

## Simuler pour optimiser le refroidissement

**Fabricant américain de systèmes de refroidissement pour les équipements électrotechniques, Thermacore utilise régulièrement la simulation numérique pour évaluer le comportement thermique des installations de ses clients. Application sur un amplificateur de mât problématique...**

### Simulation numérique = diagnostic

La société Thermacore conçoit et fabrique des systèmes de refroidissement destinés aux appareils électroniques et électrotechniques. L'un de ses clients lui a récemment confié la résolution d'un problème lié au refroidissement d'un amplificateur de puissance d'une station d'émission/réception (TMA). C'est le responsable d'ingénierie applicative, Matt Connors, qui fut chargé d'évaluer la conception du dissipateur proposé.

Confrontée à ce type de problème, l'entreprise utilisait auparavant des équations mathématiques et un tableur pour prédire la distribution de chaleur dans la base du dissipa-



*C'est le refroidissement des amplificateurs de puissance de cette tour d'émission que Thermacore a simulé avec succès à l'aide de la solution de Mentor Graphics.*

teur thermique. « Mais la précision de cette technique reste limitée. En effet, elle ne tient pas compte des détails géométriques du dispositif de refroidissement, qui peuvent être très complexes dans le cas d'un caloduc par exemple et modifier radicalement le résultat final. » C'est pourquoi Thermacore utilise

depuis plusieurs années des logiciels de simulation thermique et en particulier Flotherm. Flomerics, son éditeur, a récemment été racheté par Mentor Graphics Mechanical Analysis Division. L'ingénieur poursuit : « Non seulement la simulation numérique tient compte de la géométrie complète du

modèle 3D, et délivre donc un résultat plus précis, mais elle se contente aussi d'un faible nombre d'hypothèses. »

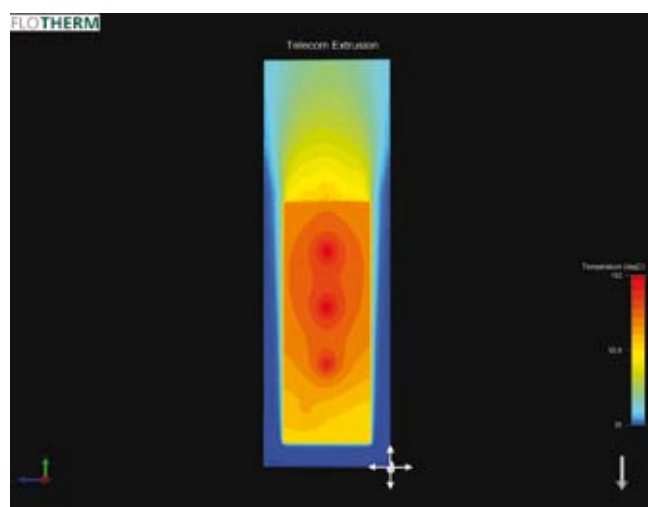
Déjà utilisateur de Flotherm, le client a suggéré à Thermacore d'utiliser ce même logiciel pour optimiser son modèle. Ce choix leur permettait de récupérer simplement le modèle d'analyse réalisé par Thermacore. Cette dernière a par ailleurs constaté une forte corrélation entre essais numériques et tests réels sur prototypes. « En moyenne, les résultats de notre simulation correspondent aux mesures réelles à 5 % près. La simulation thermique n'exige aussi qu'un cinquième du temps qu'auraient nécessité les calculs manuels avec un tableur » précise Matt Connors. Thermacore a donc créé un modèle du TMA dans Flotherm en se concentrant sur les trois amplificateurs de puissance et le radiateur. La simulation numérique a montré rapidement que la majorité de la chaleur émise par les puces était concentrée au niveau des trois ou quatre ailettes le

plus à l'intérieur. Cela signifie une taille effective plus petite que la taille réelle du radiateur et des températures relevées à la base du dissipateur supérieures au niveau admissible.

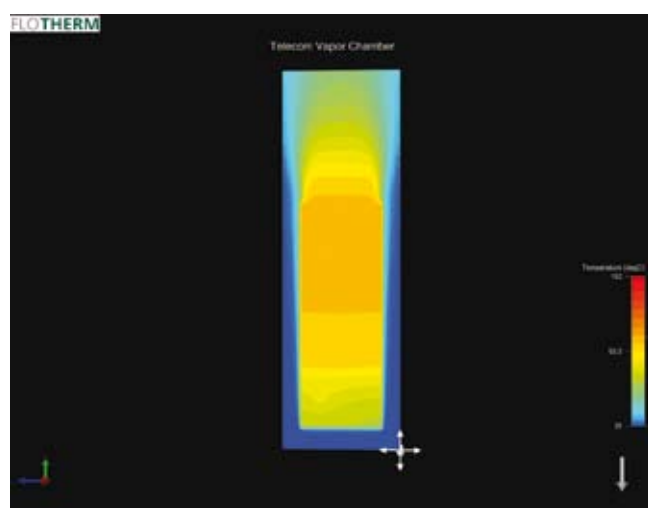
L'ingénieur a ensuite étudié la solution d'une chambre à vapeur dont l'avantage est d'offrir une résistance d'étalement bien plus faible qu'un dissipateur thermique massif. Les chambres à vapeur sont des caloducs en forme de plaque qui peuvent servir de base pour le radiateur. Utilisant la condensation d'un fluide thermodynamique, elles transfèrent la chaleur plus efficacement sur une surface plane, en minimisant la résistance d'étalement de la source de chaleur. Ce qui renforce l'efficacité du dissipateur thermique dont toutes les ailettes fonctionnent de manière optimale.

## Validation de la solution « Chambre à vapeur »

La méthode du tableur assigne une valeur globale pour la conductivité thermique de la chambre à vapeur. Ce qui ne représente pas la réalité, car l'espace renfermant la vapeur présente une conductivité thermique extrêmement élevée alors que celle de la structure capillaire est bien plus faible. « Nous avons donc modifié le modèle Flotherm de façon à incorporer trois chambres à vapeur, une pour chaque amplificateur



La simulation thermique du radiateur initial indique une résistance thermique en convection naturelle de 0,193°C/watt.



La simulation thermique du radiateur accouplé à la chambre à vapeur indique une résistance thermique en convection naturelle de 0,120°C/watt.

de puissance. Nous avons ensuite créé un modèle pour chaque élément de la chambre à vapeur, puis assigné les valeurs correctes de la résistance thermique. Les parois supérieure et inférieure de la chambre à vapeur sont en cuivre avec une conductivité de 380 watts/mK » explique Matt Connors. L'épaisseur de la paroi a été déterminée d'une part pour assurer la résistance mécanique de l'ensemble de la chambre,

et d'autre part garantir la distribution dans les parois en cuivre avant d'atteindre la structure capillaire. La conductivité de celle-ci fluctue entre 30 et 60 watts/mK selon le flux de la source de chaleur. L'épaisseur de la structure capillaire dépend de la quantité d'énergie transférée et de l'orientation (effet pesanteur). La conductivité de l'espace renfermant la vapeur peut fluctuer entre 5 000 et 50 000 watts/mK en fonction notamment de

la longueur de la chambre à vapeur. Il y a normalement deux à trois degrés  $\Delta T$  dans l'espace renfermant la vapeur de la chambre à vapeur.

Les résultats de la simulation soulignent que la chambre à vapeur distribue efficacement la chaleur sur toute la largeur du radiateur, avec une utilisation optimale de toutes les ailettes. Ainsi, les températures à la base du radiateur reviennent à des niveaux raisonnables. Pour valider le résultat, Thermacore a construit un modèle physique composé d'une source de chaleur équivalente à un seul amplificateur RF (hyperfréquence) et le tiers du radiateur qui refroidit cette puce. Comme précédemment, les résultats des tests physiques ont reproduit les résultats de la simulation à 5 % près. Grâce à cette optimisation, il fut possible d'installer des amplificateurs plus puissants dans des boîtiers de petites dimensions.

Matt Connors conclut : « La simulation est bien plus précise que les méthodes théoriques traditionnelles. Elle est aussi plus rapide, ce qui autorise l'étude d'un plus grand nombre d'options de conception avec une confiance très élevée quant à la précision des résultats. Notre expertise dans le domaine de la simulation thermique joue un rôle crucial pour non seulement satisfaire les attentes de nos clients, mais aller également au-delà de celles-ci. » ♦