditions de déclenchement de la cavitation et d'apporter des explications à des observations parfois inattendues.



Images simultanées de l'écoulement interne à la buse et du jet liquide en sortie



Images en transmission sensibles aux gradients de densité d'un écoulement de canal cavitant.