** Avis de Soutenance**

Monsieur Zhihao DING

Energétique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*simulation aux grandes échelles et analyse spatio-temporelle de l'aérodynamique interne moteur*

dirigés par Monsieur FABRICE FOUCHER et Monsieur Stéphane JAY

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU
Unité de recherche : PRISME - Laboratoire Pluridisciplinaire de Recherche en Ingénierie des Systèmes et Mécanique Energétique

Soutenance prévue le ***vendredi 09 décembre 2022*** à 14h00
Lieu :   IFP Energies nouvelles 1-4 Avenue du Bois Préau 92852 Rueil-Malmaison
Salle : Amphi Séquoia

**Composition du jury proposé**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| M. FABRICE FOUCHER  | Université d'Orléans  | Directeur de thèse  |
| Mme Karine TRUFFIN  | IFP Energies nouvelles  | Co-encadrante de thèse  |
| M. Jacques BORéE  | ISAE-ENSMA   | Examinateur  |
| M. Christian TENAUD  | CNRS Gif-sur-Yvette  | Examinateur  |
| M. Stephane JAY  | IFPEN  | Co-directeur de thèse  |
| M. Benjamin BöHM  | TU Darmstadt  | Examinateur  |
| M. Abdel BOUDRAA  | Ecole Navale  | Rapporteur  |
| M. Stefano FONTANESI  | Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia  | Rapporteur  |

|  |  |
| --- | --- |
| **Mots-clés :**  | Écoulement interne,Variations cycle-à-cycle,Décomposition en modes empiriques,Simulation aux grandes échelles,Turbulence,Mouvement organisé à grande échelle |

|  |
| --- |
| **Résumé :**   |
| Parmi les utilisations possibles de l'hydrogène en tant que futur vecteur d'énergies renouvelables, sa combustion, soit en tant que carburant, soit en tant qu'additif dans un moteur à allumage commandé, est considérée comme un moyen possible d'atteindre les objectifs de réduction totale des émissions (gaz à effet de serre et polluants nocifs) du transport routier. Des stratégies comme la combustion pauvre ont un énorme potentiel pour améliorer l'efficacité thermique et réduire les émissions de polluants. Cependant, la combustion pauvre est associée à des problèmes tels que les variations cycle-à-cycle (CCV) dans le processus de combustion, ce qui pénalise le rendement moteur et peut conduire à des ratés d'allumage dans certains cycles extrêmes. La compréhension et la réduction des CCV sont un des principaux sujets de recherche en ingénierie automobile. Des études antérieures ont mis en évidence l'importance de l'aérodynamique interne, caractérisée par un écoulement turbulent tourbillonnaire appelé rouleau, comme l'une des principales sources de CCV puisque les structures de l'écoulement, tant à grande qu'à petite échelle, présentent un certain niveau de variabilité. L'objectif de cette thèse est de comprendre plus en détail le rôle de l'aérodynamique interne sur les variabilités de combustion. Dans ce contexte on s'appuie sur la simulation aux grandes échelles (LES) qui permet de résoudre les tourbillons jusqu'à une certaine échelle. Elle permet également de prédire les phénomènes instationnaires et les variabilités cycliques. Cependant, au vu de la grande quantité de données générée, des outils adaptés sont nécessaires pour identifier le mouvement des grandes structures de l'écoulement et le mouvement fluctuant associé à la turbulence, les deux pouvant être à l'origine des variabilités cycle-à-cycle observées dans un moteur. La méthode proposée ici est basée sur la décomposition en modes empiriques (EMD) qui permet d'extraire les composantes basse et haute fréquence de n'importe quel signal. Dans cette présente étude, la méthode a été étendue pour être appliquée en 2D puis en 3D sur des champs de vitesse issue de résultats LES en géométries complexes. Les avantages de cette méthode sont de n'utiliser qu'un seul champ de vitesse contrairement aux approches plus classiques comme la POD et de ne pas nécessiter de fonction à priori contrairement à des approches de type ondelette ou filtre Gaussien. On peut ainsi traiter n'importe quel champ de vitesse au cours d'un cycle moteur et avoir accès à la variabilité du mouvement d'ensemble entre les cycles ce qui est un apport majeur dans l'analyse et la compréhension des mécanismes physiques conduisant aux variabilités cycliques de la combustion. En outre, cela permet de définir des descripteurs propres à ces composantes haute et basse fréquence ainsi qu'à leur variabilité pour quantifier l'impact des différents phénomènes (jets de soupapes, interactions avec les parois, mouvement du rouleau). En termes d'application, des simulations LES multi-cycles d'un moteur de recherche installé à TU Darmstadt ont été réalisées sur un cas entraîné et sur un cas réactif. Les techniques EMD développées ont été combinées avec un algorithme d'identification des tourbillons permettant ainsi de mettre en évidence le lien entre la déformation du rouleau pendant la phase de compression et la vitesse de propagation de la flamme. Le rôle des interactions entre certains écoulements dominants pendant la phase d'admission, ainsi que la déviation de l'écoulement sur le piston près du point mort bas ont également été mises en évidence. Ces travaux ont permis le développement d'une technique innovante pour définir de nouveaux descripteurs de l'écoulement turbulent dans des situations fortement instationnaires. Elle ouvre la voie à des analyses encore plus poussées de l'aérodynamique turbulente en vue d'identifier des mécanismes à l'origine de certaines phénomènes indésirables pour les systèmes énergétiques. |