

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 Siham GHATOS

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

Spécialité : Génie Energétique

Le Mardi 17 Juin 2025 à 10h30 au Grand Amphi à l'ENSAM de Rabat

Intitulé de la thèse

Study of a new Square Mini-Channel Air-Cooled Subcooler Heat Exchanger in an Absorption Machine

Président :

Pr. Amal TMIRI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Directeur de thèse :

Pr. Mourad TAHA JANAN, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Rapporteurs :

Pr. Jaouad KHARBACH, PES, Faculté des Sciences, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès

Pr. Abdelhai RAHMANI, PES, Faculté des Sciences, Université Moulay Ismaïl, Meknès

Pr. Mourad BOUTAHIR, MCH, ENS, Université Moulay Ismaïl, Meknès

Examineur :

Pr. Ayoub GOUNNI, MCH, FS-Ain Chock, Université Hassan II, Casablanca

Résumé : La dépendance mondiale aux systèmes énergétiques basés sur les combustibles fossiles constitue un facteur majeur des crises environnementales et économiques actuelles. Parmi ces systèmes, les unités de climatisation électrique jouent un rôle significatif dans la consommation primaire d'énergie, aggravant la demande en électricité et la dégradation de l'environnement. Les systèmes de refroidissement par absorption, grâce à leurs faibles besoins en énergie électrique et à l'utilisation de fluides respectueux de l'environnement, représentent une alternative durable aux systèmes de compression conventionnels utilisant des réfrigérants nocifs. Cependant, ces machines d'absorption rencontrent des défis tels qu'une capacité de refroidissement et une efficacité réduite, ce qui limite leur adoption à grande échelle. Cette recherche vise à relever ces défis en explorant l'intégration d'un échangeur de chaleur novateur à mini-canaux, refroidi par air et conçu pour fonctionner comme sous-refroidisseur de solution dans les systèmes de refroidissement par absorption. L'objectif principal est d'augmenter la capacité de refroidissement et d'améliorer l'efficacité globale des machines à absorption. L'étude débute par l'identification des défis environnementaux et énergétiques liés aux systèmes de refroidissement conventionnels. La recherche poursuit avec une revue détaillée des principes et des avancées des technologies de refroidissement pour les systèmes d'absorption, accompagnée d'une analyse approfondie des échangeurs de chaleur à mini-canaux. Ces revues mettent en avant leur conception, leurs performances thermo-hydrauliques et les avantages qu'ils offrent par rapport aux échangeurs traditionnels. L'étude se concentre ensuite sur la conception et l'évaluation expérimentale et numérique de l'échangeur de chaleur proposé. Les investigations expérimentales concernent l'évaluation des performances thermiques et hydrauliques du sous-refroidisseur à mini-canaux en conditions stationnaires et transitoires. Des métriques telles que l'efficacité du transfert thermique, les pertes de charge et la résistance thermique sont analysées pour comprendre le comportement du sous-refroidisseur dans divers scénarios opérationnels. La convection forcée est identifiée comme un facteur clé pour améliorer les performances, permettant des réductions significatives de la résistance thermique et des temps de stabilisation plus rapides. Les résultats de cette recherche démontrent le potentiel du nouvel échangeur de chaleur à mini-canaux pour améliorer la capacité de refroidissement et l'efficacité des systèmes de refroidissement par absorption tout en réduisant leur impact environnemental. Ce travail fournit des informations précieuses sur l'intégration de technologies avancées d'échangeurs de chaleur dans des applications réelles, soutenant le développement de solutions de refroidissement durables et écoénergétiques.

Mots-clés : Echangeurs de chaleur, Machine à absorption, Mini canaux, Réfrigération solaire, Sous-refroidisseur

Abstract: The global reliance on fossil fuel-based energy systems is a major contributor to environmental and economic crises. Among these systems, electrical air-conditioning units are significant drivers of primary energy consumption, exacerbating electricity demand and environmental degradation. This situation points out the importance of sustainable alternatives to conventional cooling technologies. With minimal electrical power requirements and environmentally friendly working fluids, absorption cooling systems present a sustainable alternative to traditional compression-based systems that rely on harmful refrigerants. However, absorption machines face challenges such as reduced cooling capacity and efficiency, which limit their widespread adoption. This thesis explores an innovative approach to overcoming these limitations through the integration of a novel air-cooled square minichannel heat exchanger, functioning as a solution subcooler, into absorption cooling systems. The research aims to enhance the cooling capacity and overall efficiency of absorption machines by leveraging the unique advantages of minichannel heat exchangers, including compactness, superior heat transfer, and improved thermal-hydraulic performance. The study begins by identifying the environmental and energy challenges associated with conventional cooling systems. It then provides a detailed review of the principles and advancements in absorption cooling technologies and a comprehensive analysis of multi-channel heat exchangers. These reviews emphasize their design, thermal-hydraulic performance, and their benefits over traditional heat exchangers. The study then transitions into the design and experimental and numerical evaluation of the proposed heat exchanger. Experimental investigations focus on evaluating the thermal and hydraulic performance of the minichannel subcooler under steady-state and transient conditions. Metrics such as heat transfer efficiency, pressure drops, and thermal resistance are analyzed to understand the subcooler's behavior under various operational cases. Forced convection is identified as a key factor in enhancing performance, achieving significant reductions in thermal resistance, and faster stabilization times. The findings of this research demonstrate the potential of the novel minichannel heat exchanger to improve the cooling capacity and efficiency of absorption cooling systems while reducing their environmental impact. This work offers helpful information about the integration of advanced heat exchanger technologies into real-world applications, supporting the development of sustainable and energy-efficient cooling solutions.

Keywords: Absorption machine, Heat Exchangers, Mini channels, Solar refrigeration, Subcooler