



جامعة محمد الخامس بالرباط
Université Mohammed V de Rabat

École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes
Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE DE DOCTORAT

Madame Zahra BOURAMDANE

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Sciences de l'ingénieur

Le Mercredi 27 Juillet 2022 à 10H au Grand amphi à l'ENSAM de Rabat

Intitulé de la thèse

ANALYSE DES PERFORMANCES ET SIMULATION NUMÉRIQUE D'UN MOTEUR ET D'UN RÉFRIGÉRATEUR THERMOACOUSTIQUE À ENTRAÎNEMENT THERMIQUE

Devant le Jury composé de :

Président :

Mohammed GAROUM, PES, Ecole Normale Supérieure, Université Mohammed V de Rabat

Directeur de thèse :

Pr. Abdellah BAH, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Co-Encadrant :

Pr. Mohamed Alaoui, PES, ENSAM, Université Mohammed V, Rabat

Rapporteurs :

Pr. Abdelkader BOULEZHAR, PES, Faculté des Sciences Ain Chock, Université Hassan II

Pr. Najma LAAROUSSI, PH, EST-Salé, Université Mohammed V, Rabat

Pr. Mohamed ROUGUI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Examineurs :

Pr. Omar ANSARI, PH, ENSAM, Université Mohammed V, Rabat

Pr. Mustapha MALHA, PH, ENSAM, Université Mohammed V, Rabat



Résumé : En pratique, les réfrigérants sont utilisés dans le système de réfrigération conventionnel pour obtenir l'effet de refroidissement requis. Ces réfrigérants produisent des chlorofluorocarbones (CFC) et des hydrochlorofluorocarbures (HCFC) qui sont très nocifs pour l'environnement, notamment en raison de l'appauvrissement des couches d'ozone qui entraîne des émissions de gaz à effet de serre. Afin de surmonter ces effets, la recherche doit être axée sur le développement d'un système de réfrigération écologique. Le système de réfrigération thermoacoustique est l'un de ces systèmes où les ondes sonores sont utilisées pour pomper de la chaleur. La science thermoacoustique s'intéresse à l'interaction entre la thermodynamique et l'acoustique. Cette interaction peut apporter de nombreuses applications innovantes dans la production d'énergie et la réfrigération. Les dispositifs thermoacoustiques peuvent être classés en trois catégories principales : Un moteur thermique thermoacoustique, où l'énergie thermique (chaleur) est transformée en énergie acoustique (son) ; un réfrigérateur thermoacoustique ou une pompe à chaleur, où l'énergie acoustique est transformée en un transfert de chaleur d'un espace froid vers un espace chaud ; et le réfrigérateur thermoacoustique piloté par l'acoustique, qui est un moteur thermoacoustique pilotant un réfrigérateur thermoacoustique. Le travail décrit dans cette thèse se concentre sur l'étude des effets des principaux paramètres géométriques ainsi que les paramètres de fonctionnement sur l'efficacité thermique (th) et le coefficient de performance (COP) de ces dispositifs et, par conséquent, de proposer des lignes directrices pour la conception des dispositifs afin de maximiser leurs performances. Dans un premier temps, une évaluation des performances d'un moteur et d'un réfrigérateur thermoacoustique avec un stack formé de plaques parallèles est réalisée à l'aide d'un algorithme d'optimisation (code Matlab) basé sur la théorie de la thermoacoustique linéaire simplifiée, l'optimisation des différentes parties des dispositifs sera discutée, et de même certains critères seront étudiés pour obtenir un système optimal. Ensuite, une analyse CFD d'un moteur et un réfrigérateur thermoacoustique complet à entraînement thermique réalisée avec l'outil de modélisation numérique Comsol Multiphysics sera présentée. Ce logiciel a été utilisé pour modéliser et prédire les sorties des dispositifs thermoacoustiques étudiés en terme de la pression acoustique produite dans le moteur et de la température de réfrigération obtenue à l'extrémité froide du stack de réfrigération. Le modèle CFD a d'abord été validé à l'aide des résultats des travaux précédents, puis a été utilisé pour le processus d'amélioration.



جامعة محمد الخامس بالرباط
Université Mohammed V de Rabat

Abstract: In practice, refrigerants are employed in conventional refrigeration systems to provide the necessary cooling effect. These refrigerants emit chlorofluorocarbons (CFCs) and hydrochlorofluorocarbons (HCFCs), which are extremely hazardous to the environment, particularly owing to ozone depletion, which causes greenhouse gas emissions. To counteract these consequences, research should concentrate on the creation of an ecologically friendly refrigeration system. One such method is thermoacoustic refrigeration, which uses sound waves to remove heat. Thermoacoustic science studies the relationship between thermodynamics and acoustics. This interaction has the chance of leading to a slew of novel applications in power production and refrigeration. Thermoacoustic devices are classified into three types: thermoacoustic heat engines, which convert thermal energy (heat) into acoustic energy (sound); thermoacoustic refrigerators or heat pumps, which convert acoustic energy into heat transfer from a cold space to a warm space; and thermoacoustically driven thermoacoustic refrigerators, which are engines that drive thermoacoustic refrigerators. The work detailed in this thesis focuses on the impact of the primary geometrical features as well as the operational parameters on the thermal efficiency (η) and coefficient of performance (COP) of these devices, with the goal of proposing guidance for device design to maximize their performance. In the first step, the performance of a thermoacoustic engine and refrigerator with a stack formed by parallel plates is evaluated using an optimization algorithm (Matlab code) based on the simplified linear thermoacoustic theory, the optimization of the various parts of the devices is discussed, and some criteria are studied to obtain an optimal system. The numerical modeling program Comsol Multiphysics will then be used to do a CFD study of a full thermoacoustic engine and thermoacoustically powered thermoacoustic refrigerator. This program was used to simulate and anticipate the outputs of the thermoacoustic devices investigated in terms of engine sound pressure and refrigeration temperature at the cold end of the refrigeration stack. The CFD model was validated using earlier work findings before being used for the improvement process.

