

**Titre :** Modélisation de caloduc oscillant

**Mots clés :** caloduc oscillant, films liquide, lignes de contact triphasées, modèle OFT (Oscillating Film Thickness), transfert de chaleur, microcanaux.

**Résumé :** Le caloduc oscillant (Pulsating Heat Pipe- PHP, en anglais) est une alternative prometteuse aux caloducs conventionnels pour répondre aux demandes croissantes de l'industrie du refroidissement électronique. Il s'agit d'un dispositif de transfert de chaleur innovant aux performances exceptionnelles. Cependant, en raison de la complexité des phénomènes physiques impliqués, une théorie complète pour la modélisation du PHP reste en cours de développement. En principe, les PHP contiennent un canal de fluide capillaire partiellement chargé d'un fluide de travail. En raison de la capillarité, des bouchons de liquide et des bulles de vapeur (slugs) se forment naturellement à l'intérieur. Le changement de phase sur les films liquides créés par le retrait des bouchons de liquide est le principal mécanisme de transfert d'énergie. Le développement d'un modèle numérique nécessite une bonne compréhension du comportement du film liquide. Par conséquent, la thèse aborde d'abord la dynamique des films liquides au niveau d'un seul canal de fluide, ce qui inclut le dépôt de films par des bouchons

oscillants et le retrait des lignes de contact triples lors de l'évaporation. Notre étude théorique est en accord avec l'observation expérimentale et a de nombreuses applications qui impliquent des phénomènes de changement de phase sur des films liquides. Par exemple, l'analyse a été employée pour élucider la formation et l'évolution de la microcouche liquide dans l'ébullition nucléée. Un modèle numérique unidimensionnel de films liquides, appelé modèle OFT (Épaisseur de film oscillant, Oscillating Film Thickness en anglais), est développé. D'une part, le nouveau modèle est efficace du point de vue informatique ; d'autre part, parce qu'il utilise nos études théoriques de la dynamique des films liquides, le nouveau modèle reflète le comportement physique des films liquides dans les canaux de fluides réels. Les simulations de PHP à une branche par le modèle OFT ont montré un bon accord avec les données expérimentales. Une extension pour les PHP multi-branches est proposée. Le modèle OFT fournit un outil de simulation fiable pour la conception des PHP.

**Title :** Modeling of pulsating heat pipes

**Keywords :** Pulsating Heat Pipes (PHP), liquid films, triple-phase contact lines, Oscillating Film Thickness (OFT) model, heat transfer, microchannels.

**Abstract :** Pulsating Heat Pipe (PHP) is a promising alternative to conventional heat pipes to satisfy the increasing demand of the electronics cooling industry. It is an innovative heat transfer device with outstanding performance. However, due to the complex physical phenomena involved, a comprehensive theory for PHP modeling remains under development. In principle, PHPs contain a capillary fluid channel partially charged with a working fluid. Because of capillarity, liquid plugs and vapor bubbles (slugs) naturally form inside. Phase change over liquid films created by receding liquid plugs is the principal mechanism for energy transfer. Developing a numerical model requires a good understanding of the liquid film behavior. Therefore, the thesis first addresses liquid film dynamics on the level of a single fluid channel, which includes film deposition by oscillating plugs and the receding of triple contact

lines at evaporation. Our theoretical study agrees with experimental observation and has many applications that involve phase change phenomena on liquid films. For instance, the analysis was employed to elucidate the formation and evolution of microlayer liquid under vapor bubbles in nucleate boiling. A one-dimensional numerical model of liquid films, called the Oscillating Film Thickness (OFT) model, is developed. On the one hand, the new model is computationally efficient; on the other hand, because it uses our theoretical studies of liquid film dynamics, the new model reflects the physical behavior of liquid films in real fluid channels. Simulations of single-branch PHPs by the OFT model have shown good agreement with experimental data. An extension for multi-branch PHPs is proposed. OFT model provides a reliable simulation tool for PHP design.