SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE THERMIQUE

Groupe « Convection naturelle, mixte et forcée »

Journée thématique organisée par : Eva DORIGNAC & Philippe REULET

Jeudi 20 octobre 2022

Accueil à partir de 9h à

Espace Hamelin, 17 rue Hamelin, Paris 16 (métro Boissière ou Iéna)

****

Aérothermique des systèmes propulsifs pour l'aéronautique

L'évolution des performances des systèmes propulsifs aéronautique nécessite une amélioration incessante de l'efficacité de refroidissement des aubages et des parois des chambres de combustion afin de préserver leur intégrité et leur durée de vie. Parmi les solutions utilisées couramment dans le secteur de l'aéronautique, on retrouve notamment le refroidissement par :

- impact de jet(s) qui présente une efficacité élevée des transferts à la paroi,
- jet(s) débouchant qui permet de former un film protecteur sur la paroi chaude,
- paroi transpirante qui permet de limiter l'élévation de la température du matériau,
- …

Les différentes configurations étudiées dans la littérature montrent la grande complexité des interactions fluide/paroi, des écoulements turbulents générés et des phénomènes mis en jeu (écoulement cisaillé, jet pariétal, sillage et instabilités, couplage convection-rayonnement…). Cette complexité explique l'intérêt, toujours très grand, porté à ces types de configuration qui constituent des cas de validation intéressants pour les simulations numériques et la modélisation instationnaire de la turbulence.

Les travaux récents, notamment présentés lors des derniers congrès, concernent aussi bien des études expérimentales que des analyses par simulations numériques. Les essais sont généralement réalisés en vue de créer des bases de données. Les simulations numériques, à différents niveaux de complexité (RANS, LES, voire DNS sur des cas académiques), visent à valider de nouveaux modèles, mieux appréhender les phénomènes mis en jeu, en particulier au niveau de la paroi et des transferts de chaleur associés.

Cette journée sera l'occasion de faire un état des lieux et d'échange entre partenaires industriels et académiques.

Contacts: **Eva DORIGNAC,** PPRIME Poitiers, eva.dorignac@ensma.fr
Philippe REULET, Onera Toulouse, philippe.reulet@onera.fr

BULLETIN D'INSCRIPTION à envoyer impérativement par mail à : gestion.journee.sft@laposte.net

Aucune réservation ne sera faite sans retour de ce document. Un accusé réception sera émis à l'adresse mail indiquée

L'inscription est considérée comme acquise et comme due dès lors du renvoi de ce bulletin.

☐ Mme ☐ Mr Nom : …… Prénom : ……

Organisme : ……

Adresse ……

…… Courriel : ……

Désire s'inscrire à la **journée d'étude SFT du 20 octobre 2022** en tant que : (cocher la case correspondante)

☐ Conférencier : 40€

☐ Membre SFT à titre individuel : 80€

☐ Membre adhérent à la SFT par l'appartenance à une société adhérente : 80€

(Cachet de la société adhérente) :

☐ Non-membre de la SFT : 150€

(Le prix signalé inclut le repas de midi qui est organisé sur place, les pauses et l'accès aux documents)

Participation en distanciel : ☐ Membre SFT : 80€ ☐ Non-membre de la SFT : 150€

Avec le mode de règlement suivant : (cocher la case correspondante)

☐ Par chèque à l'ordre " Société Française de Thermique" à envoyer à :
Secrétariat SFT -ENSEM – BP 90161 – 54505 Vandoeuvre Cedex
(Une facture acquittée sera retournée par mail à l'adresse mentionnée sur ce bulletin d'inscription)

☐ Par bon de commande qui vous sera adressé par ma société (**uniquement par mail**) sachant que le présent bulletin d'inscription vaut devis.

☐ Par virement bancaire :

Date : Signature :

NOTA : Le repas ne peut être garanti qu'aux personnes s'inscrivant au moins 10 jours avant la rencontre

Programme de la journée

9h30 : Accueil

9h45 Yannick SOMMERER, AIRBUS
« Transferts de chaleur de jets industriels »

« Le refroidissement des systèmes avions localisés à proximité du moteur est souvent assuré par des jets d'air frais. Ils peuvent être confinés, avoir des sections de sortie complexes, impacter des surfaces non planes ou être distribués sur différents équipements à l'aide de déflecteurs. Certains jets sont parfois subis comme par exemple lors d'un éclatement de conduite sous pression. Il s'agit alors de jets sous-détendus chauds pour lesquels l'estimation de l'endommagement structurel dû aux vitesses induites ou au transfert de chaleur est particulièrement difficile à appréhender ».

10h15 Rémi MANCEAU, Pascal BRUEL Franck MASTRIPPOLITO, Laboratoire de mathématiques et de leurs applications - Pau
« Modélisation des effets de giration sur les jets débouchants »

Représenter l'influence de l'angle de giration entre les jets débouchant et la couche limite incidente est un défi pour la modélisation RANS de la turbulence. Le développement de méthodes basées sur la modélisation au second ordre est présenté et les résultats comparés aux données expérimentales.

10h45 Matthieu FENOT, **Eva DORIGNAC**, Pprime, ENSMA - Université de POITIERS
« Impact d'un jet compressible »,

L'étude porte sur l'influence du nombre de Mach sur l'écoulement et les transferts de chaleur d'un jet subsonique en impact. Afin de faire varier le nombre de Mach tout en conservant les autres paramètres de similitude (notamment le nombre de Reynolds), des injections de différents diamètres ont été utilisées permettant de faire varier le nombre de mach de 0.3 à 0.8. Par ailleurs l'influence de la distance d'impact a également été étudiée. Les effets du nombre de Mach portent principalement sur les structures tourbillonnaires de la couche de cisaillement qui tendent à disparaitre avec l'augmentation du nombre de Mach ce qui réduit leur influence sur les transferts de chaleur. D'autre part, le nombre de Mach modifie également la température adiabatique, c'est-à-dire, la température de référence du fluide concernant les transferts de chaleur.

11h15 Minh NGUYEN Juan-Carlos LARROYA, Safran Aircraft Engines
« Simulations Aérothermiques des Jets Impactants avec une approche "Lattice Boltzmann Method »
Les jets impactants de refroidissement, présents dans de nombreuses configurations dans les moteurs d'avion, peuvent être difficiles à simuler avec des méthodes classiques de type RANS, et nécessitent souvent des simulations haute-fidélité de type LES pour obtenir des résultats précis. La LBM, ou " Lattice Boltzmann Method ", pourrait permettre d'avoir des résultats haute-fidélité pour un moindre coût, mais nécessite une montée en maturité. Dans un premier temps, cette étude présente les résultats d'une simulation LBM sur un jet impactant seul à Reynolds 23 000 et une distance H / D = 2, un cas qui dispose d'une grande quantité de données de validation, afin de montrer que cette méthode est capable de retrouver un comportement réaliste. En suite, une simulation d'un cas d'une rangée de jets, qui représente une géométrie simplifiée d'une configuration LPTACC (Low Pressure Turbine Adaptive Clearance Control), sera présentée.

11h45 Bruno FACCHINI; Alessio PICCHI, Antonio ANDREINI, – Industrial Engineering Department – University of Florence –Italie-
«Effects of representative lean burn combustor outflow on flow field and film effectiveness through HP cooled vanes »

Modern lean burn aeroengine combustors are characterized by the presence of hot spots in the proximity of discrete fuel injection and enhanced swirling flows, necessary to improve fuel/air mixing and combustion stability. The great compactness and the absence of dilution holes to control the temperature profile lead to increased temperature distortions at the turbine entrance (called hot streaks), an aggressive degree of swirl and high turbulence intensity. The uncertainty associated to the lack of confidence in the prediction of the hot streak generation and propagation throughout the turbine has a detrimental impact on the thermal design of HP nozzle and blades.

Within the European project FACTOR, the University of Florence performed several investigations on an annular three-sector combustor simulator coupled with a fully cooled NGV module. A thorough experimental campaign was carried out with the goal of evaluating both the effect of the distorted combustor outflow on the NGV module and the flow/temperature pattern evolution through the cascade. Furthermore, additional PSP measurements were performed on the cooled airfoils, in order to assess the impact of the non-uniformaerothermal conditions on the film effectiveness. CFD scale resolving simulations were validated on experimental results giving the possibility to gain a deeper insight of the flow-physics.

12h30 : pause déjeuner

13h45 Tony ARTS, - Institut Von Karman, Belgique
« Performances aérothermiques de grilles d'aubes de turbines HP et aérodynamiques de turbines BP en conditions représentatives de fonctionnement moteur. »
Le contenu de la présentation a pour but de présenter des données expérimentales disponibles permettant d'aider à la validation de codes de prédictions numériques. La grille HP a été conçue au VKI et propose des résultats en mode lisse et avec refroidissement par film. Les mesures concernent la charge aérodynamique, le transfert thermique par convection forcée, les pertes et la déviation angulaire en aval. Les effets Des nombres de Mach et de Reynolds, du taux de turbulence et du rapport de température sont abordés. Deux grilles BP sont considérées, dont une a été conçue au VKI. Les mesures concernent la charge aérodynamique, les pertes et la déviation angulaire. Le nombre de Mach de sortie est de l'ordre de 0.65 ; on se concentre principalement sur le nombre de Reynolds et des sillages périodiques en entrée pour étudier la stabilité de la couche limite.
Les différentes géométries et données sont disponibles.
Titre non communiqué

14h15 Arun SUBRAMANIAN, Gildas LALIZEL, Eva DORIGNAC, Pprime, ENSMA - Université de POITIERS
« Développement métrologique de mesure de champ instantané de température dans le fluide par phosphorescence induite par plan laser de ZnO. - Application au film cooling ».
Le refroidissement par film froid des aubes des turbines aéronautiques d'avion est utilisé depuis quelques décennies pour augmenter la température d'entrée de la turbine. C'est une technique par convection forcée dans laquelle un écoulement froid est injecté à travers des trous discrets à la surface de l'aube de turbine de manière à former une couche d'air frais sur la surface de l'aube la protégeant ainsi efficacement des flux à très haute température résultant de la combustion.
Une étude détaillée de la structure instationnaire de l'écoulement a été réalisée à l'aide de la simulation aux grandes échelles L.E.S. Pour étudier expérimentalement les champs de température dans le fluide, une métrologie de mesure de température a été spécialement développée : la thermométrie utilisant le rapport d'intensités spectrales d'émission de phosphorescence du ZnO à l'aide d'une seule caméra intensifiée. Cette technique permet la mesure de la température instantanée et moyenne de manière non intrusive. Une analyse détaillée des propriétés d'émission du luminophore ZnO excitée par un laser à 266 nm est décrite. Ensuite, cette procédure a été mise en œuvre sur le

nouveau banc d'essai BATH pour étudier expérimentalement le film de refroidissement dimensionné par la simulation RANS pour trois taux de soufflage. L'analyse des résultats expérimentaux et numériques aide à identifier les structures cohérentes clés, conduisant à une meilleure compréhension des phénomènes physiques mis en jeu.

14h45 Stéphane ROUX, Laboratoire de Thermique et énergie de Nantes
« Influence des structures cohérentes sur les transferts thermiques moyens et instationnaires : approche expérimentale et numérique »

Nous nous intéresserons à l'effet de la turbulence cohérente, naturelle ou forcée, sur les échanges thermiques moyens et fluctuants sur la plaque d'impact d'un jet à nombre de Reynolds modéré (10000 à 23000).

15h15 Pierre GRENSON, Philippe REULET, Onera
"Caractérisation expérimentale et simulation numérique d'un jet chaud impactant"
Ce travail porte sur l'étude expérimentale et numérique d'un jet chaud issu d'une conduite pleinement développé, à Reynolds 60000, impactant sur une plaque plane à une distance H/D=3. Cette configuration est caractérisée expérimentalement par l'étude de l'écoulement (vitesse, température) et des transferts de chaleur à la paroi. Du point de vue numérique, une simulation LES a permis de compléter cette base de données expérimentale par une analyse fine des structures instationnaires et de leur interaction avec la paroi.

15h45 : Table ronde, bilan et perspectives