

Optimisation du système de refroidissement d'un laser à haute puissance par calcul CFD... Suite...

Afin de résoudre ce problème, le CEA SBT a modifié la conception de l'ailette en changeant la composition d'une partie du cristal en modifiant le dopage et en l'étendant à la largeur complète de l'ailette (voir Figure 5). Le delta de température en surface de l'ailette est grandement amélioré puisqu'il est passé de 2.6 K (conception initiale) à 1.6 K (voir Figure 5).

En faisant appel au calcul CFD, le service SBT du CEA a pu optimiser et valider une conception de système de refroidissement performant, en travaillant en collaboration pendant 5 mois. L'expérience du CERG a permis de réduire à son minimum le génie civil nécessaire à l'installation et de créer des profils d'ailettes permettant un écoulement fluide optimal et limitant les effets vibratoires.

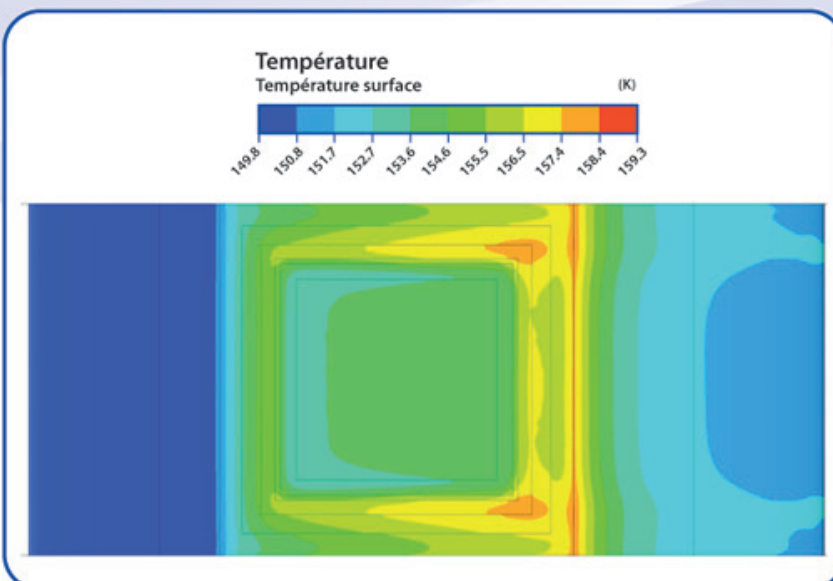


Figure 5 : Iso contours de température sur la surface extérieure de l'ailette (K) - deuxième conception.

N° 29 - Nov. 2012

N°
29
Nov. 2012

La Technique des Fluides

La lettre d'information du CERG

www.cerg-fluides.com

Edito

Un nouveau numéro de notre journal pour vous informer sur les évolutions au CERG.

Sur le dernier exercice nos activités se sont encore développées entraînant le recrutement de deux techniciens et celui, imminent, d'un ingénieur. Des domaines se sont trouvés confortés, en particulier les études expérimentales pour la sûreté nucléaire et celles relatives aux écoulements multiphasiques destinées au secteur pétrolier et également des essais sur maquette pour les ouvrages d'amenée et de rejet des stations de pompage des grandes centrales énergétiques.

Notre laboratoire a une grande aptitude à répondre aux problèmes les plus complexes par la modélisation expérimentale, en s'appuyant sur une forte expertise dans la mécanique des fluides et ses lois de similitude. Mais le CERG a toujours entretenu ses compétences dans le domaine de la modélisation numérique avec une maîtrise tout aussi remarquable. L'article qui vous est ici proposé illustre bien cet état de fait.

Outre les moyens humains le CERG s'est récemment doté d'une nouvelle boucle d'essais. La richesse de ce moyen nécessitera d'y revenir dans un futur numéro, mais sachez que cette boucle offre un potentiel de tests qui nous permet de prétendre à la qualification de nombreux matériels et équipements sur les circuits des réacteurs nucléaires.

Enfin, cette année est une année importante puisque le CERG fête ses 50 ans, 50 ans d'études et de recherches dédiés à nos clients, mais aussi 50 ans de riches échanges techniques et humains avec vous dans une confiance que nous ferons tout pour maintenir.

Bonne lecture
et à bientôt.

Robert LABORDE,
Directeur du CERG



robert.laborde@cerg-fluides.com

Au Sommaire

Page 1 à 4

- Optimisation du système de refroidissement d'un laser à haute puissance par calcul CFD

Page 4

- Nos prochaines formations

BREVES du CERG

La boucle d'essais EPEC³ (Essais de Pompes en Eau Chaude et Chargée au CERG) a été conçue pour qualifier, en situation accidentelle, les installations de sauvegarde des centrales nucléaires et permet de tester vannes, clapets, filtres et pompes dans des conditions extrêmes de fonctionnement : chocs thermiques, eau chargée, haute température, faible NPSH ...

Les premiers essais auront lieu en fin d'année.

Principales caractéristiques de la boucle EPEC³ sont :

- Débit max : 1 500 m³/h
- Température max : 180°C
- Pression : BP 12 bars, HP 200 bars

50 ans et bien plus encore : Depuis 1962, le CERG a travaillé sur la plupart des grands projets industriels : irrigations, barrages hydrauliques, discrétion acoustique des sous marins, nucléaire civil, pétrole, stations de pompage, sûreté des installations ...

Le 29 novembre 2012, nous organisons une journée rassemblant les principaux acteurs du domaine de la mécanique des fluides avec des ateliers sur les thèmes :

- Essais de pompes de sûreté
- Lois de similitude sur des stations de pompage
- Cavitation de propulseur
- Financement de l'innovation
- Présentation des nouveaux moyens d'essais pour l'aéronautique et le pétrole

Pour vous joindre à nous, vous pouvez contacter Pauline MULLER au 04 76 40 91 96.

Prochaines formations :

- H3 : 12 au 15 novembre 2012 : Pompes et coups de bélier
- H1 : 3 au 7 décembre 2012 : Initiation aux écoulements en charge



Planning des formations 2013

Récapitulatif des dates de stages...

Sessions 2013	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
H1 Initiation aux écoulements en charge						03 au 07						09 au 13
H2 Initiation aux écoulements à surface libre										14 au 18		
H3 Pompes et coups de bélier			25 au 28							07 au 10		
H4 Les pompes			25 au 26							07 au 08		
H5 Les coups de bélier			27 au 28							09 au 10		
H6 Les stations de pompage				Sur demande								
H7 Les turbines hydrauliques				Sur demande								
AVH1 Les bruits et vibrations liés aux écoulements					14 au 16				24 au 26			

TechniCHR/Valiron 04 76 06 33 67

Contact

Pour tout renseignement : www.cerg-fluides.com
ou contacter Christine LAMBERT :
christine.lambert@cerg-fluides.com - 04 76 40 91 44

CERG - Rue Lavoisier - 38800 LE PONT DE CLAIX
Tél. : 33 (0) 4 76 40 90 40 - Fax : 33 (0) 4 76 40 92 00 - www.cerg-fluides.com

CERG
Etudes et Essais en Mécanique des Fluides

Optimisation du système de refroidissement d'un laser à haute puissance par calcul CFD.



Vanessa LYSAKOUNE
est ingénieur d'affaires au CERG.
Vanessa.Lysakoune@cerg-fluides.com

L'utilisation de la modélisation numérique permet d'optimiser des équipements à échelle réelle avant même la réalisation de l'installation. De nombreux projets de développement sont confiés tous les ans au CERG ; cette année, le pôle numérique a travaillé sur l'optimisation de plusieurs systèmes industriels à problématique thermique (four, photovoltaïque, complexe isolant l'aéronautique...). L'article suivant concerne le dimensionnement d'un système de refroidissement d'amplificateur de LASER.

Le service des Basses Températures du CEA développe le système de refroidissement d'un LASER de haute puissance qui devrait voir le jour en République Tchèque en 2015. Les capacités du projet laser ELI-beamline sont de 500 J par pulse à une fréquence de 10 Hz. Cette installation fonctionne grâce à deux amplificateurs par faisceau. Ces amplificateurs développent une puissance calorifique de 12 kW qui doit être dissipée. Comme le matériau utilisé pour l'amplification, le cristal Yb-YAG, ne peut conserver ses propriétés amplificatrices qu'à condition de maintenir une très bonne homogénéité de température dans son volume, l'enjeu thermique est important. En effet, d'après les calculs du CEA, seul un delta de température de 1 K est acceptable pour éviter les déformations du matériau.

Le CEA s'est donc tourné vers le CERG afin d'optimiser l'hydraulique de l'installation et ainsi atteindre l'objectif du delta de 1 K.

L'installation consiste en une boucle cryogénique d'hélium à 150 K et à 5 bar. Elle est mise en mouvement à travers un échangeur grâce à une pompe. Puis, l'hélium circule à travers un réseau d'ailette en aluminium afin de refroidir les plaques amplificatrices Yb-YAG ; les dimensions de la veine fluide sont de 0.1 x 0.16 m (voir Figure 1).

Dans un premier temps, le pôle numérique du CERG a effectué une étude hydraulique théorique pour optimiser la boucle cryogénique. Les longueurs droites, la forme des éléments de transition entre sections circulaire et rectangulaire ont été déterminées afin que l'écoulement turbulent arrivant sur le réseau d'ailettes soit le plus rectiligne possible, tout en répondant aux contraintes liées au génie civil déjà existant.

Les règles de la mécanique des fluides ainsi respectées dans le circuit, l'optimisation s'est ensuite faite au niveau de l'amplificateur lui-même. Les calculs de dynamique des fluides CFD (Computational Fluid Dynamics) sont effectués grâce au logiciel ANSYS Fluent. Ils sont réalisés sur un modèle 3D d'une demi-ailette (hypothèse d'un réseau infini d'ailettes). Le choix du modèle physique de turbulence s'est porté sur un modèle de transport à 2 équations (k-epsilon), largement utilisé dans les problèmes industriels et bien adapté aux conditions de vitesse et de pression du projet.

La première étape de cette optimisation concerne les formes des bords d'attaque et de fuite des ailettes. Ces formes doivent permettre d'obtenir un écoulement fluide parfaitement homogène sur la surface active du cristal Yb-YAG. Il s'agit donc d'éviter le décollement brutal de la couche limite au bord d'attaque. Pour ce faire, des calculs ont été effectués sur deux designs différents : l'un issu des profils d'ailes d'avion NACA et l'autre "géométrique". Les résultats sont analysés en comparant l'hétérogénéité des vitesses à différentes distances de la surface du cristal actif. Un calcul de transfert thermique a permis de déterminer que pour un delta objectif de 1 K, le delta des vitesses ne devait pas dépasser 6%. Les résultats (voir Tableau 1) montrent que le meilleur design est le profil géométrique.

La seconde étape consiste à vérifier les performances thermiques de la conception choisie. Les calculs CFD sont réalisés avec le même modèle auquel se sont ajoutées les équations des transferts thermiques. La principale difficulté de cette étape est de trouver les bonnes conditions aux limites pour représenter au mieux les transferts existants. La puissance thermique à dissiper étant connue, il fallait trouver la manière dont elle était transférée depuis le cristal actif, au cristal environnant et au cadre support des ailettes. Dans un premier temps, le CEA a déterminé que la puissance thermique à dissiper se trouvait uniquement dans le cristal actif et qu'il existait un flux surfacique entre le cadre et le cristal inactif (voir Figure 2).

L'analyse des contours d'iso-température en surface d'ailette (voir Figure 3) montre que le flux surfacique entre le cadre et le cristal inactif est trop important. En effet, il génère de grandes hétérogénéités de température dans toute l'ailette, en concentrant les fortes températures dans le cadre situé sur les côtés de l'ailette entre le cristal inactif et les parois de l'installation.

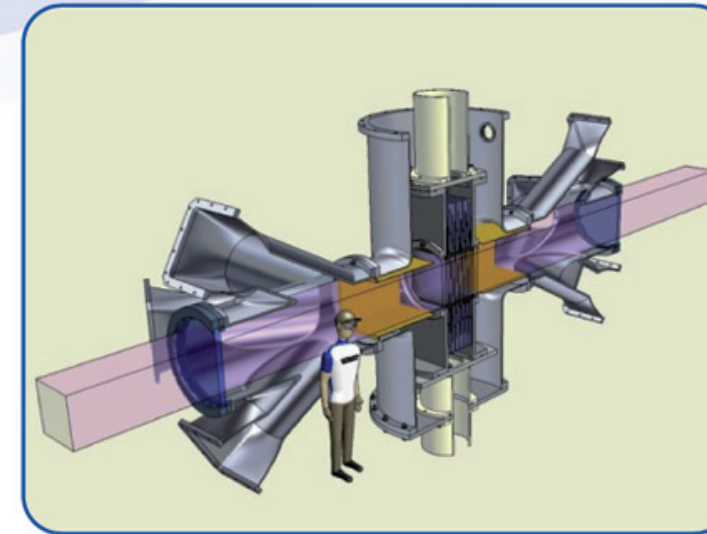


Figure 1 : Schéma d'un amplificateur. Le faisceau LASER est représenté par le parallépipède transparent de couleur rosées (crédit image CEA SBT).

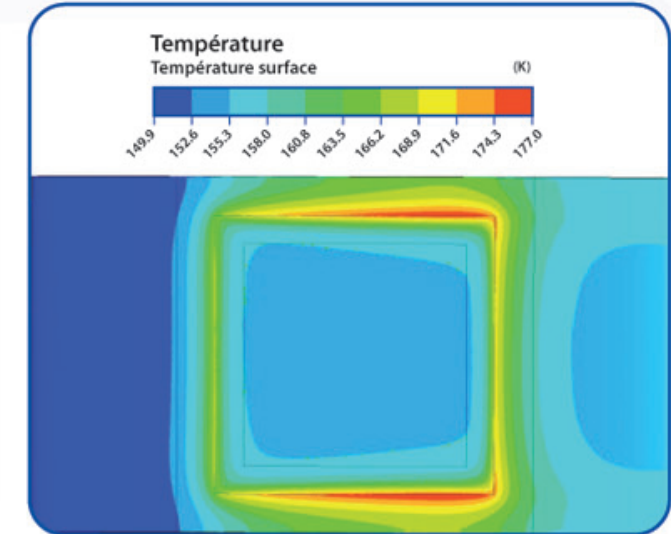


Figure 3 : Iso contours de température sur la surface extérieure de l'ailette (K) - première conception.

Distance de l'ailette (m)	0.00005	0.0001	0.0002	0.0003	0.0008
Hétérogénéité de vitesse (profil géométrique) (%)	4.2	4.7	3.9	3.4	2.5
Hétérogénéité de vitesse (profil NACA) (%)	5.3	5.3	4.9	4.7	4.2

Tableau 1 : Résultats d'homogénéité des vitesses pour les deux profils testés.

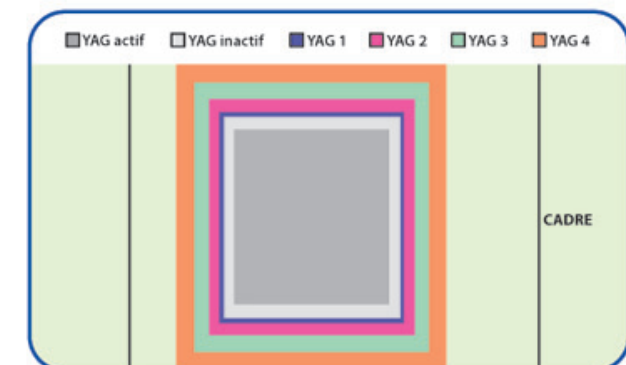


Figure 4 : Répartition des différents matériaux YAG sur l'ailette

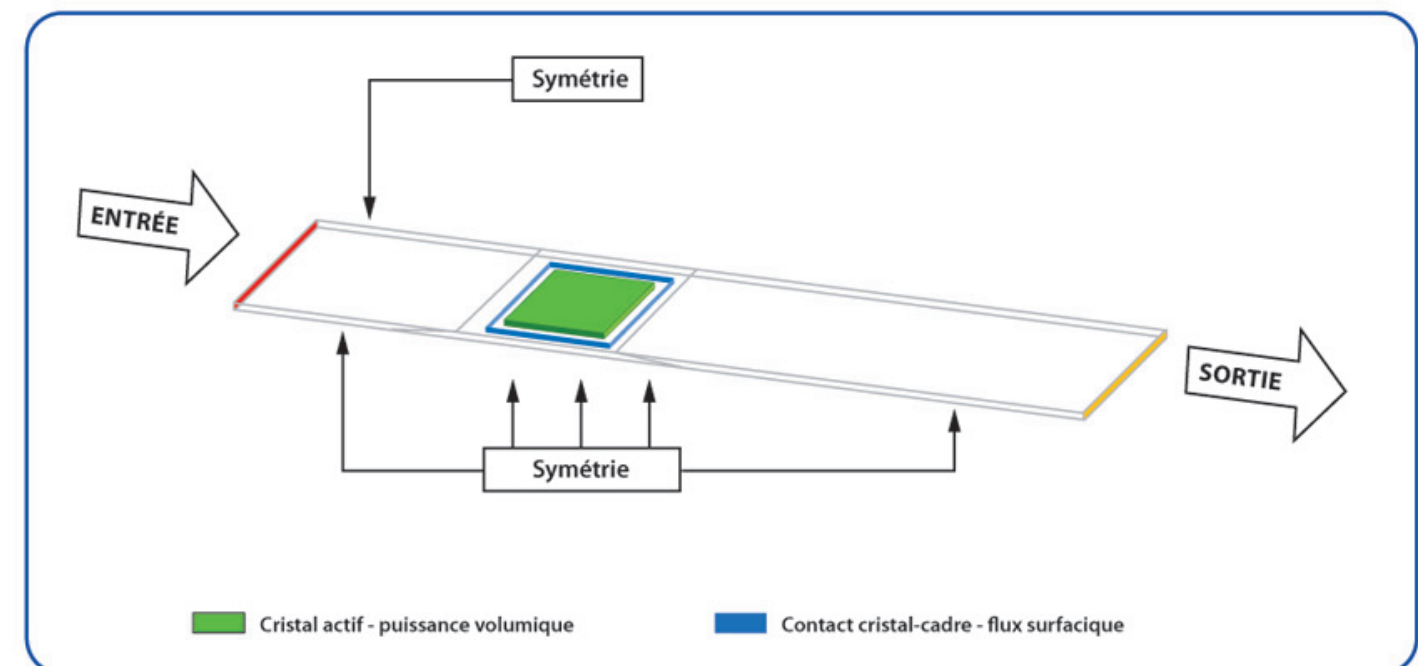


Figure 2 : Représentation des conditions aux limites du premier calcul thermique.

Suite de l'article en page 4...