

Étude de la combustion à volume constant de biogaz hydrogéné dans une chambre cylindrique : modélisation et instrumentation d'un banc d'essai

Résumé : L'objectif de la thèse est le développement d'un banc expérimental pour l'analyse de la combustion des biogaz CH_4/CO_2 avec ajout d'hydrogène H_2 . Les enceintes de combustion à volume constant présentées dans la littérature sont souvent de forme sphérique notamment pour la simplicité de la géométrie et la possibilité d'utiliser les modèles empiriques existants. Dans ce travail de thèse, nous avons conçu un banc expérimental basé sur une chambre de combustion cylindrique à volume constant pour analyser la réactivité des mélanges gazeux, la durée de combustion, le dégagement de chaleur, et le rayonnement des gaz. Une géométrie cylindrique a été préférée car elle permet de s'approcher des conditions des chambres de combustion des moteurs thermiques. Plusieurs modélisations de la phase de combustion tenant compte du transfert radiatif dans les gaz sans lequel il est impossible de faire correspondre les résultats expérimentaux à ceux de la simulation, sont proposées pour une meilleure compréhension de la combustion dans la chambre. D'une part, un modèle 0D proposée utilise la bibliothèque de combustion Cantera et le solveur radiatif HAPI fondé sur les bases de données spectroscopiques HITRAN 2020 et HITEMP 2010. D'autre part, une approche CFD-2D est réalisée sur le COMSOL Multiphysics© par résolution des équations de Navier Stocks en milieu réactif. Enfin pour valider les simulations, une campagne de mesures a été menée pour étudier la combustion de mélanges gazeux synthétiques de types biogaz s'approchant de la composition des gaz issus de la biomasse lignocellulosique. Une analyse comparative entre les données des expériences et les résultats de modélisation est proposée.

Mots clés : CVCC, biogaz, déflagration, flamme tulipe, pyrométrie, émissivité

Study of the constant volume combustion of hydrogenated biogas in a cylindrical chamber: modeling and instrumentation of the experimental set-up

Abstract : The main objective of the thesis is the development of an experimental set-up for the analysis of CH_4/CO_2 biogas combustion with the addition of hydrogen H_2 . The constant volume combustion chambers presented in the literature are often spherical in shape, notably for the simplicity of the geometry and the possibility of using existing empirical models. In this thesis work, we have designed an experimental apparatus based on a cylindrical constant volume combustion chamber to analyze the reactivity of gas mixtures, the combustion time, the heat release, and the gas radiation. A cylindrical geometry was preferred because it allows to approach the conditions of combustion chambers of thermal engines. Several models of the combustion phase taking into account the radiative transfer in the gases without which it is impossible to match the experimental results to those of the simulation, are proposed for a better understanding of the combustion in the chamber. On the one hand, a 0D model is proposed using the Cantera combustion library and the HAPI radiative solver based on the HITRAN 2020 and HITEMP 2010 spectroscopic databases. On the other hand, a CFD-2D approach is performed on COMSOL Multiphysics© by solving the Navier Stocks equations in a reactive flow. Finally, to validate the simulations, a measurement was conducted to study the combustion of synthetic gas mixtures of biogas types approaching the composition of gases from lignocellulosic biomass. A comparative analysis between experimental data and modeling results is proposed.

Keywords : Biogas explosion, hydrogen enrichment, closed vessel, tulip flame, pyrometry, emissivity