

Étude d'une méthode nodale pour la modélisation numérique des échangeurs de chaleur

Kevin LAURENT^{1,*} V. LEPILLER¹ P. NIKA¹ Y. BAILLY¹

(1) Institut FEMTO-ST, Univ. Bourgogne Franche-Comté, CNRS, Département ENERGIE, 2 avenue Jean-Moulin, 90000 Belfort, France.

(*) kevin.laurent@femto-st.fr

Mots-clés : Echangeur de chaleur, Méthode Nodale, Modélisation Thermique.

Keywords: Heat Exchanger, Nodal Analysis, Thermal Computation.

Résumé.

Depuis la révolution industrielle, la croissance et l'évolution du secteur du transport sont sources de recherche. L'arrivée du moteur à combustion interne dans l'automobile a provoqué une augmentation de la consommation énergétique. Ainsi de nouvelles problématiques écologiques émergent. Différentes alternatives au moteur thermique, comme celui électrique, ont été développées. Cependant, la recherche sur les moteurs thermiques se poursuit pour répondre au enjeux environnementaux et économiques.

Afin d'améliorer le rendement des systèmes existants, la recherche s'intéresse à une réduction de la consommation de carburant induisant une réduction des émissions de polluants. Le turbocompresseur est une des principales avancées technologiques. Mais un nouveau problème se pose avec l'augmentation de la température de l'air d'admission. Une température peu élevée permet l'accroissement de la masse de gaz qui pénètre dans le cylindre. Si cette dernière dépasse un seuil, des phénomènes de cliquetis peuvent apparaître : une auto inflammation du mélange comburant et carburant se produit avant que le piston soit au point mort haut.

Pour éviter ces situations, les constructeurs automobiles installent un échangeur de chaleur sur le circuit d'alimentation d'air. En effet, un échangeur est un dispositif permettant le transfert de chaleur entre au moins deux fluides ayant une différence de température, sans qu'il y ait pour autant transfert de masse [Kak02]. Ce type d'échangeur aura un régime de fonctionnement instationnaire rythmé par les ouvertures des soupapes d'admission. Or le dimensionnement des échangeurs de chaleur est un problème étudié par la communauté scientifique [SI08]. Des méthodes de calcul existent comme celle de l'efficacité et du nombre d'unité de transfert [Sto96]. Comme la majorité des études et des modèles génériques [LWD⁺04] sont en régime

stationnaire, les résultats ne sont pas utilisables dans le cas d'une modélisation en régime instationnaire. Cependant, quelques modèles numériques et analytiques en transitoire ont fait leur apparition depuis les années 70-80 [Rom83].

Les échangeurs de chaleur sont majoritairement utilisés pour le refroidissement du moteur thermique. Ils existent sous différentes géométries : à tubes, à ailettes, en mousse. L'échangeur sur lequel porte cette étude est un échangeur air/eau dit WCAC pour Water cooled Charge Air Cooler. Son rôle est de refroidir l'air d'admission pour augmenter son débit massique. L'échangeur utilise comme source froide le liquide de refroidissement déjà présent dans le véhicule. Celui-ci permet une perte de charge moins importante, une température de l'air plus stable et donc une meilleure combustion. Ainsi, cela entraîne une réduction de la consommation, et aussi une meilleure réponse du moteur.

Notre travail consiste à modéliser cet échangeur thermique en trois dimensions. En effet, les codes de calcul généralement utilisés comme la CFD pour Computation Fluid Dynamique sont des outils efficaces. Mais le temps de calcul est très long. Notre étude repose sur une méthode dit "nodale" afin de gagner en temps de calcul.

Remerciements

Les auteurs remercient le Pays de Montbéliard et Agglomération pour leur soutien dans ce projet

Références

- [Kak02] Sadik Kakaç. *Heat Exchangers : selection, rating and thermal desing*. CRC Press, Boca Raton, USA, 2002.
- [LWD⁺04] Jian Liu, WenJian Wei, GouLiang Ding, Chunlu Zhang, Masaharu Fukaya, Kaijian Wang, and Takefumi Inagaki. A general steady state mathematical model for fin-and-tube heat exchanger based on graph theory. *International Journal of Refrigeration*, 27 :965–973, 2004.
- [Rom83] F. E. Romie. Transient response of gas-to-gas crossflow heat exchangers with neither gas mixed. *Journal of Heat Transfer*, 105 :563–570, 1983.
- [SI08] Fatir Hussain Syed and Stephen Idem. Transient performance of a cross flow exchanger using finite difference analysis. In *Heat Transfer, Fluid Flows, and Thermal Systems*, Boston, Massachusetts, USA, 2008. ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition.
- [Sto96] K. M. Stone. Review of literature on heat transfer enhancement in compact heat exchangers. Technical report, Air Conditioning and Refrigeration Center, College of Engineering University of Illinois, Mechanical & Industrial Engineering Dept., 1206 West Green Street, Urbana, IL 61801, August 1996.