

# Approche systématique pour optimiser la conception des systèmes de refroidissement des transmissions

17 février 2017, 01:00

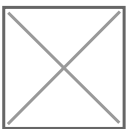
Pieter Beyl

*Une approche systématique basée sur un modèle a été appliquée avec succès pour la conception de systèmes de refroidissement dans les cas Picanol (refroidissement de moteurs électriques), NV Michel Van de Wiele (refroidissement d'un grand nombre d'actuateurs) et Bluways (refroidissement de systèmes de stockage d'énergie électrique).*

Dans le cadre du projet de recherche OPCOPE, Flanders Make en partenariat avec les labos associés UGent-EEDT et KU Leuven-Electa ont planché sur cette approche systématique basée sur un modèle pour la conception de systèmes de refroidissement.

La conception de systèmes de refroidissement reste plus que jamais un défi. Pour améliorer la fonctionnalité des machines, les concepteurs ont tendance de plus en plus souvent à intégrer des actuateurs compacts et puissants, ce qui nécessite un système de refroidissement à la hauteur. Actuellement encore, la bonne pratique consiste à développer le système de refroidissement dans un second temps. Il en résulte que les solutions envisagées sont fondées sur la méthode empirique 'trial-and-error', avec des systèmes surdimensionnés en fin de parcours. La méthode optimale consiste à tenir compte en amont du besoin en refroidissement. Une approche systématique basée sur un modèle permet de simplifier la conception en parallèle des actuateurs et du refroidissement.

Le point de départ de cette approche systématique appliquée au développement de systèmes de refroidissement consiste à déterminer la méthode de refroidissement, comme illustré ci-dessous à la figure 1.



*Règles empiriques pour déterminer le refroidissement optimal (figure 1)*

Dans cet article, nous focalisons sur la conception de systèmes de refroidissement par fluide.

Les défis à relever pendant la conception de systèmes de refroidissement sont les limitations en termes de place disponible, poids maximal et coût total, compte tenu des prestations thermiques (conductibilité thermique) et des prestations hydrauliques souhaitées (puissance de la pompe requise pour la circulation du fluide de refroidissement).

# Modélisation

En comparaison avec la méthode des essais itératifs, la modélisation permet rapidement et à moindre coût d'évaluer différents concepts, dans les différentes conditions d'un environnement de simulation, dans un temps limité, et en limitant le coût.

Pour les calculs thermiques-hydrauliques, on peut distinguer les méthodes suivantes (gradation progressive selon le nombre de détails obtenus) :

- simples calculs sur base de formules et corrélations
- modèles de paramètres discrets
- simulations avec un modèle simplifié du flux du liquide dans les canaux
- simulations CFD

L'avantage des modèles de paramètres discrets pour les applications industrielles est la simplicité de la méthode : les résultats sont obtenus rapidement. De plus, cette méthode permet également de simuler des systèmes, et donc d'identifier les goulots d'étranglement thermiques. Dans le cas d'un système de refroidissement par fluide et dissipateur thermique, ces modèles permettent d'optimiser les paramètres suivants (voir figure 3) :

- dissipateur thermique : géométrie et matériau
- canaux de refroidissement : topologie, longueur et diamètre
- pompe : débit et chute de pression
- radiateur : capacité de refroidissement
- source de chaleur : co-conception des actuateurs/système de refroidissement. Pour cela, on a développé un [modèle de moteur électrothermique](#).

La figure 2 ci-dessous montre la structure du modèle d'un dissipateur thermique avec les entrées et sorties, les sources de chaleur et les canaux de refroidissement.



*(Cliquez pour agrandir)*

Exemple d'un modèle pour simulations thermiques et hydrauliques (implémenté sous Matlab) : les sources de chaleur sont indiquées en rouge et le canal du fluide en bleu. Géométrie et position du canal, propriétés du matériau et fluide de refroidissement sont les paramètres du modèle (figure 2)

Le modèle est valable pour les applications présentant les caractéristiques :

- canal de fluide de refroidissement, flux monophasé
- canaux de section ronde
- canaux formés de sections rectilignes et coudes à 90°
- dissipateurs thermiques et sources de chaleur composées d'éléments prismatiques
- convection naturelle et rayonnement < 10% du transfert total de chaleur

## Validation expérimentale

Dans le cadre de ce projet de recherche, un montage labo a été réalisé pour valider le modèle dans une salle à température climatisée. Le montage réalisé permet d'évaluer l'incidence d'un

nombre de paramètres de conception sur les prestations d'une plaque (dissipateur thermique) refroidie par fluide, de manière à pouvoir modifier le concept, si nécessaire. La figure 3 montre un aperçu schématique du montage et un dissipateur thermique avec les instruments.



*A gauche : la présentation schématique du montage d'essai, avec le dissipateur thermique, une pompe, un réservoir tampon et un radiateur servant à ramener à la température souhaitée le fluide chauffé au contact du dissipateur thermique ; au centre : le dissipateur thermique pour une matrice de 12 sources de chaleur, équipé de capteurs ; à droite : le côté intérieur du dissipateur thermique avec les canaux de refroidissement (figure 3)*

La figure 4 montre les résultats des mesures et simulations, qui présentent une bonne corrélation. La figure à gauche montre la résistance thermique totale de la source de chaleur (qui correspond au rapport du différentiel de température source de chaleur/entrée du fluide de refroidissement et la puissance de la source de chaleur). La figure à droite montre la chute de pression au niveau du dissipateur thermique, en fonction du débit.

Les essais ont été réalisés sur différents dissipateurs thermiques, dans différentes conditions. La précision de ces modèles de paramètres discrets est d'environ 20 pour cent.



*(Cliquez pour agrandir)*

*Comparaison entre simulations et valeurs mesurées – à gauche : thermique, à droite : hydraulique (figure 4)*

## Le point de vue des entreprises

Dominique Maes (Manager Technology-IP, NV Michel Van de Wiele): « *Pour mettre à la disposition de nos clients des machines offrant un maximum de flexibilité en terme de design, nous développons de plus en plus souvent des systèmes de transmission séparés, intégrant une multitude d'actuateurs compacts. Pour la conception de ce type de machines, dans le cas d'un circuit de refroidissement par fluide, une approche systématique basée sur un modèle est indispensable. En ce qui nous concerne, les résultats du projet de recherche se sont révélés exploitables à 100 pour cent.* »

La figure 5 illustre une machine à tuf, avec un très grand nombre d'actuateurs pour la conduite individuelle des fils. Dans ce type d'application, la conception d'un système de refroidissement optimal est un réel défi.



*Machine à tuf (figure 5, source : Van de Wiele)*

Koen Maertens (R&D Portfolio Manager, Picanol): « *Des modèles de moteur et dissipateur thermique à refroidissement par fluide ont été développés et validés dans le cadre du projet de*

*recherche Flanders Make. Nous avons utilisé ces modèles pour optimiser en parallèle le concept du système de transmission et le système de refroidissement correspondant. »*

Dans le cadre de ce projet, en plus des modèles pour le refroidissement par fluide, les chercheurs ont également développé des modèles simplifiés pour le refroidissement par air. La firme Bluways a appliqué la méthode avec succès dans son nouveau concept. Johan Lecoutere (CEO, Bluways): « Réalisé sur la base des modèles, notre nouveau concept met en oeuvre des ventilateurs dix fois plus compacts et 10 dB plus silencieux : pour nos clients, l'avantage est perceptible d'emblée. » Le refroidissement est un aspect essentiel dont il faut tenir compte dans les systèmes de stockage de l'énergie, un aspect qui détermine la durée de vie des batteries. Aussi, Bluways va participer au projet de recherche suivant, qui concerne les systèmes de refroidissement à hautes performances.

## Projet de recherche OPCOPE

Dans le cadre du projet OPCOPE, Flanders Make a développé une manière systématique de concevoir les systèmes de refroidissement. Une approche systématique et un nombre de règles empiriques ont été définies pour déterminer le concept de refroidissement. En plus, des modèles thermo-hydrauliques ont été réalisés, qui permettent de générer et évaluer rapidement les concepts.

A l'appui des constatations et développements réalisés, Flanders Make souhaite accélérer l'acquisition du savoir dans les grandes entreprises dans le domaine de la conception de systèmes de refroidissement, et souhaite apporter une assistance aux PME confrontées avec les problématiques inhérentes à la conception de systèmes de refroidissement.

*Le 23 février, Flanders Make organise un [séminaire](#) public au cours duquel seront présentés les résultats du projet de recherche, avec la participation de conférenciers issus du secteur de l'industrie.*

## Sources

- Projet OPCOPE
- Projet [High performance cooling of integrated drivetrains](#)

## Auteurs



Pieter Beyl