

## Avis de Soutenance

Monsieur Jan Mateu Armengol

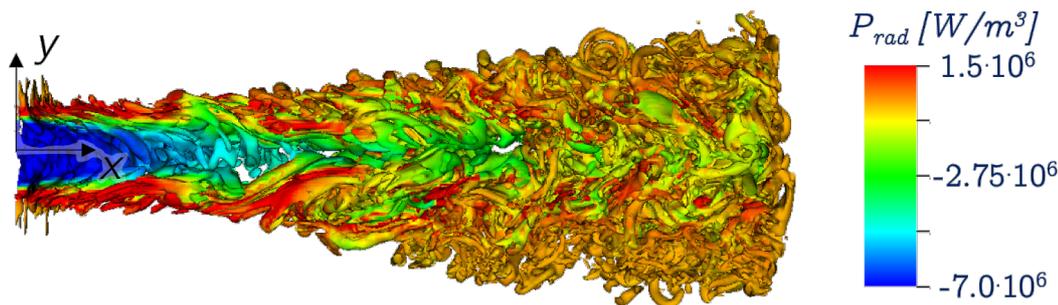
Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

### *Étude numérique des effets du couplage du rayonnement thermique aux jets turbulents libres de vapeur d'eau*

dirigés par Monsieur Olivier Gicquel et Monsieur Rogério Gonçalves dos Santos  
Co-tutelle entre l'université Paris-Saclay et l'université "UNICAMP Universidade Estadual de Campinas" (BRÉSIL)

Soutenance prévue le **jeudi 13 juin** à 14h00

Lieu : CentraleSupélec, 3 rue Joliot-Curie, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex  
Théâtre Rousseau (Bâtiment Bouygues)



*Snapshot of jet turbulent eddies identified by the Q-criterion coloured by radiative power.*

### Composition du jury proposée :

Christophe BAILLY	Professeur, École Centrale de Lyon (LMFA)	Rapporteur
Pedro J. COELHO	Professeur, Universidade de Lisboa (IDMEC)	Rapporteur
Patrick LE QUÉRÉ	Directeur de Recherche CNRS, (LIMSI)	Examineur
Carlos D. PÉREZ SEGARRA	Professeur, Universitat Politècnica de Catalunya (CTTC)	Examineur
Rogério G. DOS SANTOS	Professeur, Universidade de Campinas (FEM)	Directeur de thèse
Olivier GICQUEL	Professeur, Centralesupélec (EM2C)	Directeur de thèse
Ronan VICQUELIN	Maître de conférences, Centralesupélec (EM2C)	Co-encadrant

**Titre :** Étude numérique des effets du couplage du rayonnement thermique aux jets turbulents libres de vapeur d'eau

**Mots clés :** Jet turbulent; Mise à l'échelle; Simulation numérique directe; Rayonnement thermique; Méthode de Monte-Carlo; Reynolds Average Navier-Stokes

**Résumé :**

Le rayonnement thermique joue un rôle important dans un large éventail d'applications de génie thermique comprenant des écoulements turbulents. La motivation principale de cette thèse est le besoin croissant de précision et fiabilité dans les simulations numériques appliqué à ce domaine.

Cette thèse s'intéresse tout particulièrement à la compréhension physique de l'impact du rayonnement thermique sur la dynamique des fluides et le transfert thermique, ainsi que de l'influence des fluctuations turbulentes sur le transfert radiatif dans les écoulements à couche de cisaillement. L'objectif de cette thèse est de fournir des données haute-fidélités de jets libres turbulents couplés au rayonnement thermique afin de développer et de valider des modèles turbulents d'écoulements à couche de cisaillement prenant en compte les interactions de couplage. À cette fin, les jets libres turbulents sont décrits par des simulations numériques directes (DNS) couplées à une méthode de Monte-Carlo réciproque pour résoudre l'équation de transfert radiatif. La dépendance spectrale des propriétés radiatives est prise en compte avec la méthode Correlated-k (ck). L'étude numérique est réalisée avec la plus grande fidélité pour être aussi représentative que possible d'un jet réel dans un milieu participatif. La simulation est optimisée en termes de temps

de calcul en tirant parti d'une méthode d'accélération appelée Acoustic Speed Reduction et en injectant de la turbulence artificielle pour améliorer les conditions d'entrée.

Deux simulations directes de jets chauffés couplés au rayonnement thermique sont réalisées. D'une part, un jet chauffé avec un rayonnement modéré a été simulé et l'analyse de ses données DNS couplées a permis de dériver une nouvelle loi d'échelle pour la décroissance du profil de température. Cette mise à l'échelle rend compte des effets de la densité modifiée due à un rayonnement modéré. De plus, cela permet de distinguer si le rayonnement thermique modifie ou non la nature des mécanismes de transfert thermique dans la région développée du jet. D'autre part, un jet libre fortement chauffé a été calculé afin de quantifier les effets du rayonnement sur les champs de température et de vitesse moyens ainsi que sur les moments de second ordre.

Outre les données DNS couplées, un solveur RANS pour les écoulements à densité variable couplé au rayonnement thermique a été développé au cours de cette thèse. L'objectif était de quantifier directement la précision des modèles turbulents existants et d'identifier les paramètres clés pour une modélisation plus poussée des interactions de couplage.

**Title:** Numerical Investigation of the Effects of Coupled Radiative Heat Transfer on Free Turbulent Jets of Water Vapor

**Keywords:** Turbulent jet; Scaling; Direct Numerical Simulation; Thermal radiation; Monte-Carlo method; Reynolds Average Navier-Stokes

**Abstract:** Radiation plays an important role in a broad range of thermal engineering applications comprising turbulent flows. The growing need for accurate and reliable numerical simulations to support the design stages of such applications is the main motivation of this thesis.

Of special interest in this work are the free-shear flows and the fundamental understanding of how radiation can modify their fluid dynamics and heat transport as well as how their turbulence fluctuations can alter radiative transfer. The goal of this thesis is to provide high-fidelity data of turbulent free jets coupled with thermal radiation in order to develop and validate free-shear turbulent models accounting for coupling interactions. To this end, turbulent free jets are described by direct numerical simulations (DNS) coupled to a reciprocal Monte-Carlo method to solve the radiative transfer equation. The spectral dependency of the radiative properties is accounted for with an accurate Correlated-k (ck) method. The numerical study is carried out with state-of-the-art fidelity to be as representative as possible of an actual jet in a participating medium. The simulation is optimized in terms of processing time taking advantage of an

acceleration method called Acoustic Speed Reduction and by injecting artificial turbulence to enhance inlet boundaries.

Two direct simulations of heated jets coupled with thermal radiation are carried out. On the one hand, a heated jet with moderate radiation is simulated. The analysis of its high-fidelity coupled DNS data has allowed to derive a new scaling law for the decay of the temperature profile. This scaling accounts for the effects of modified density due to moderate radiation. Moreover, it allows for distinguishing whether thermal radiation modifies the nature of heat transfer mechanisms in the jet developed region or not. On the other hand, a strongly heated free jet is computed in order to quantify the effects of radiation on mean temperature and velocity fields as well as on second order moments.

Besides the coupled DNS data, a RANS solver for variable-density flows coupled with thermal radiation has been implemented during the course of this thesis. The goal is to directly quantify the accuracy of the existing turbulent models, and to identify key parameters for further modeling of coupling interactions.

- PDF d'accès à CentraleSupélec :

<https://www.centralesupelec.fr/sites/default/files/acces-campus-gif.pdf>