

THESE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 602

Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes

Spécialité : Energétique - Thermique - Combustion

Par

Yaxi LI

Optimisation topologique des dissipateurs thermiques à refroidissement liquide basée sur l'algorithme génétique

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 25/09/2026

Unité de recherche : Laboratoire de Thermique et Energie de Nantes (CNRS UMR 6607)

Rapporteurs avant soutenance :

Talib DBOUK

Pierre-Henri COCQUET

Professeur des universités, CORIA, CNRS UMR6614

Maitre de conférences des universités (HDR), SIAME, UR4581

Composition du Jury :

Examineurs : Michel GRADECK

Professeur des universités, LEMTA, CNRS UMR7563

Dir. de thèse :

Yilin FAN

Directeur de recherche, CNRS, LTeN, Nantes Université

Co-dir. de thèse :

Cathy CASTELAIN

Directrice de recherche, CNRS, LTeN, Nantes Université

Co-encadrant. de thèse : stéphane ROUX

Maitre de conférences des universités, LTeN, Nantes Université

Invité(s)

Lingai LUO

Directrice de recherche retraitée

Titre : Optimisation topologique des dissipateurs thermiques à refroidissement liquide basée sur l'algorithme génétique

Mots clés : optimisation topologique ; transfert thermique conjugué ; algorithme génétique ; dissipateur thermique refroidi par liquide ; optimisation multi-matériaux ; résistance thermique de contact.

Résumé : Face à l'augmentation continue de la densité de puissance des dispositifs électroniques et à la demande croissante en gestion thermique efficace dans les systèmes énergétiques avancés, la conception de systèmes thermo-fluidiques à hautes performances est devenue un enjeu majeur. L'optimisation topologique (TO) s'est imposée comme une méthodologie de conception performante pour les systèmes de transfert thermique conjugué ; toutefois, les approches existantes demeurent limitées par un coût de calcul élevé, des capacités de conception tridimensionnelle restreintes et une prise en compte insuffisante des configurations multi-matériaux. Cette thèse présente une étude systématique de l'optimisation topologique appliquée aux problèmes de transfert thermique conjugué.

Un cadre 3D-GATO est développé pour les dissipateurs thermiques refroidis par liquide soumis à des conditions de chauffage non uniformes. Un algorithme PAGA est proposé afin d'améliorer l'efficacité computationnelle, tandis qu'une approche MMTO est mise en place pour étudier l'influence de la conductivité thermique des matériaux, de leur coût et de la résistance thermique de contact. Les résultats obtenus apportent de nouvelles perspectives théoriques ainsi que des outils de conception pratiques pour le refroidissement des dispositifs électroniques à fort flux thermique, les systèmes énergétiques avancés et les technologies de gestion thermique de nouvelle génération.

Title : Genetic algorithm-based topology optimization of liquid-cooled heat sinks

Keywords : topology optimization; conjugate heat transfer; genetic algorithm; liquid-cooled heat sink; multi-material optimization; thermal contact resistance

Abstract : With the continuous increase in power density of electronic devices and the growing demand for efficient thermal management in advanced energy systems, the design of high-performance thermo-fluid systems has become a critical challenge. Topology optimization (TO) has emerged as a powerful design methodology for conjugate heat transfer systems; however, existing approaches still suffer from high computational cost, limited 3D design capability, and insufficient consideration of multi-material configurations. This thesis presents a systematic study of TO for conjugate heat transfer.

3D-GATO framework is developed for liquid-cooled heat sinks under non-uniform heating conditions, PAGA is proposed to improve computational efficiency, and MMTO approach is established to investigate the effects of material thermal conductivity, material cost, and thermal contact resistance. The outcomes provide new theoretical insights and practical design tools for high-heat-flux electronics cooling, advanced energy systems, and next-generation thermal management applications.