

SUJET DE THESE



DYNAMIQUE DES DETONATIONS EN MILIEU GAZEUX NON-UNIFORME

Encadrants : Vincent RODRIGUEZ, Pierre VIDAL

Courriels : vincent.rodriquez@ensma.fr, pierre.vidal@ensma.fr

Téléphones : 05 49 49 82 88 / 05 49 49 81 71

Début de la thèse : octobre 2022

Durée : 36 mois

Employeur : ISAE-ENSMA

Rémunération : 1506 € net/ mois

Lieu de la thèse : Institut PPRIME UPR 3346 CNRS, Département Fluide, Thermique et Combustion, équipe DETONIQUE, ISAE-ENSMA, Futuroscope-Chasseneuil, France

La compréhension des comportements de la détonation dans les mélanges explosifs gazeux non uniformes est l'un des plus anciens problèmes de la dynamique des explosions. Les états initiaux variables sont rencontrés dans beaucoup de situations d'intérêt pratique telles que la sécurité des biens et des personnes ou la propulsion aérospatiale avancée. Ils peuvent être accidentels comme les fuites d'hydrogène de conduites, de réservoirs ou d'enveloppes internes de réacteurs nucléaires et celles d'hydrocarbures gazeux. Ils peuvent également résulter de contraintes technologiques comme dans les chambres de moteurs à détonation rotative (RDE) à injection non pré-mélangée du combustible et de l'oxydant, et leurs mélanges avec une fraction résiduelle de gaz brûlés.

La distribution et l'utilisation sécurisées de l'hydrogène, pur ou en mélange, combinées à des modes de propulsion plus efficaces sur le plan thermique, constituent l'un des ensembles thématiques privilégié par la communauté scientifique pour ralentir le réchauffement climatique. Il est impossible d'anticiper toutes les configurations de distributions non uniformes d'explosifs, et cette étude essentiellement expérimentale s'intéresse donc à deux configurations génériques conçues comme des limites représentatives d'un large éventail de situations réelles pour des fluides monophasiques gazeux.

SUJET DE THESE



(1) Couches de composition variable normalement à la direction de propagation de la détonation. Des couches verticales de gaz inertes et de réactifs pré-mélangés seront alternées. Cette configuration est une idéalisation de technologies d'injection de jets pour (i) les chambres de RDE et (ii) la mitigation de déflagrations ou de détonations accidentelles. L'étude considèrera à injecter des jets de gaz inerte dans une composition réactive pré-mélangée, ou des jets de gaz réactif pré-mélangé dans un gaz inerte.

(2) Couches de composition variable parallèlement à la direction de propagation de la détonation. L'étude considèrera deux couches gazeuses, l'une inerte, l'autre réactive. Cette configuration est une idéalisation de stratifications accidentelles formées lors de fuites lentes.

Des moyens expérimentaux spécifiques à la dynamique des détonations seront mis en œuvre : capteurs de pression dynamique à très court temps de réponse, enregistrements de la détonation sur plaques à dépôt de carbone, visualisations par strioscopie et chimiluminescence avec caméra ultra-rapide ($\sim 10^7$ images/s). La chambre de visualisation comportera deux axes optiques pour caractériser la dynamique des ondes dans les trois dimensions.

Ce projet, essentiellement expérimental, vise ainsi à contribuer à la dynamique des fluides réactifs compressibles par des observations expérimentales de plusieurs phénomènes d'interface spécifiques à la physique des hautes pressions et des hautes vitesses, notamment les interactions entre chocs obliques et normaux et le mélange de jets. Ces phénomènes déterminent en effet la physique des causes et des conséquences des déflagrations et des détonations dans de nombreuses configurations d'intérêt pratique. Les résultats contribueront également à rendre les simulations numériques plus réalistes, voire prédictives. Cette thèse fait partir d'un projet financé pour l'Agence Nationale de la Recherche. Les applications vont du domaine de la sécurité industrielle à la propulsion aéronautique et spatiale.