



Préparer le futur

Formation par la Recherche

Thèses de doctorat

& Habilitations à Diriger des Recherches

2016

ONERA

THE FRENCH AEROSPACE LAB

Chiffres - clés 2016

236	millions d'euros de budget
21	millions d'euros d'investissements
130	millions d'euros de contrats notifiés
1985	collaborateurs
1476	ingénieurs et cadres
88	habilités à diriger des recherches
238	doctorants
24	post-doctorants
403	communications dans des congrès avec actes
291	publications dans des revues à comité de lecture
1228	rapports techniques
73	thèses de doctorat soutenues
5	habilitations à diriger des recherches soutenues

Cette première édition de présentation des thèses de doctorat menées au sein de l'ONERA illustre le dynamisme et la fécondité des jeunes chercheurs de l'ONERA et de ses nombreux partenaires. Ils ont choisi d'étudier un sujet amont ou une technologie de rupture, en vue de soutenir une thèse et obtenir un doctorat. C'est à l'ONERA qu'ils ont conçu leur futur parcours professionnel, entre recherche académique et monde industriel, en bénéficiant d'un encadrement de qualité.

Ce sont 73 soutenances qui ont eu lieu en 2016, avec de nombreux prix reconnaissant la qualité et l'originalité des résultats.

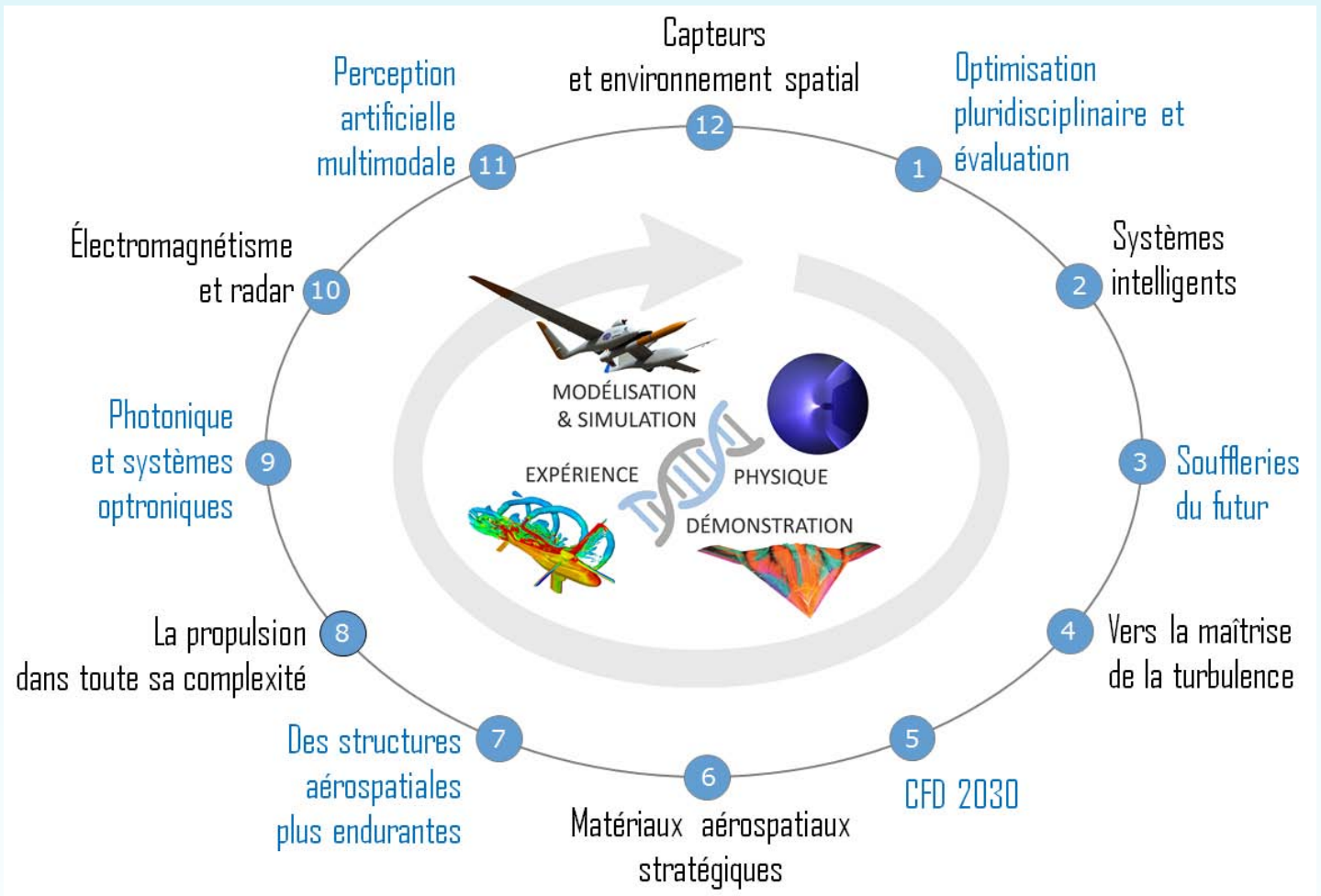
L'ONERA remplit ainsi sa mission de formation par la recherche des futurs acteurs de l'industrie et la recherche aérospatiale et de défense puisque, hors celles et ceux qui poursuivent leur formation en post-doctorat, 50 % de ses docteurs rejoignent le secteur ASD et 30% d'autres secteurs industriels connexes. Au-delà de cette mission, les doctorants sont la force vive de la politique scientifique de l'ONERA :

- Ils apportent la diversité culturelle et la disponibilité intellectuelle indispensables pour faire émerger des idées originales et innovantes ;
- Ils participent à la recherche la plus fondamentale, pour préparer l'avenir d'une recherche finalisée, avec des travaux qui puisent leur source dans les problématiques applicatives et y retournent les résultats, dans une démarche extrêmement appréciée par l'industrie et qui fait la singularité de l'ONERA ;
- Ils contribuent au rayonnement de l'ONERA par les collaborations liées à leur thèse (co-financement, co-encadrement), par la dissémination de leurs travaux dans les revues scientifiques et les congrès, et par leur impact dans le monde aérospatial à l'issue de leur soutenance.

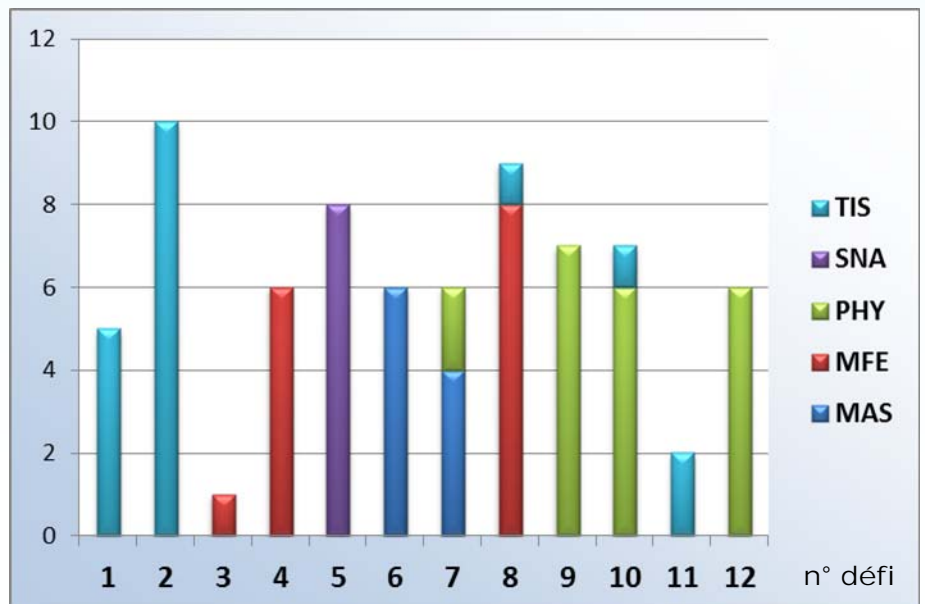
Assez logiquement on trouvera également dans ce recueil les Habilitations à Diriger des Recherches, au nombre de cinq cette année. Bien qu'encore modeste par le nombre, cette reconnaissance est très fortement encouragée par le Direction Scientifique Générale.

Stéphane ANDRIEUX
Directeur Scientifique Général

LES DEFIS DU PLAN STRATEGIQUE SCIENTIFIQUE 2015 - 2025



Répartition du nombre de thèses soutenues en 2016 par défi et domaine scientifique



Thèses soutenues en 2016

par domaine scientifique

Matériaux et Structures (MAS).....	5
Mécanique des Fluides et Energétique (MFE).....	27
Physique (PHY).....	61
Simulation Numérique Avancée (SNA).....	107
Traitement de l'Information et Systèmes (TIS).....	125

Habilitations à diriger des recherches

HDR soutenues en 2016	167
-----------------------------	-----

Annexes

Devenir professionnel des doctorants ONERA	179
--	-----

Matériaux et Structures

Défi 6 - Matériaux aérospatiaux stratégiques

POPIE Vincent - Modélisation asymptotique de la réponse acoustique de plaques perforées dans un cadre linéaire avec étude des effets visqueux..... 6

GHEDJATTI Ahmed - Étude structurale des nanotubes de carbone double parois par microscopie électronique en transmission haute-résolution et absorption optique 8

VALDENAIRE Pierre-Louis - Crystal plasticity - Transport equations and dislocation density 10

MORENÇAIS Amélie - Effet du grenailage sur la durée de vie des aubes monocristallines de turbine..... 12

ANDREA Luc - Modélisation du transport thermique dans des matériaux thermoélectriques..... 14

PLANES Mikael - Amélioration de la stabilité du polydiméthylsiloxane en environnement géostationnaire..... 16

Défi 7 - Des structures aérospatiales plus durantes

BAI Gabriele - Évaluation par vibrothermographie de l'endommagement des composites tissés..... 18

LASSEIGNE Alexis - Optimisation de structures composites d'épaisseur variable. Application à une pale de CROR 20

PENNISI Giuseppe - Passive vibration control by using Nonlinear Energy Sink absorbers 22

DOITRAND Aurélien - Endommagement à l'échelle mésoscopique et son influence sur la tenue mécanique des matériaux composites tissés..... 24

Modéliser le comportement acoustique des matériaux aéronautiques pour réduire le bruit des avions

Vincent POPIE

Thèse soutenue le 14 janvier 2016

Ecole doctorale : ED 467 (AA) - Aéronautique Astronautique - Toulouse

Titre de la thèse

**Modélisation asymptotique de la réponse acoustique de
plaques perforées dans un cadre linéaire avec étude des
effets visqueux**

Encadrement

Département Modèles pour l'Aérodynamique et l'Energétique (DMAE)

Directeurs de thèse : Sébastien Tordeux - INRIA

Estelle Piot - ONERA

Financement

Direction Générale de l'Armement (DGA) & ONERA

Défi scientifique

Matériaux aérospatiaux
stratégiques

www.onera.fr/pss



Université
de Toulouse

Contact : Estelle.Piot @ onera.fr

Résumé

Cette étude s'inscrit dans les efforts faits par l'industrie aéronautique pour la protection environnementale. Pour cela, un des objectifs principaux est de réduire les émissions de polluants et les émissions sonores des avions. Les émissions polluantes sont liées à la qualité de la combustion qui dépend elle-même de la conception des chambres de combustion. Les émissions sonores sont réduites grâce à des traitements passifs comme les structures absorbantes placées en paroi des moteurs pour diminuer le bruit de soufflante. Pour ces deux applications différentes, on utilise des matériaux perforés. En effet, les matériaux absorbants sont constitués d'une structure en nid d'abeilles surmontée d'une plaque perforée. Dans les chambres de combustion, les perforations permettent l'injection d'un air froid protégeant les parois des hautes températures, mais leur présence peut modifier la caractérisation acoustique de la chambre.

L'objectif de cette thèse est de modéliser la réponse acoustique d'un matériau perforé. La taille des perforations étant petite devant les longueurs d'ondes sonores, des techniques de modélisation asymptotique adaptées à la résolution de problèmes multi-échelle peuvent être mises en œuvre. En effet, ces méthodes permettent de faire le lien entre les effets présents à l'intérieur d'une perforation et la réponse acoustique homogénéisée de la plaque perforée. Dans ces travaux, ce sont les effets visqueux présents dans les perforations qui ont été essentiellement étudiés. Ensuite, des simulations numériques directes ont été réalisées pour vérifier la validité des hypothèses émises lors de la modélisation asymptotique.

Ces travaux de thèse ont permis d'améliorer la compréhension de la modélisation de la réponse acoustique des matériaux perforés. De plus, la méthode analytique présentée peut être mise en œuvre pour des perforations de géométrie complexe.

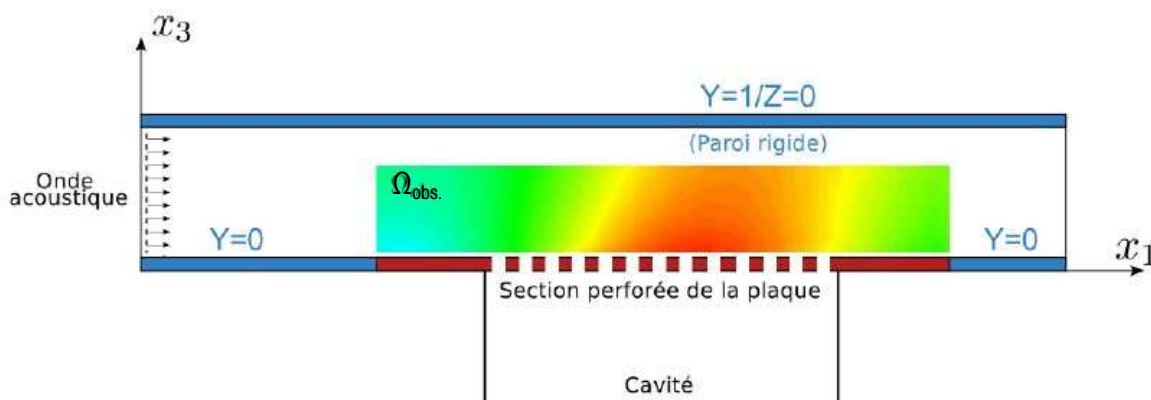


Schéma de la configuration expérimentale où la zone de mesures est notée Ω_{obs} . La plaque perforée est représentée en rouge, et la zone perforée est montrée avec des rayures blanches.

Ahmed GHEDJATTI

Thèse soutenue le 29 janvier 2016

Ecole doctorale : ED 397 - Physique et Chimie des matériaux - Paris

Titre de la thèse

**Étude structurale des nanotubes de carbone double parois
par microscopie électronique en transmission haute-
résolution et absorption optique**

Encadrement

Laboratoire d'études des Microstructures (LEM)

Directeurs de thèse : Jean-Sébastien Lauret - ENS Cachan

Annick Loiseau - ONERA

Financement

C'Nano IdF

Défi scientifique

Matériaux aérospatiaux
stratégiques

www.onera.fr/pss



Contact : Annick.Loiseau @ onera.fr

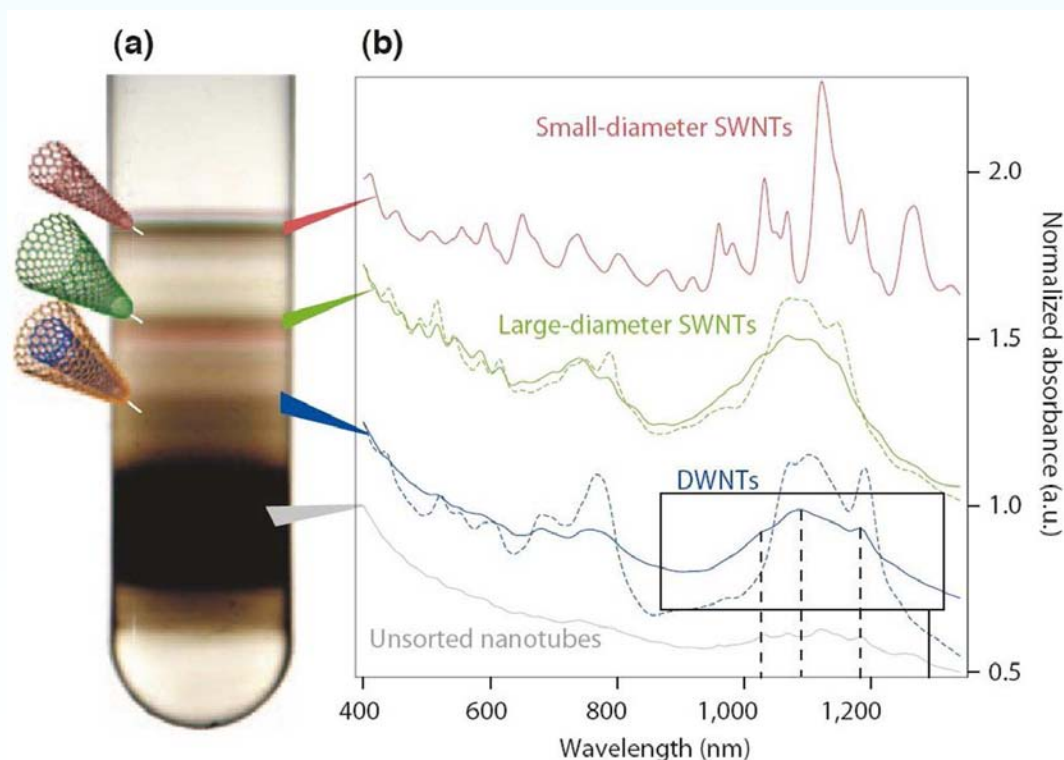
Résumé

Le nanotube de carbone double parois représente le cas idéal pour étudier la nature de l'interaction entre parois des tubes multiparois.

En partant d'échantillons dispersés de DWNTs synthétisés par CVD, nous avons pu, grâce à la microscopie électronique en transmission haute résolution (METHR), établir une procédure robuste de détermination structurale des configurations. Il apparaît alors que certaines configurations structurales sont privilégiées alors que d'autres sont interdites, mettant en évidence les effets du couplage interparoi.

A partir de simulations Monte Carlo réalisées sur des DWNTs de configurations interdites, nous avons montré que le tube interne modifie sa structure pour atteindre une stabilité énergétique, ce que nous avons pu rapprocher d'observations expérimentales.

Pour étudier les propriétés électroniques des DWNTs observés expérimentalement, nous avons corrélié les techniques de METHR et d'absorption optique pour analyser des populations différenciées de tubes en nombre de parois, diamètre et nature électronique, grâce à la technique DGU (Ultracentrifugation de Gradient de Densité). A l'issue de trois tris successifs, nous avons pu isoler une population de tubes double parois pure à 95 % et dont les tubes extérieurs sont de nature semi-conducteur à 90%.



(a) Photo d'un tube à essai montrant les différentes couches de tri après un tri en diamètre de nanotubes de carbone et (b) leur spectres d'absorption associés.

Modéliser le comportement microscopique des matériaux pour mieux prévoir leur comportement macroscopique

Pierre-Louis VALDENAIRE

Thèse soutenue le 01 février 2016

Ecole doctorale : ED 432 (SMI) - Sciences des métiers de l'ingénieur -
Université de recherche Paris Sciences et Lettres

Titre de la thèse

Plasticité cristalline - Equations de transport et densités de dislocations

Encadrement

Laboratoire d'étude des Microstructures (LEM)

Encadrants : Benoît Appolaire - ONERA

Yann Le Bouar - CNRS - LEM

Directeurs de thèse : Alphonse Finel - ONERA

Samuel Forest - Mines ParisTech

Financement

ONERA



Défi scientifique

Matériaux aéronautiques
stratégiques

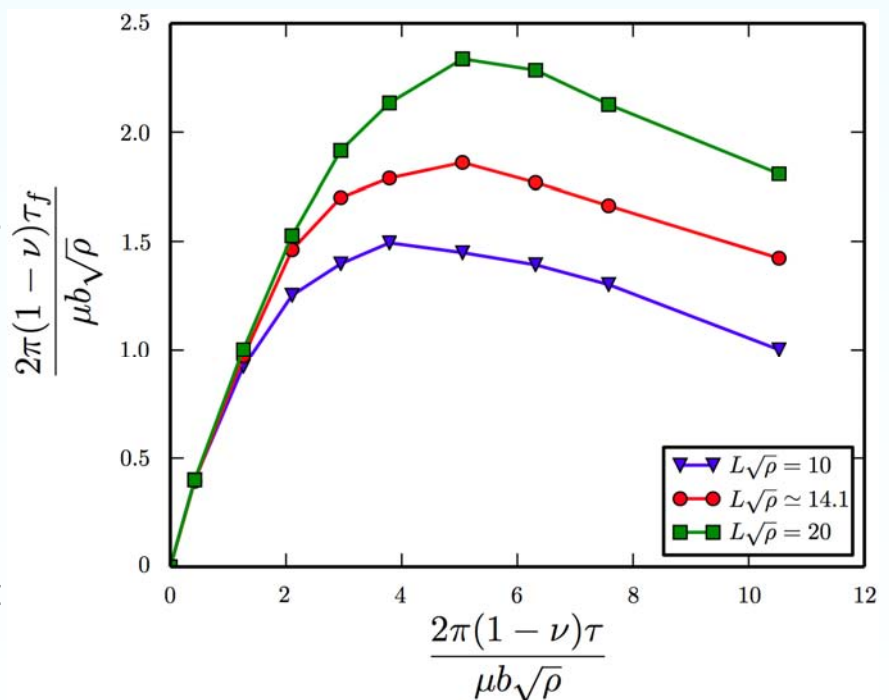
www.onera.fr/pss

Contact : Alphonse.Finel @ onera.fr

Résumé

Le comportement mécanique des alliages métalliques industriels, notamment ceux utilisés dans le domaine de l'aéronautique, est contrôlé par la présence de différents types de précipités et par la nucléation et propagation de défauts cristallins tels que les dislocations. La compréhension du comportement de ces matériaux nécessite des modèles continus afin d'accéder à l'échelle macroscopique. Cependant, même aujourd'hui, les théories conventionnelles de la plasticité utilisent des variables mésoscopique et des équations d'évolution qui ne reposent pas sur la notion de transport de dislocations. En conséquence, ces théories sont basées sur des lois phénoménologiques qu'il est nécessaire de calibrer pour chaque matériau et chaque application. Il est donc souhaitable d'établir le lien entre les échelles micro et macro afin de générer une théorie continue de la plasticité déduite analytiquement des équations fondamentales de la dynamique des dislocations.

L'objet de cette thèse est précisément de contribuer à l'élaboration d'une telle théorie. La première étape a consisté à établir rigoureusement la procédure de changement d'échelle dans une situation simplifiée. Nous avons alors abouti à un système d'équations de transport hyperboliques sur des densités de dislocations contrôlées par des contraintes locales de friction et de backstress qui émergent du changement d'échelle. Nous avons ensuite développé une procédure numérique pour calculer ces termes et analyser leur comportement. Finalement, nous avons développé un schéma numérique efficace pour intégrer les équations de transport ainsi qu'un schéma spectral multi-grille pour résoudre l'équilibre élastique associé à un champ de déformation propre quelconque dans un milieu élastiquement anisotrope et inhomogène.



Evaluation numérique, à partir de simulations 2D de dynamique de dislocation, du terme de friction apparaissant dans le modèle de plasticité continue défini à une échelle arbitraire L , en fonction de la contrainte. Les différentes courbes présentées illustrent l'idée importante selon laquelle les ingrédients d'un modèle de plasticité continue basé sur des densités de dislocation dépendent de la taille du changement d'échelle.

Mieux comprendre les effets des traitements de surface pour améliorer la prévision de la durée de vie des turbines

Amélie MORANÇAIS

Thèse soutenue le 30 mars 2016

Ecole doctorale : ED 361 (S&T) - Sciences et Technologie - Troyes

Titre de la thèse

Effet du grenailage sur la durée de vie des aubes monocristallines de turbine

Encadrement

Département Matériaux et Structures Métalliques (DMSM)

Encadrants : Serge Kruch & Mathieu Fèvre - ONERA

Arnaud Longuet - Safran Aircraft Engines

Directeurs de thèse : Manuel François - Université de Technologie de Troyes

Pascale Kanouté - ONERA

Financement

CIFRE Safran Aircraft Engines

Défi scientifique

Matériaux aérospatiaux
stratégiques

www.onera.fr/pss

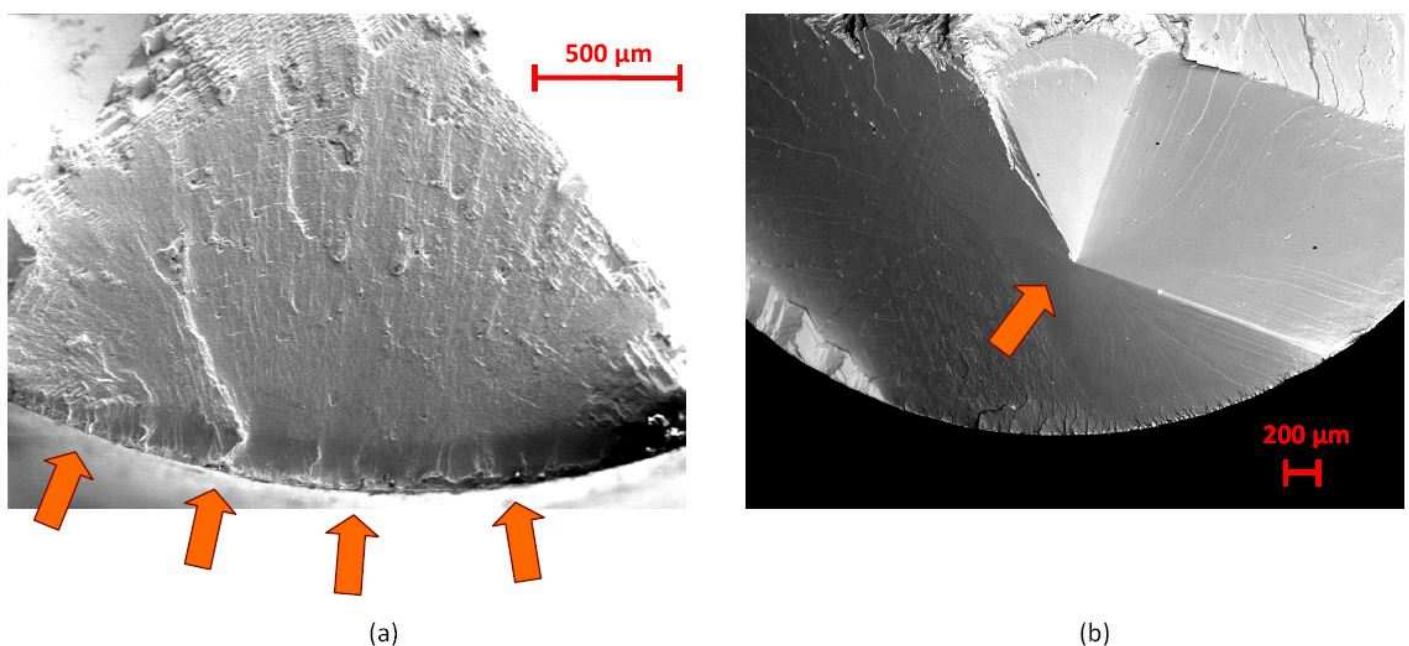


Contact : Pascale.Kanoute @ onera.fr

Résumé

Le grenailage est souvent utilisé sur les pieds d'aube de turbine haute pression afin de retarder l'apparition des fissures dans les zones de concentration de contraintes. Ce traitement de surface génère des contraintes résiduelles et de l'écaillage en surface de la pièce, ce qui influe sur sa durée de vie. L'enjeu de cette thèse est de mettre en place une méthodologie permettant de prendre en compte cet état mécanique initial, ainsi que son évolution en service, dans l'analyse de durée de vie d'une aube élaborée en superalliage monocristallin à base de nickel (AM1).

Tout d'abord, cet état mécanique (contraintes résiduelles et écaillage) est déterminé expérimentalement. Les contraintes résiduelles sont notamment évaluées par diffraction des rayons X en utilisant la méthode d'Ortner. Cet état mécanique est ensuite introduit dans les calculs de structure. Pour cela, on s'inspire de la méthode connue de l'introduction directe du champ d'eigenstrains qui est, ensuite, étendue afin d'introduire également les variables d'écaillage ainsi que l'état mécanique anisotrope complet dans toute la structure. L'étape suivante a visé à suivre expérimentalement et à modéliser l'évolution de ces quantités sous sollicitations thermique, d'une part et cycliques à température constante (650°C), d'autre part. Enfin, la chaîne complète de calcul de durée de vie de l'AM1 est appliquée afin d'analyser la durée de vie des éprouvettes grenillées. Les résultats obtenus sont discutés en regard des essais de fatigue effectués sur éprouvettes représentatives.



Facies de rupture d'éprouvettes lisses :
a) éprouvettes lisses de référence - (b) éprouvette lisse grenillée

**Modéliser les propriétés des matériaux
thermoélectriques pour améliorer leur rendement
de conversion**

Luc ANDREA

Thèse soutenue le 08 avril 2016

Ecole doctorale : ED 397 - Physique et Chimie des matériaux - Paris

Titre de la thèse

**Modélisation du transport thermique dans des matériaux
thermoélectriques**

Encadrement

Laboratoire d'étude des Microstructures (LEM)

Directeurs de thèse : Laurent Chaput - LEMTA

Gilles Hug - ONERA

Financement

ONERA

Défi scientifique

Matériaux aérospatiaux
stratégiques

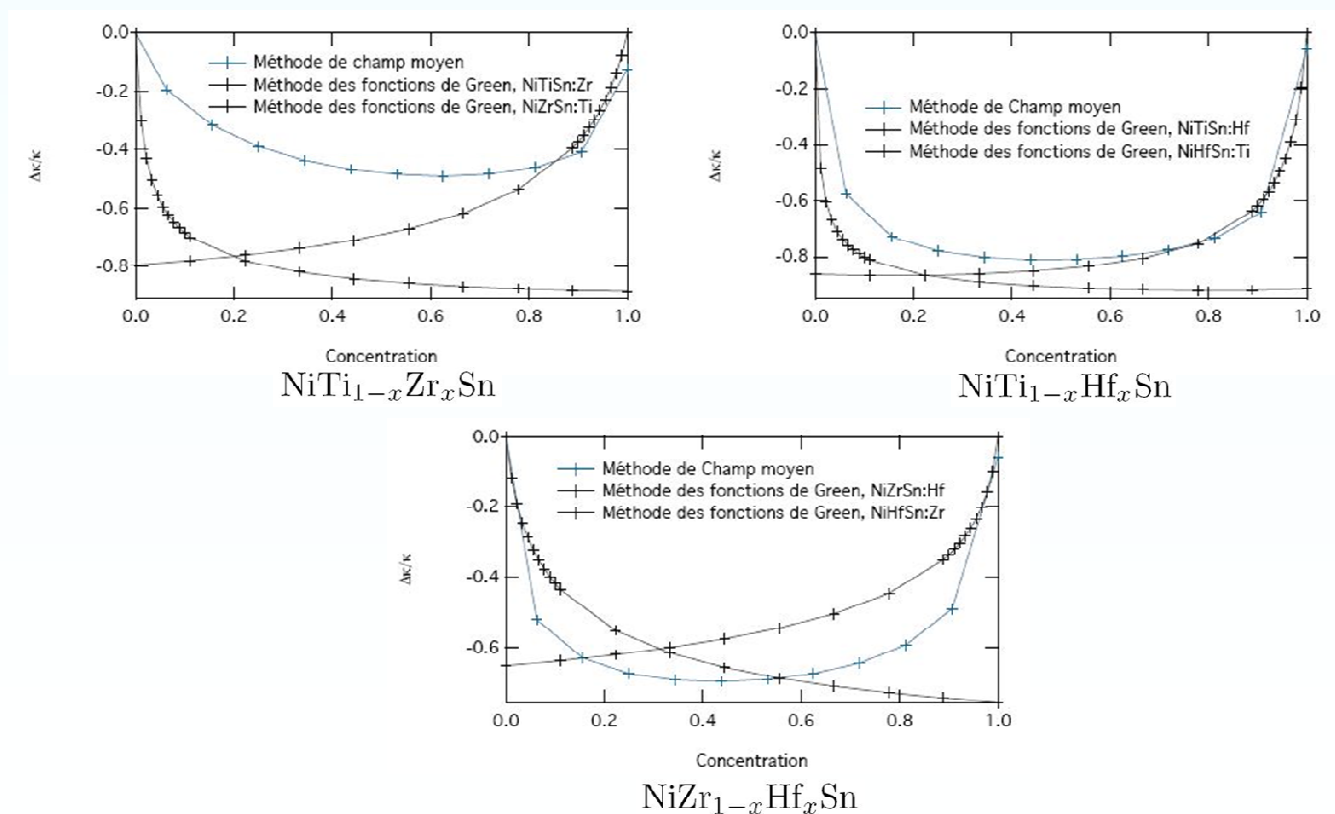
www.onera.fr/pss



Contact : Gilles.Hug @ onera.fr

Résumé

Les matériaux thermoélectriques permettent de convertir de l'énergie thermique en énergie électrique. Leur rendement de conversion trop faible limite cependant leur utilisation à grande échelle. Plusieurs voies d'optimisation sont utilisées afin d'augmenter les rendements de conversion en diminuant la conductivité thermique. Dans cette thèse, nous modélisons les propriétés de transport thermique des matériaux half-Heusler parfaits et dopés qui présentent des propriétés thermoélectriques intéressantes. La méthode repose sur la théorie de la fonctionnelle de la densité pour calculer les propriétés harmoniques et anharmoniques des vibrations atomiques des composés parfaits et déterminer les temps de vie des phonons. Ensuite, ces derniers sont injectés dans une équation de transport de Boltzmann de la densité de phonons. La résolution de cette équation donne accès à la conductivité thermique. L'inclusion de défauts ponctuels a pour objectif de réduire la conductivité thermique par diffusion des phonons. Pour modéliser cet effet dans un régime de forte concentration une méthode champ moyen a été développée et appliquée aux half-Heusler. Pour traiter le régime dilué, une méthode faisant appel aux fonctions de Green a été utilisée. Ces deux méthodes montrent, entre autres, que des réductions significatives de conductivité thermique des composés NiTiSn, NiZrSn et NiHfSn sont déjà obtenues pour des concentrations de 10 % en dopants.



Comparaison des diminutions relatives de conductivité thermique

distinction

Prix jeune chercheur
CNES (2015)

Mikael PLANES

Thèse soutenue le 04 novembre 2016

Ecole doctorale : ED 040 - Sciences Chimiques - Bordeaux

Titre de la thèse

**Amélioration de la stabilité du polydiméthylsiloxane en
environnement géostationnaire**

Encadrement

Département Environnement Spatial (DESP)

Encadrant : Simon Lewandowski - ONERA

Directeur de thèse : Stéphane Carlotti - INP Bordeaux

Financement

Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) & ONERA

Défi scientifique

Matériaux aérospatiaux
stratégiques

www.onera.fr/pss



université
de BORDEAUX

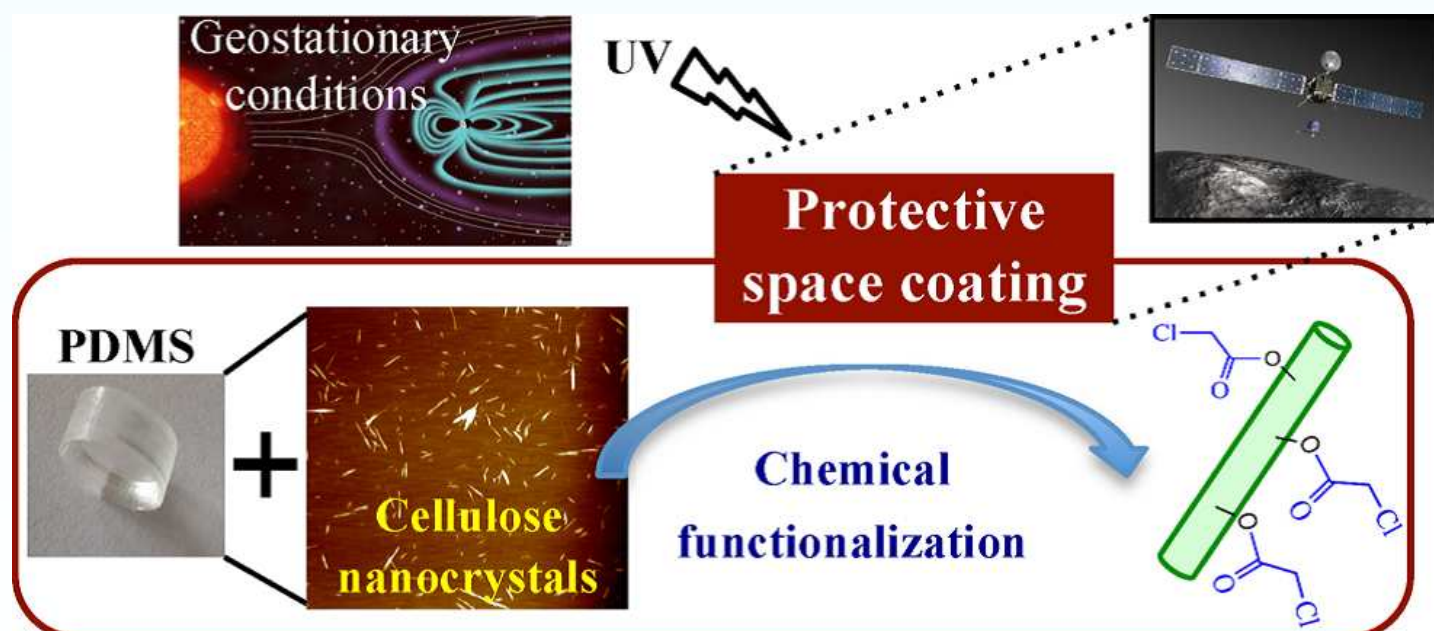


Contact : [Simon.lewandowski @ onera.fr](mailto:Simon.lewandowski@onera.fr)

Amélioration de la stabilité du polydiméthylsiloxane en
environnement géostationnaire

Résumé

L'environnement géostationnaire autour de la Terre présente des conditions complexes influençant les performances ainsi que la durée de vie des satellites. En vol et au cours du temps, les résines silicones se dégradent ce qui se manifeste par une perte de souplesse, de transparence, ou encore une dégradation de l'état de la surface. Dans ce contexte, le but de cette thèse consiste à étudier l'évolution de la stabilité des résines silicones en environnement géostationnaire simulé et d'autre part à proposer des solutions qui permettent de limiter la dégradation des propriétés d'intérêts technologiques, optiques en particulier. La stabilisation des polydiméthylsiloxanes soumises aux irradiations UV par l'incorporation de différentes structures d'additifs (Hindered Amine Light Stabilizers, absorbeurs UV, nanocristaux de cellulose) a été étudiée. Une autre approche pour augmenter la stabilité des polydiméthylsiloxanes aux rayonnements UV a été envisagée avec le remplacement du système catalytique actuellement utilisé (catalyseur de Karstedt) par l'emploi de dérivés organométalliques à base de Rhodium ou de Platine. Des solutions concernant la stabilisation de ces polydiméthylsiloxanes aux irradiations H⁺, comme l'ajout d'additifs tels que le polystyrène, les silsesquioxanes ont également été proposées.



Stabilisation à l'environnement GEO de résine PDMS par l'incorporation de charges bio-sourcées

distinction

Prix de la meilleure
communication au
symposium ODAS
(2014)

Gabriele BAI

Thèse soutenue le 15 avril 2016

Ecole doctorale : ED 209 (SPI) - Sciences Physiques et de l'Ingénieur -
Bordeaux

Titre de la thèse

**Évaluation par vibrothermographie de l'endommagement des
composites tissés**

Encadrement

Département Matériaux et Structures Composites (DMSC)

Encadrants : Benjamin Lamboul & Jean-Michel Roche - ONERA

Directeur de thèse : Stéphane Baste - Université de Bordeaux

Financement

ONERA

Défi scientifique

Des structures
aérospatiales plus
endurantes

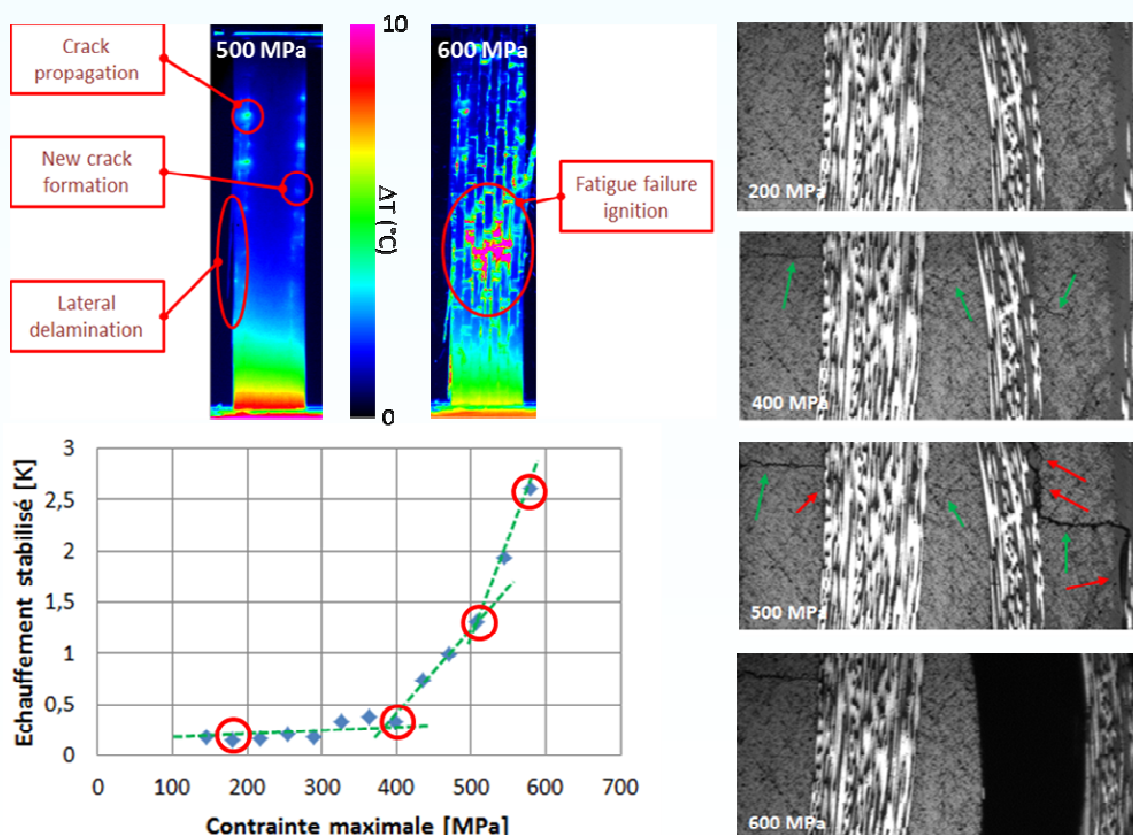
www.onera.fr/pss



Contact : Jean-Michel.Roche @ onera.fr

Résumé

Ces travaux de thèse visent à l'application de techniques de vibrothermographie pour les matériaux composites tissés. Ces techniques, déjà développées et appliquées aux matériaux métalliques, sont basées sur la détection de l'échauffement généré dans un matériau mis en vibration en conséquence des effets viscoélastiques et des frottements des fissures. Dans une première partie, une technique de type CND (Contrôle Non Destructif) est développée pour analyser l'endommagement diffus d'un composite tissé et pour déterminer une relation entre son état d'endommagement et son comportement thermique. Cette partie est aussi importante pour la compréhension des phénomènes qui gouvernent la vibrothermographie grâce à une première estimation des sources thermiques en jeu. Dans la deuxième partie, la vibrothermographie est appliquée à l'étude du comportement en fatigue et pour une estimation d'une limite de fatigue des composites tissés. Cette estimation diffère de l'approche mécanique classique reposant sur l'exploitation des courbes S-N parce qu'elle est effectuée en utilisant un seul échantillon et de manière beaucoup plus rapide. Elle pourra être utilisée pour mieux comprendre l'endommagement en fatigue des matériaux et pour optimiser le dimensionnement des structures soumises à ce type de sollicitation.



Essai d'auto-échauffement sur composite tissé thermodurcissable : évolution de l'échauffement (gauche) et de l'endommagement (coupes micrographiques, droite) en fonction de la contrainte.

Optimiser la conception des pales en composites pour les nouveaux moteurs d'avion

Alexis LASSEIGNE

Thèse soutenue le 26 avril 2016

Ecole doctorale : ED 488 (SIS) - Sciences, Ingénierie, Santé - St Etienne

Titre de la thèse

**Optimization of variable-thickness composite structures.
Application to a CROR blade.**

Encadrement

Département Matériaux et Structures Composites (DMSC)

Encadrants : François-Xavier Irisarri & Grégory Delattre - ONERA

Directeur de thèse : Rodolphe Le Riche - CNRS, Saint-Etienne

Financement

ONERA

Défi scientifique

Des structures
aérospatiales plus
endurantes

www.onera.fr/pss



Contact : [Francois-Xavier.Irisarri @ onera.fr](mailto:Francois-Xavier.Irisarri@onera.fr)

Optimization of variable-thickness composite structures.
Application to a CROR blade.

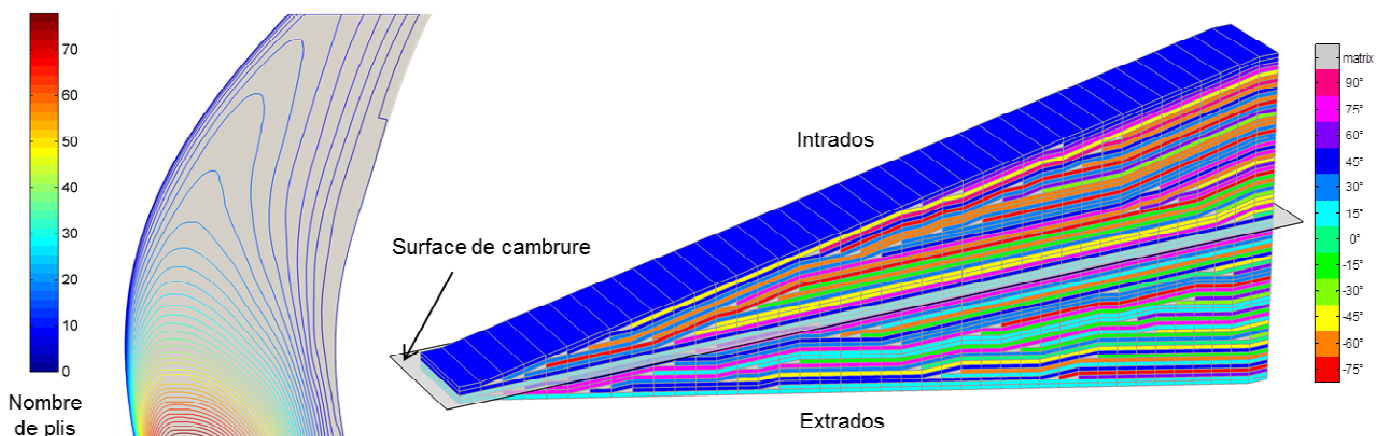
Résumé

Cette thèse aborde la problématique de la conception optimale de structures composites stratifiées d'épaisseur variable. Les variables d'empilement définissent un problème d'optimisation combinatoire et des espaces de décisions de grande taille et potentiellement multimodaux. Les algorithmes d'optimisation stochastiques permettent de traiter ce type de problème et de tirer profit des performances et de l'anisotropie des plis composites pour l'allègement des structures composites stratifiées. Le but de cette étude est double : (i) développer un algorithme d'optimisation dédié aux composites stratifiés d'épaisseur variable et (ii) estimer le potentiel des composites stratifiés pour la maîtrise des performances aérodynamiques d'une pale de CROR composite.

Dans la première partie de cette thèse, un algorithme évolutionnaire est spécialisé pour l'optimisation de tables de drapage et la gestion d'un ensemble de règles de conception représentatif des pratiques de l'industrie. Pour ce faire, un encodage spécifique des solutions est proposé et des opérateurs de variations spécialisés sont développés.

Dans la deuxième partie, l'algorithme est enrichi d'une technique de guidage basée sur l'exploitation d'un espace auxiliaire afin d'accroître son efficacité et d'intégrer davantage de connaissances *à priori* des composites dans la résolution du problème.

Finalement, la méthode est appliquée pour la conception d'une pale de CROR composite à l'échelle de la maquette de soufflerie. Au préalable, des processus itératifs de mise à froid et mise à chaud de la pale sont mis en place afin d'estimer la forme de la pale au repos et l'état de contraintes dans la pale en fonctionnement.



Distribution de nombre de plis sur une pale ONERA-HTC5 stratifiée monolithique à échelle réduite et exemple de table de drapage définissant les transition d'épaisseur par arrêts ou reprises de plis.

Contrôler les vibrations des structures aérospatiales en absorbant leur énergie

Giuseppe PENNISI

Thèse soutenue le 17 novembre 2016

Ecole doctorale : ED 468 (MEGEP) - Mécanique, Energétique, Génie civil,
Procédés - Toulouse

Titre de la thèse

**Passive vibration control by using Nonlinear Energy Sink
absorbers**

Encadrement

Département Aéroélasticité et Dynamique des Structures (DADS)

Encadrant : Cyrille Stephan - ONERA

Directeur de thèse : Guilhem Michon - ISAE

Financement

ONERA

Défi scientifique

Des structures
aérospatiales plus
endurantes

www.onera.fr/pss



Université
de Toulouse



Contact : Cyrille.Stephan @ onera.fr

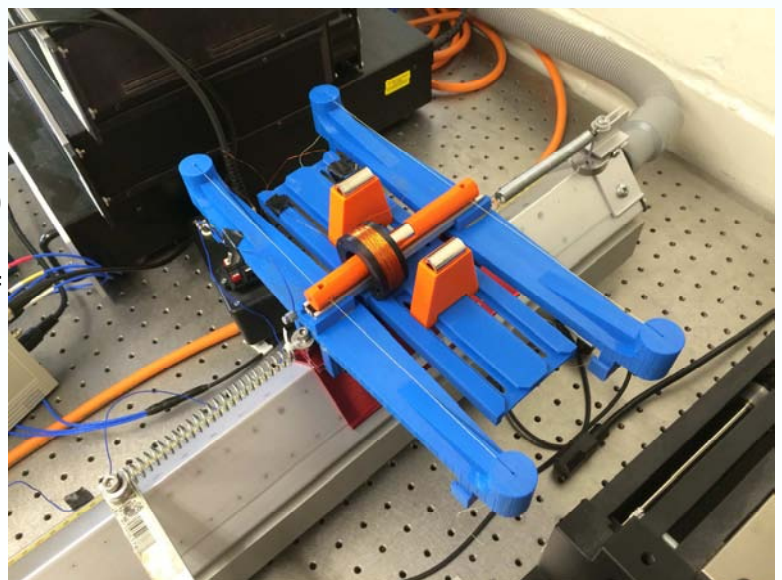
Résumé

Passive vibration control methods using linear dampers have been largely studied and investigated, and they have nowadays a broad range of applications. However, linear dampers are efficient when tuned to the specific frequency to control but present substantial limitations when applied to primary systems with uncertainties on the modal parameters or to systems having a natural frequency that may vary with external forcing.

In this thesis the vibration mitigation in mechanical systems by means of a Nonlinear Energy Sink absorber is studied. The phenomenon governing the physics of this kind of device is referred to as Targeted Energy Transfer and it consists in an irreversible energy transfer from the primary system to the NES where the energy is then dissipated. This energy transfer may occur over a broad range of frequencies with no need for the NES to be tuned to a specific one. The dynamics of a first type of NES called Vibro-Impact Nonlinear Energy Sink (VI-NES) is experimentally investigated via a harmonically forced single-degree-of-freedom linear oscillator to which a VI-NES is attached. A Targeted Energy Transfer from the LO towards the VI-NES is experimentally observed and a significant reduction of the primary system's resonance peak is obtained. The system is analytically studied by means of the Multiple Scales method and the nonlinear behavior experimentally observed is theoretically explained.

The second type of NES presented is the Magnetic-Strung NES with energy harvesting. This study adds the energy harvesting aspect to the research on nonlinear vibration absorbers. The system consists in a harmonically forced single-degree-of-freedom linear oscillator to which the MS-NES is applied. The type of nonlinearity used can be shaped thanks to a magnetic force aptly introduced, allowing the NES to have several possible configurations.

The resulting system is an electro-mechanical system in which the vibration energy of the primary system is absorbed by the NES and subsequently partially dissipated by the viscous damping and partially converted into electrical power. The numerical and experimental studies analyze the performances of the MS-NES both as an energy absorber and as an energy harvester. Finally, ideas and perspectives arising from this study are discussed and future work directions are provided.



Magnetic-Strung NES with energy harvesting

Modéliser l'endommagement au cœur des matériaux composites pour mieux prévoir leur comportement mécanique

distinction

Prix doctorant ONERA
(2016)

Aurélien DOITRAND

Thèse soutenue le 28 novembre 2016

Ecole doctorale : ED 156 - Sciences de la Mer - Brest

Titre de la thèse

**Endommagement à l'échelle mésoscopique et son influence
sur la tenue mécanique des matériaux composites tissés**

Encadrement

Département Matériaux et Structures Composites (DMSC)

Encadrants : Martin Hirsekorn & Christian Fagiano - ONERA

Directeur de thèse : Nicolas Carrère - Safran Composites

Financement

ONERA

Défi scientifique

Des structures
aérospatiales plus
endurantes

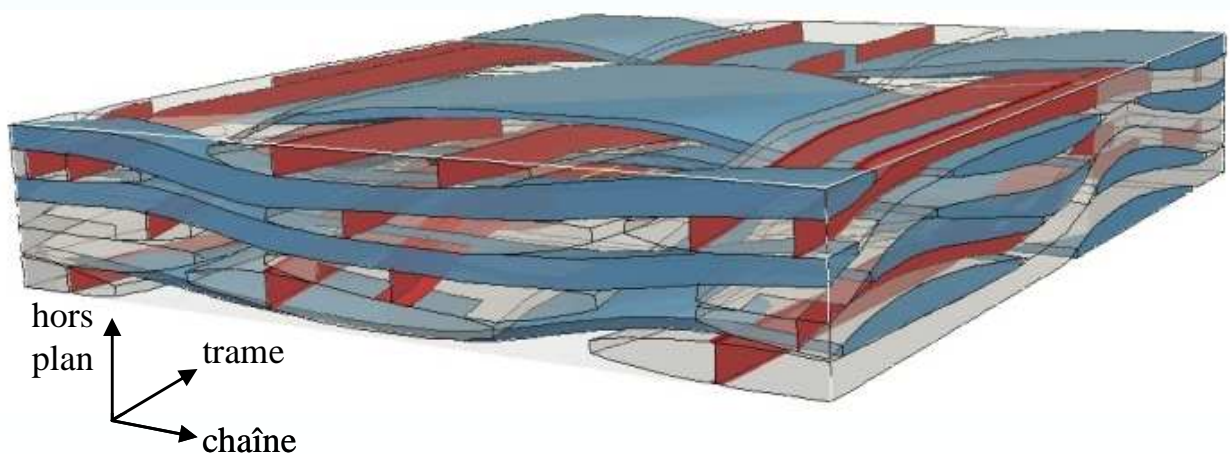
www.onera.fr/pss



Contact : Martin.Hirsekorn @ onera.fr

Résumé

Ce travail de thèse s'inscrit dans le cadre de la modélisation multi-échelle des matériaux composites à renfort tissé dans le but de prévoir leur comportement mécanique et leur tenue. Les objectifs de cette étude sont de caractériser et de modéliser de manière discrète les mécanismes d'endommagement à l'échelle mésoscopique (échelle du renfort de fibres) afin d'évaluer leur influence sur le comportement mécanique macroscopique des matériaux composites tissés. La démarche adoptée consiste tout d'abord à caractériser expérimentalement les mécanismes d'endommagement d'un matériau composite tissé à renfort de fibres de verre et matrice époxy. Les mécanismes observés sont des fissures intra-toron et des décohésions inter-torons en pointe de fissure. Afin de modéliser ces mécanismes d'endommagement, une géométrie représentative du composite, obtenue par simulation du procédé de compaction du renfort, et un maillage conforme de cette géométrie sont choisis. Les fissures et les décohésions sont modélisées de manière discrète dans le maillage à éléments finis de la cellule élémentaire représentative du composite. L'amorçage des endommagements dans le composite est déterminé en utilisant un critère couplant une condition en contrainte et une condition en énergie. La propagation de ces endommagements dans le matériau est évaluée à l'aide d'une approche basée sur la mécanique de la rupture incrémentale. L'approche proposée permet de prévoir l'amorçage et la propagation des endommagements en prenant en compte les possibles couplages entre les endommagements, et de faire le lien entre les endommagements observés à l'échelle mésoscopique et le comportement mécanique macroscopique du matériau.



Fissures intra-toron et décohésions inter-torons dans une cellule élémentaire représentative d'un composite à renfort tissé.

Mécanique des Fluides et Energétique

Défi 3 - Souffleries du futur

CHEMINET Adam - Développement de la PIV tomographique pour l'étude d'écoulements turbulents..... 30

Défi 4 - Vers la maîtrise de la turbulence

BANNIER Amaury - Contrôle de la traînée de frottement d'une couche limite turbulente au moyen de revêtements rainurés de type "riblets" 32

LAURENDEAU François - Analyse expérimentale et modélisation numérique d'un actionneur plasma de type jet synthétique 34

SZULGA Natacha - Etude expérimentale et numérique du contrôle de transition de couche limite par actionneurs à plasma froid surfacique 36

GRENSON Pierre - Caractérisation expérimentale et simulations numériques d'un jet chaud impactant..... 38

JOHNSON Holly - Nonlinear dynamics of wake vortices..... 40

ARNAULT Anthony - Reconstruction de champs aérodynamiques à partir de mesures ponctuelles 42

Défi 8 - La propulsion dans toute sa complexité

DUBOSC Matthieu - Modélisation hors adaptation des performances individuelles d'un doublet d'hélices contrarotatives 44

SADOUDI Yannis - Simulation numérique de l'interaction soufflante/nacelle en présence de vent de travers..... 46

ARROYO CALLEJO Gustavo - Modélisation thermique avancée d'une paroi de chambre de combustion aéronautique avec dilution giratoire 48

KHOU Jean-Charles - Modélisation des traînées de condensation par interaction entre l'aérodynamique, la cinétique chimique et la microphysique..... 50

VICENTINI Maxime - Mise en évidence expérimentale et modélisation des régimes de combustion diphasique présents dans les foyers aéronautiques	52
ZHENG Jun - Analytical and numerical study of the indirect combustion noise generated by entropy disturbances in nozzle flows	54
MESSINEO Jérôme - Modélisation des instabilités hydrodynamiques dans les moteurs-fusées hybrides	56
DUBOIS Quentin - Approximation volumes finis d'ordre élevé - Flux dissipatifs en maillage quelconque et applications à la LES en aérothermique cavité nacelle à l'arrêt moteur	58

**Développer de nouvelles méthodes de mesures
pour caractériser les écoulements turbulents et
valider les codes de simulation numérique**

Adam CHEMINET

Thèse soutenue le 19 mai 2016

Ecole doctorale : ED 447 (EDX) - Polytechnique

Titre de la thèse

**Développement de la PIV tomographique pour l'étude
d'écoulements turbulents**

Encadrement

Département Aérodynamique Fondamentale et Expérimentale (DAFE)

Encadrant : Benjamin Leclaire - ONERA

Directeurs de thèse : Frédéric Champagnat & Laurent Jacquin - ONERA

Financement

ONERA

Défi scientifique

Souffleries du futur

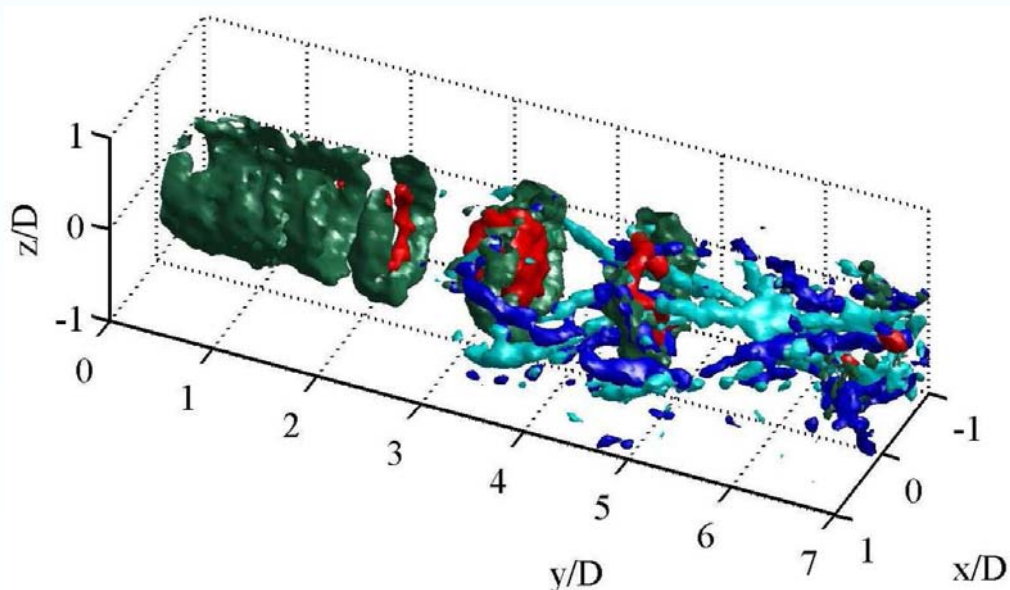
www.onera.fr/pss



Contact : Benjamin.Leclaire @ onera.fr

Résumé

Cette thèse porte sur le développement de la PIV tomographique pour la mesure d'écoulements turbulents. Elle se fonde sur la reconstruction tomographique d'une distribution volumique d'intensité de particules, à partir de projections enregistrées par des caméras. La principale difficulté est le bruit dit tomographique (particules fantômes) qui croît exponentiellement avec la forte densité de traceur, requise pour obtenir une résolution spatiale fine de la mesure. Une étude sur les conditions optiques nous a permis de proposer une approche alternative à la reconstruction tomographique classique : Reconstruction Volumique de Particules (PVR). Des simulations numériques ont montré qu'utiliser PVRSMART permettait des gains de performance par rapport à un algorithme classique comme tomoSMART (Atkinson 2009). L'aspect vélocimétrie par corrélation de la méthode a aussi été pris en compte avec une extension à la 3D (FOLKI-3D) de l'algorithme FOLKI-PIV (Champagnat et al. 2011). Des simulations numériques de reconstruction tomographique ont permis de caractériser la robustesse de l'algorithme au bruit spécifique de la tomographie. Nous avons montré que FOLKI-3D était plus robuste aux particules fantômes cohérentes que les algorithmes classiques de déformation volumique. L'application de PVR-SMART sur des données expérimentales a été effectuée sur un jet d'air turbulent. Différentes densités de particules ont été utilisées pour comparer les performances de PVRSMART avec tomoSMART sur la région proche buse du jet. Nous montrons que les champs de vitesse de PVR-SMART sont près de 50 % moins bruités que ceux de tomoSMART.



Near field region of turbulent jet: Isovalues of axial velocity (red) with azimuthal (green) and radial vorticity (cyan and blue) components.

Etudier de nouveaux concepts de fuselages pour réduire la consommation des avions

Amaury BANNIER

Thèse soutenue le 28 juin 2016

Ecole doctorale : ED 391 (SMAER) - Sciences Mécaniques, Acoustique,
Electronique & Robotique - Paris

Titre de la thèse

**Contrôle de la traînée de frottement d'une couche limite
turbulente au moyen de revêtements rainurés de type
"riblets"**

Encadrement

Département Aérodynamique Appliquée (DAAP)

Directeurs de thèse : Pierre Sagaut - Aix-Marseille Université
Eric Garnier - ONERA

Financement

Ministère de l'Education Supérieure et de la Recherche (MESR)

Défi scientifique

Vers la maîtrise de la
turbulence

www.onera.fr/pss



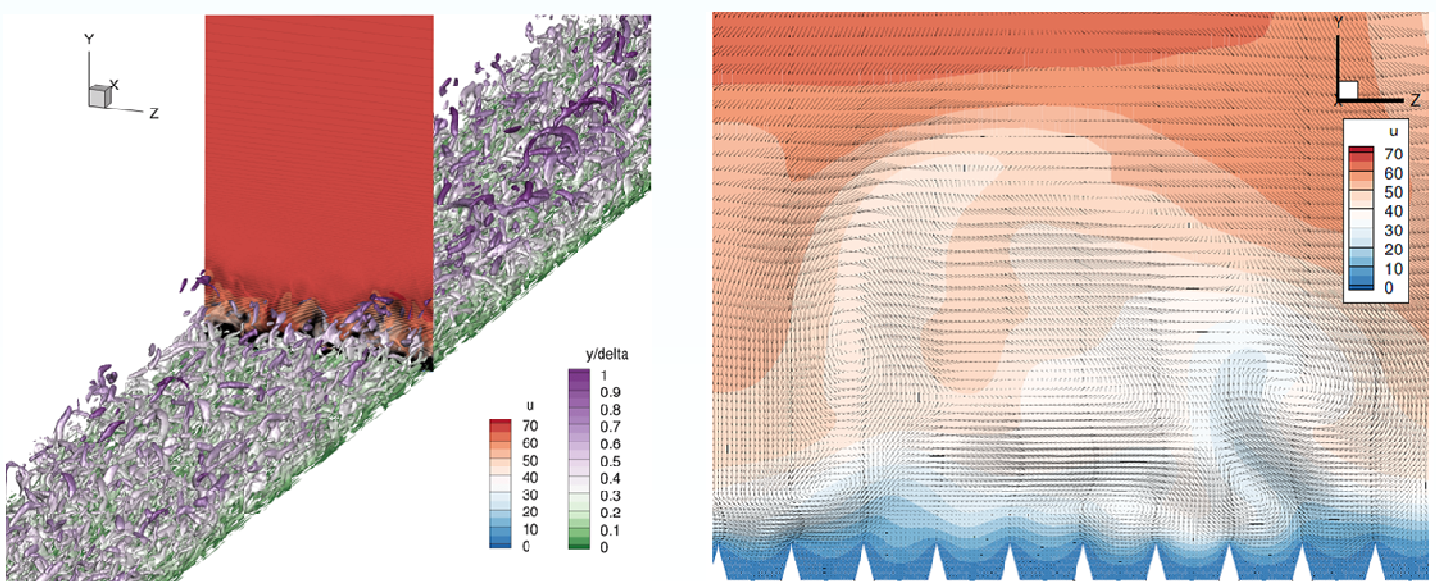
Contact : Eric.Garnier @ onera.fr

Résumé

Motivée par les contraintes économiques et les exigences environnementales, l'industrie du transport tente de réduire ses dépenses énergétiques. Elle concentre notamment ses efforts sur la traînée de frottement. Bien que d'origine visqueuse, celle-ci est fortement amplifiée par les mouvements turbulents. La capacité à manipuler les fluctuations turbulentes, complexes et chaotiques, offre alors des perspectives de gain énergétique substantiel, mais nécessite une bonne compréhension des phénomènes physiques.

Parmi les stratégies de contrôle les plus prometteuses, l'utilisation de revêtements rainurés, nommés riblets, est étudiée dans ce mémoire. Bien que leur capacité de réduction de frottement soit connue depuis plusieurs décennies, les mécanismes par lesquels ils interagissent avec la turbulence restent à préciser. À ces fins, une méthode pour leur simulation numérique est mise au point. En redéfinissant la position de l'origine virtuelle, c'est à dire de la paroi plane équivalente, une forte similitude est établie entre les écoulements contrôlé et canonique. D'un point de vue applicatif, cela permet notamment de quantifier les performances de réduction de traînée atteignables à haut nombre de Reynolds.

Enfin, le potentiel a priori prometteur des riblets tridimensionnels est exploré. En s'appuyant sur les rares résultats précurseurs de la littérature, il s'agit de proposer une géométrie industriellement réalisable optimale en termes de réduction de traînée. Pour chacune des géométries novatrices testées, les simulations révèlent avec finesse que les éventuels bénéfices sur le frottement sont systématiquement annihilés par l'influence délétère des efforts de pression.



*Structures turbulentes au dessus d'une paroi munie de riblets.
A gauche : visualisation tridimensionnelle. A droite : coupe transverse.*

Agir sur l'écoulement de l'air autour des avions pour réduire leur consommation

François LAURENDEAU

Thèse soutenue le 18 octobre 2016

Ecole doctorale : ED 468 (MEGEP) - Mécanique, Energétique, Génie civil,
Procédés - Toulouse

Titre de la thèse

**Analyse expérimentale et modélisation numérique d'un
actionneur plasma de type jet synthétique**

Encadrement

Département Modèles pour l'Aérodynamique et l'Energétique (DMAE)

Encadrant : François Chedevert - ONERA

Directeur de thèse : Grégoire Casalis - ISAE

Financement

Direction Générale de l'Armement (DGA) & ONERA

Défi scientifique

Vers la maîtrise de la
turbulence

www.onera.fr/pss

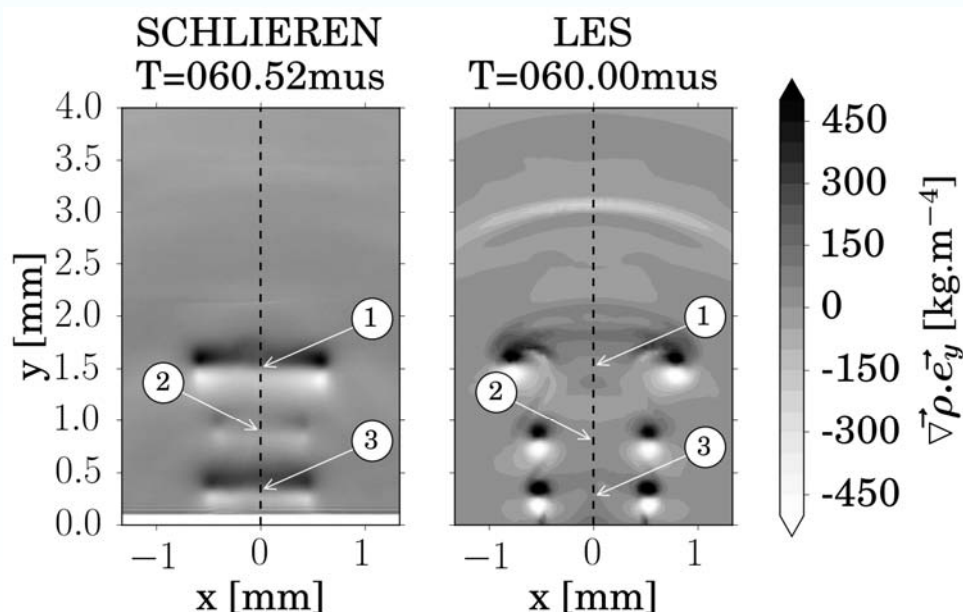


Université
de Toulouse

Contact : Francois.Chedevert @ onera.fr

Résumé

De nombreuses recherches sont actuellement menées afin de réduire les émissions polluantes des avions. Le contrôle actif des écoulements aérodynamiques est une piste envisagée pour répondre à cet enjeu. Parmi les technologies de contrôle en développement, les technologies plasma offrent plusieurs avantages, dont la compacité, la simplicité de mise en œuvre et la réactivité. Ce travail de thèse a été consacré à l'étude d'un actionneur plasma de type jet synthétique. Il se présente sous la forme d'une petite cavité insérée en paroi et reliée à l'extérieur par une tuyère. Un arc électrique est généré dans la cavité, ce qui entraîne une augmentation de la pression de l'air dans celle-ci. Par conséquent, un jet est produit à la sortie de la tuyère, et celui-ci peut interagir avec l'écoulement extérieur. S'en suit une phase naturelle d'aspiration d'air dans la cavité, ce qui permet au processus d'être répété à des fréquences pouvant atteindre plusieurs kilohertz. L'objectif de ce travail de thèse est de construire un modèle numérique capable de reproduire ces différents phénomènes physiques. Pour cela, un calcul aérodynamique de type Large Eddy Simulation est mis en œuvre. L'action du plasma d'arc est prise en compte au travers de termes sources dans l'équation de l'énergie. Ces derniers sont notamment calculés grâce à l'hypothèse d'équilibre thermodynamique local dans le plasma. De plus, l'échauffement de la partie solide de l'actionneur est simulé lorsque celui-ci est opéré à haute-fréquence. Les résultats du modèle numérique sont comparés à des mesures de vitesse, effectuées lorsque l'actionneur fonctionne dans un environnement extérieur au repos et lorsque celui-ci interagit avec une couche limite.



*Comparaison entre des mesures strioscopiques et des résultats de calcul LES (code CEDRE).
La figure illustre le très bon accord entre le jet simulé et le jet mesuré issu de l'actionneur.*

Agir sur l'écoulement de l'air autour des avions pour réduire leur consommation

Natacha SZULGA

Thèse soutenue le 30 novembre 2016

Ecole doctorale : ED 468 (MEGEP) - Mécanique, Energétique, Génie civil,
Procédés - Toulouse

Titre de la thèse

**Etude expérimentale et numérique du contrôle de transition
de couche limite par actionneurs à plasma froid surfacique**

Encadrement

Département Modèles pour l'Aérodynamique et l'Energétique (DMAE)

Encadrants : Maxime Forte & Olivier Vermeersch - ONERA

Directeur de thèse : Grégoire Casalis - ISAE

Financement

Direction Générale de l'Armement (DGA) & ONERA

Défi scientifique

Vers la maîtrise de la
turbulence

www.onera.fr/pss

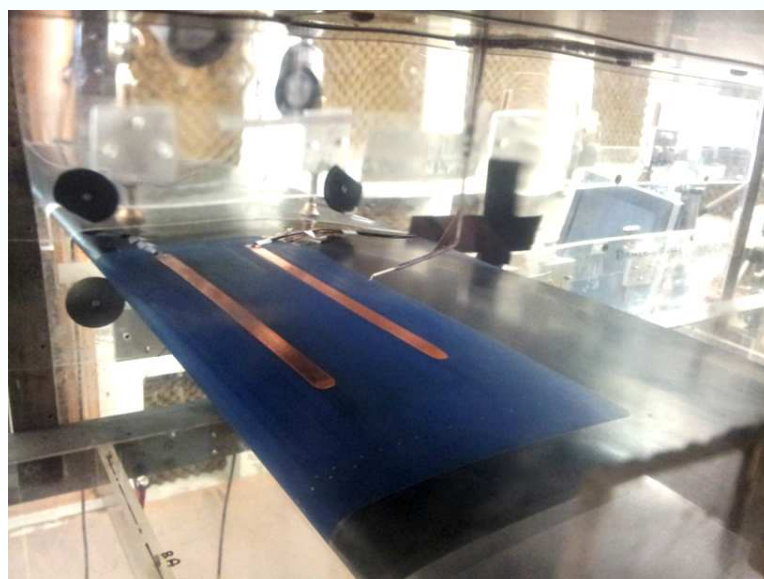


Université
de Toulouse

Contact : Maxime.Forte @ onera.fr

Résumé

La transition de l'état laminaire à l'état turbulent au sein de la couche limite qui se développe sur les parois des avions induit une hausse importante de la traînée de frottement. Ainsi, afin de répondre à une double problématique à la fois environnementale et économique, l'une des pistes envisagées pour réduire la consommation en carburant des avions du futur est de diminuer la traînée en reculant cette transition le plus en aval possible du bord d'attaque. Dans ce cadre, l'objectif de cette thèse est de caractériser à la fois expérimentalement et numériquement l'effet d'actionneurs à plasma de type Décharge à Barrière Diélectrique (DBD) sur la transition. Alimentés par une haute tension alternative, ces actionneurs actifs produisent une force volumique pulsée tangentielle à la paroi qui permet, sous certaines conditions, de modifier les profils de vitesse moyenne dans la couche limite et de reculer la transition. Sous d'autres conditions, le caractère instationnaire de cette force volumique peut entraîner une amplification des instabilités modales naturellement présentes dans la couche limite (ondes de Tollmien-Schlichting) et ainsi conduire à une transition prématurée. Une première expérience a permis de mettre en évidence cette compétition entre l'effet moyen stabilisant et l'effet instationnaire déstabilisant en mesurant respectivement un recul et une avancée de la transition. Parallèlement à ces activités expérimentales, une étude numérique, basée sur des analyses de stabilité locale, a montré que l'effet moyen de la force volumique permettait d'atténuer une large gamme de fréquences d'ondes TS dans la couche limite et d'expliquer le recul de transition observé expérimentalement. En se concentrant sur l'effet moyen stabilisant, une seconde expérience a permis d'étudier l'influence de la position de l'actionneur ainsi que l'effet cumulatif de plusieurs actionneurs positionnés en série sur le recul de transition.



Photographie de la maquette ONERA-D équipée de deux actionneurs plasma de type DBD montée en veine dans la soufflerie TRIN1 de l'ONERA

Analyser finement une configuration de jet d'air chaud pour améliorer les systèmes de dégivrage des avions

Pierre GRENSON

Thèse soutenue le 06 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 468 (MEGEP) - Mécanique, Energétique, Génie civil,
Procédés - Toulouse

Titre de la thèse

**Caractérisation expérimentale et simulations numériques
d'un jet chaud impactant**

Encadrement

Département Modèles pour l'Aérodynamique et l'Energétique (DMAE)

Encadrants : Philippe Reulet & Hugues Deniau - ONERA

Directeur de thèse : Bertrand Aupoix - ONERA

Financement

ONERA

Défi scientifique

Vers la maîtrise de la
turbulence

www.onera.fr/pss



Université
de Toulouse

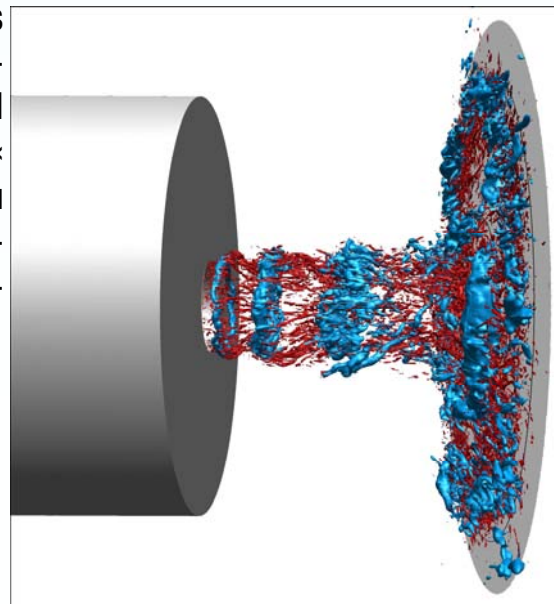


Contact : Pierre.Grenson @ onera.fr

Résumé

Cette thèse porte sur la caractérisation expérimentale et la simulation numérique d'une configuration de jet rond en impact peu rencontrée dans la littérature : un jet chauffé issu d'une conduite pleinement développée à un haut nombre de Reynolds impacte normalement une paroi située à trois diamètres en aval. Contrairement à la plupart des études, qui portent sur des configurations dites « isothermes », le jet est préalablement chauffé et débouche dans un environnement à température ambiante. Le premier volet de ce travail est dédié à la génération d'une base de données expérimentale à l'aide de plusieurs moyens de mesure, avec pour objectif de caractériser à la fois la dynamique et la thermique de l'écoulement. Les techniques complémentaires de vélocimétrie laser à franges (LDV) et vélocimétrie par image de particules (S-PIV) ont été mises à profit pour la caractérisation du champ de vitesse et du tenseur de Reynolds tandis que les champs de température moyenne et fluctuante ont été mesurés à l'aide d'un fil froid. Enfin, les échanges thermiques au niveau de la paroi ont été obtenus par la méthode inverse de thermographie en face arrière (ThEFA). En plus de fournir une base de donnée très complète nécessaire à la validation des simulations numériques, ces mesures ont également permis de mettre en évidence l'organisation à grande échelle de l'écoulement, avec la présence de grandes structures tourbillonnaires dont la fréquence de passage correspond au mode colonne du jet libre et qui s'approchent de la paroi d'impact aux alentours du second maximum observé dans la distribution des échanges pariétaux. Le second volet concerne les simulations numériques visant à reproduire la configuration expérimentale. Deux approches ont été évaluées : l'approche RANS pour quantifier la pertinence des modèles utilisés par les industriels et l'approche LES, plus coûteuse, mais donnant accès aux propriétés instationnaires et tridimensionnelles de l'écoulement. Les simulations RANS ont montré que les modèles reconnus comme les plus performants pour ce type de configuration sont incapables de prévoir correctement le niveau des échanges pariétaux. Ils sont, en revanche, bien reproduits par la simulation LES. Les données obtenues ont été mises à profit pour mieux comprendre les mécanismes liés à l'apparition du second maximum. Cette analyse a mis en avant le rôle des « points chauds ». Seuls certains d'entre eux ont pu être reliés à la présence de régions « décollées » tandis que la majorité est associée à des structures allongées dans la direction de l'écoulement.

*Structuration instantanée de l'écoulement de jet
en impact par simulation aux grandes échelles
(LES, solveur elsA)*



Simuler les tourbillons de sillage des avions pour mieux comprendre leur comportement

Holly JOHNSON

Thèse soutenue le 07 décembre 2016
Ecole doctorale : ED 447 (EDX) - Polytechnique

Titre de la thèse

Nonlinear dynamics of wake vortices

Encadrement

Département Aérodynamique Fondamentale et Expérimentale (DAFE)

Encadrant : Vincent Brion - ONERA

Directeur de thèse : Laurent Jacquin - ONERA

Financement

ONERA

Défi scientifique

Vers la maîtrise de la
turbulence

www.onera.fr/pss

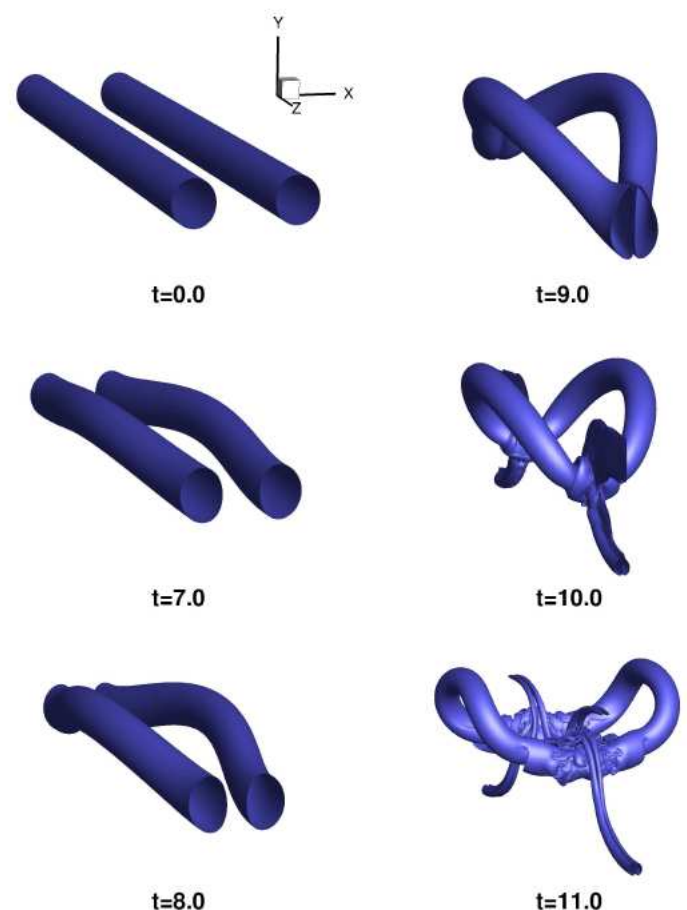


Nonlinear dynamics of wake vortices

Résumé

Aircraft wakes have been the subject of extensive research for several decades as it poses economic, safety and environmental issues. The wake is composed of powerful counter-rotating vortices that persist long after the aircraft has passed. In this thesis, the nonlinear dynamics of aircraft wake vortices is investigated through Direct Numerical Simulation. The aim is to explore the nonlinear effects on wake vortex behaviour and evaluate the potential for the anticipated destruction of the vortices through optimal perturbation. First the disruptive potential of the linear optimal perturbation of the flow is evaluated by applying it with increasing initial amplitude and observing the nonlinear response of the flow. With sufficient yet reasonable initial amplitude the linear optimal perturbation halves the life-span of the vortex pair by accelerating the loss of coherence of the vortices after the linking phase. Next the nonlinear gradient-based optimisation tool that was developed during the thesis is validated by reproducing existing results concerning a simple vortical flow: an isolated two-dimensional vortex. In doing so new nonlinear optimisation results are obtained and analysed. In particular it is shown that the 2D nonlinear optimal perturbation of an isolated vortex can induce considerably greater transient growth than the linear optimal. In some cases the nonlinear optimal causes a transition to a quasisteady asymmetric state, bypassing the natural axisymmetrisation process. The effect of the vortex vorticity profile on the optimal perturbations is also studied. Vortices with sharper profiles experience far greater linear perturbation growth, however the nonlinear growth is significantly inferior. Finally the nonlinear optimal perturbation analysis of the isolated vortex is extended to three dimensions. Although the 3D nonlinear optimals produce less growth than their linear counterparts, they can lead to quasi-permanent high energy states.

Typical evolution of trailing vortices in low turbulent atmosphere illustrating the linear Crow instability and subsequent linking process



Prédire le mouvement de masses d'air turbulentes avec un nombre réduit de capteurs

Anthony ARNAULT

Thèse soutenue le 13 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 072 (SPI) - Sciences pour l'Ingénieur - Lille

Titre de la thèse

**Reconstruction de champs aérodynamiques à partir de
mesures ponctuelles**

Encadrement

Département Aérodynamique Appliquée (DAAP)

Encadrant : Julien Dandois - ONERA

Directeur de thèse : Jean-Marc Foucalt - LML Lille

Financement

ONERA

Défi scientifique

Vers la maîtrise de la
turbulence

www.onera.fr/pss

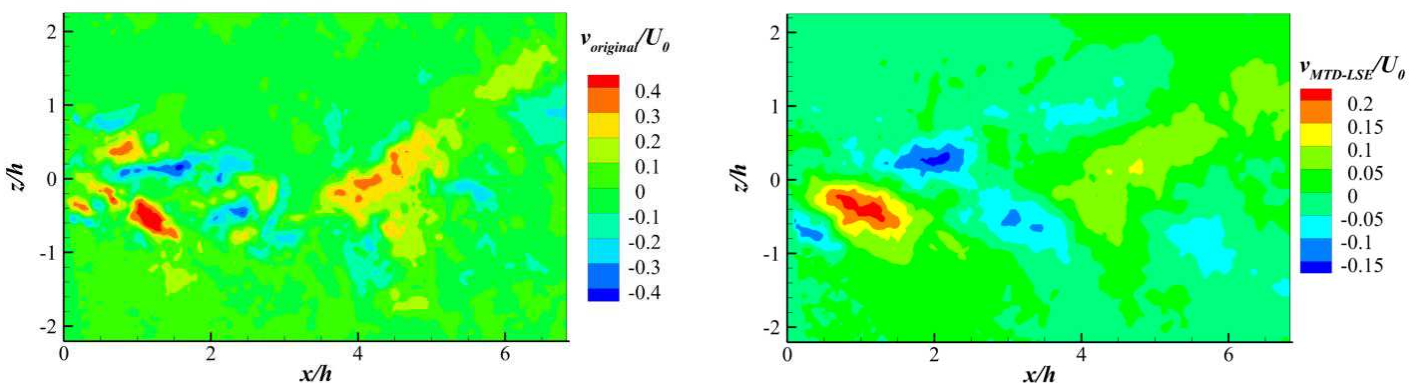


Contact : Anthony.Arnault @ onera.fr

Reconstruction de champs aérodynamiques à partir de mesures ponctuelles

Résumé

Le suivi en temps réel des écoulements turbulents est une tâche difficile ayant des applications dans de nombreux domaines. Un exemple est la mesure des tourbillons de sillage au niveau des pistes d'aéroports afin d'optimiser la distance entre les avions en phase d'approche ou de décollage. Un autre exemple se rapporte au contrôle actif d'écoulements. Cette thèse vise à développer des outils afin d'estimer en temps réel des champs de vitesse d'écoulements turbulents à partir d'un faible nombre de mesures ponctuelles. Après une étude bibliographique centrée sur une méthode de reconstruction populaire, l'estimation stochastique (SE), ses performances sont évaluées pour la prédiction de champs de vitesse issus d'écoulements de complexité croissante. La précision des estimations obtenues étant très faibles dans certains cas, une analyse précise de la méthode est effectuée. Celle-ci a montré l'effet filtrant de la SE sur le contenu spatial et temporel des champs de vitesse. De plus, le fort impact de la position des capteurs a été mis en avant. C'est pourquoi un algorithme d'optimisation de la position des capteurs est ensuite présenté. Bien que l'optimisation de la position des capteurs mène à une amélioration de la précision des prédictions obtenues par SE, elle reste néanmoins très faible pour certains cas tests. L'utilisation d'une technique issue du domaine de l'assimilation de données, le filtre de Kalman qui combine un modèle dynamique de l'écoulement avec les mesures, a donc été étudiée. Pour certains écoulements, le filtre de Kalman permet d'obtenir des prédictions plus précises que la SE.



Comparaison entre un champ de fluctuations de vitesse verticale (hors plan) original (gauche) et sa prédiction (droite) par estimation stochastique linéaire utilisant 23 capteurs de pression (Écoulement en aval d'un cube monté sur une paroi)

Matthieu DUBOSC

Thèse soutenue le 02 février 2016

Ecole doctorale : ED 522 (SI-MMEA) - Sciences et Ingénierie en Matériaux,
Mécanique, Energétique et Aéronautique - Poitiers

Titre de la thèse

**Modélisation hors adaptation des performances individuelles
d'un doublet d'hélices contrarotatives**

Encadrement

Département Aérodynamique Appliquée (DAAP)

Encadrants : Grégory Delattre - ONERA

Nicolas Tantot - SNECMA

Directeur de thèse : Serge Huberson - Pprime

Financement

CIFRE Safran Aircraft Engines

Défi scientifique

La propulsion dans
toute sa complexité

www.onera.fr/pss



Contact : [Gregory.Delattre @ onera.fr](mailto:Gregory.Delattre@onera.fr)

Résumé

Dans le cadre du projet européen Clean Sky, Snecma construit un démonstrateur de Contra Rotating Open Rotor (CROR). La conception du système de régulation du moteur nécessite d'avoir connaissance du comportement aérodynamique de chacune des hélices du doublet. Les objectifs de cette thèse sont dans un premier temps de comprendre les interactions entre les différents éléments constitutifs d'un CROR ayant un effet sur les performances des hélices, d'isoler leurs contributions respectives et dans un deuxième temps de développer un modèle prédictif des performances individuelles des hélices d'un CROR intégrable dans un environnement de calcul de cycles thermodynamiques. Pour cela, le comportement des hélices en doublet est rapproché de celui d'hélices isolées dont les effets macroscopiques sont bien connus. Des calculs Euler et NS3D ont servi de base pour proposer un couplage entre les hélices isolées permettant de retrouver le champ de vitesses induits entre les hélices d'un calcul doublet. Pour respecter les exigences de rapidité d'exécution et de robustesse numérique imposées par l'environnement de calcul de cycles thermodynamiques, les performances individuelles des hélices du doublet sont calculées à partir de champs hélice isolée. Une approche monodimensionnelle permet de calculer les vitesses induites propres des hélices à partir de la traction et de la puissance absorbée et une méthode pour estimer les vitesses induites mutuelles à partir des vitesses induites propres est donnée. Le calcul des performances individuelles des hélices d'un doublet contrarotatif est itératif. Cette méthode estime les performances avec une erreur relative inférieure à 5%. Elle est utilisée dans le développement du système de régulation du démonstrateur CROR SAGE2.



(a) Concept CROR de Snecma



(b) Banc d'essai HERA

Contra Rotating Open-Rotor configuration Pusher

Améliorer la simulation du comportement des moteurs d'avion au sol pour optimiser la conception des nacelles

Yannis SADOUDI

Thèse soutenue le 11 mars 2016

Ecole doctorale : ED 468 (MEGEP) - Mécanique, Energétique, Génie civil,
Procédés - Toulouse

Titre de la thèse

Simulation numérique de l'interaction soufflante/nacelle en présence de vent de travers

Encadrement

Département Modèles pour l'Aérodynamique et l'Energétique (DMAE)

Encadrant : Frédéric Sicot - CERFACS

Directeurs de thèse : Bertrand Aupoix - ONERA

Jean-François BOUSSUGE - CERFACS

Financement

Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique (CERFACS)

Défi scientifique

La propulsion dans toute sa complexité

www.onera.fr/pss



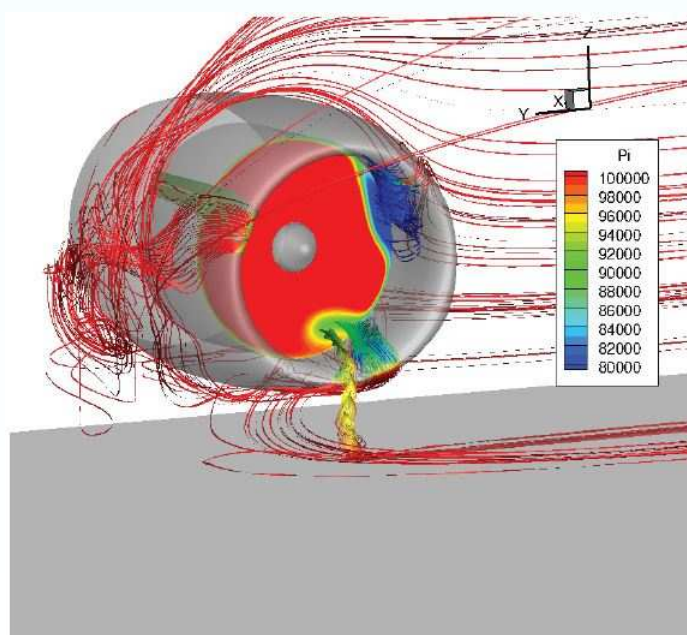
Université
de Toulouse

Contact : Francois.Chedevergne @ onera.fr

Simulation numérique de l'interaction soufflante/nacelle en présence de vent de travers

Résumé

La conception des nacelles doit répondre à des contraintes géométriques d'encombrement mais aussi à des spécifications motoristes qui précisent les niveaux de performance exigés. Au sol, l'une des principales contraintes concerne le niveau de distorsion de pression totale dans le plan fan quand la nacelle est soumise à un vent de travers. Dans le cas le plus limitant, lorsque la direction du vent est perpendiculaire à l'axe de la nacelle, il se produit un décollement au niveau de l'entrée d'air côté vent. L'hétérogénéité de l'écoulement crée des efforts instationnaires sur les aubes du fan. Ces efforts peuvent amener à un régime de pompage endommageant ainsi le moteur. De plus, la tendance actuelle est de réaliser des nacelles courtes, réduisant la distance permettant à l'écoulement de s'homogénéiser avant d'impacter le fan, conduisant à un couplage entre le décollement et le fan. Le but de cette étude est de simuler numériquement l'écoulement intervenant dans une nacelle courte soumise à un vent de travers et d'étudier l'impact de la présence du fan. Tout d'abord, la définition de la distorsion est basée sur les grandeurs totales. Une approche analytique et numérique sur plaque plane a permis d'évaluer le comportement des grandeurs totales à la frontière externe de la couche limite et l'influence des paramètres numériques RANS sur leur évolution. Cette étude a permis de choisir les paramètres numériques utilisés pour la simulation de la nacelle. Pour faire ressortir l'influence du fan sur la distorsion, deux types de simulations ont été menés : une simulation de nacelle isolée et une simulation de l'ensemble complet nacelle/fan respectivement comparées à un essai en soufflerie sur une maquette de nacelle isolée et à un essai de moteur complet à échelle 1 :1 réalisé en « soufflerie » à veine ouverte. La description correcte de la distorsion nécessite de prendre en compte les phénomènes de transition. Une méthode innovante de prise en compte de la transition par équations de transport est utilisée. Le coût de calcul de l'ensemble complet étant prohibitif, la question du découplage du calcul en injectant une distorsion, issue d'une simulation de nacelle isolée, dans un calcul de fan isolé est discutée. La distorsion par vent de travers intervient lorsque l'avion est au sol. Par conséquent, l'impact de la présence du sol est étudié dans le cas de la nacelle isolée. Enfin, le critère de distorsion utilisé présente plusieurs défauts importants et doit remis en cause. Une nouvelle méthode de mesure et de calcul est étudiée.



Visualisation des lignes de courant des zones de distorsion intervenant dans la nacelle en présence du sol

Modéliser la combustion dans les moteurs aéronautiques pour les rendre plus propres

Gustavo ARROYO CALLEJO

Thèse soutenue le 03 mai 2016

Ecole doctorale : ED 468 (MEGEP) - Mécanique, Energétique, Génie civil,
Procédés - Toulouse

Titre de la thèse

**Modélisation thermique avancée d'une paroi de chambre de
combustion aéronautique avec dilution giratoire**

Encadrement

Département Modèles pour l'Aérodynamique et l'Energétique (DMAE)

Encadrants : Emmanuel Laroche - ONERA

François Leglaye - Safran Aircraft Engines

Directeur de thèse : Pierre Millan - ONERA

Financement

CIFRE Safran Aircraft Engines

Défi scientifique

La propulsion dans
toute sa complexité

www.onera.fr/pss



Université
de Toulouse



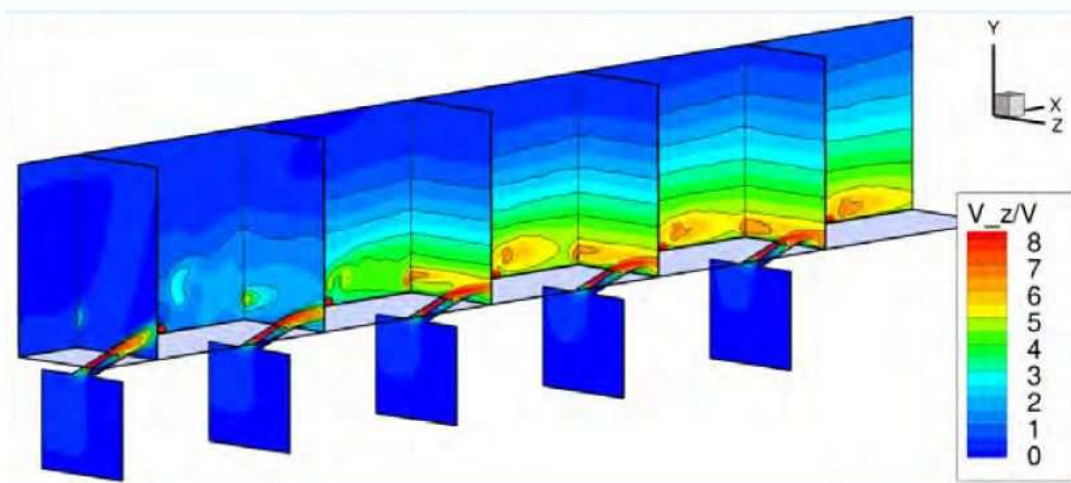
Contact : Emmanuel.Laroche @ onera.fr

Modélisation thermique avancée d'une paroi de chambre de combustion aéronautique avec dilution giratoire

Résumé

Dans une chambre de combustion, les températures auxquelles les parois sont soumises sont bien supérieures aux températures de fusion des matériaux qui les constituent. Afin de protéger les parois des fortes températures, une partie de l'air froid provenant du compresseur est injectée par des milliers de perforations. Récemment, les industriels ont considéré la technique de refroidissement par multiperforation giratoire comme un axe très prometteur de recherche pour atteindre les objectifs d'optimisation d'air de refroidissement dans certaines parties de la chambre de combustion. Néanmoins, la très petite taille des perforations rendant les simulations numériques détaillées invisibles, les modèles homogènes équivalents ont progressivement gagné de l'importance. Cette thèse se propose, d'une part de développer un modèle adapté à la multiperforation en giratoire et d'autre part de contribuer à sa meilleure compréhension.

Pour atteindre ces objectifs, dans un premier temps, une base de données numérique des écoulements de type paroi multiperforée à motif axial et giratoire a été générée au moyen d'une approche RANS. Le post-traitement de cette base de données a servi comme point de départ pour le développement du modèle. Le modèle de plaque multiperforée permet de reproduire les effets de la paroi multiperforée à la fois sur l'écoulement avoisinant et sur l'état thermique de paroi en s'affranchissant du maillage des perforations. Ensuite, ce modèle a été confronté à plusieurs cas-test. Sa capacité à reproduire l'effet de la paroi multipercée sur l'écoulement avoisinant et vice-versa a été mise en évidence et les faiblesses du modèle, notamment l'absence des flux tangentiels dans le solide, ont été identifiées. Dans l'optique d'étudier la multiperforation giratoire, une étude instationnaire au moyen d'une prise en compte hybride (ZDES) de la turbulence a été menée. Cette étude nous a permis de montrer les bonnes capacités de la ZDES comme outil permettant de capter les phénomènes instationnaires présents dans ce type de configurations. Les résultats ont permis également l'identification des structures caractérisant ces écoulements.



Champ de vitesse au voisinage d'une paroi multi perforée en dilution giratoire

distinction

Young Scientist
Presentation Award
Transport, Aviation and
Climate Conference
(2015)

Jean-Charles KHOU

Thèse soutenue le 01 juin 2016

Ecole doctorale : ED 391 (SMAER) - Sciences Mécaniques, Acoustique,
Electronique & Robotique - Paris

Titre de la thèse

**Modélisation des traînées de condensation par interaction
entre l'aérodynamique, la cinétique chimique et la
microphysique**

Encadrement

Département Énergétique Fondamentale et Appliquée (DEFA)

Encadrant : Weeded Ghedhaifi - ONERA

Directeur de thèse : François Garnier - École de Technologie Supérieure de
Montréal, Université du Québec

Financement

Conseil pour la recherche aéronautique civile (Corac)

Défi scientifique

La propulsion dans
toute sa complexité

www.onera.fr/pss



Contact : Weeded.Ghedhaifi @ onera.fr

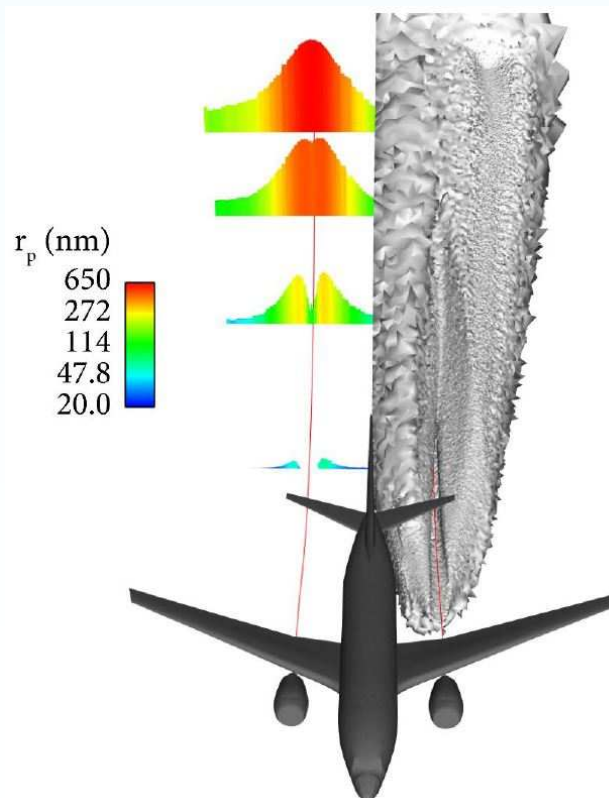
Résumé

Dans le cadre des études portant sur l'impact de l'aviation sur le changement climatique, les traînées de condensation font partie des phénomènes présentant le plus d'incertitudes quant à leur rôle. Dans ce contexte, l'étude vise à mieux décrire les caractéristiques physico-chimiques du panache dans le champ proche d'un avion, celles-ci pouvant conditionner les propriétés des traînées de condensation formées.

Pour cela, des simulations spatiales tridimensionnelles de type RANS ont été réalisées à l'aide du code CEDRE de l'ONERA, prenant en compte les processus microphysiques, les réactions chimiques, et l'écoulement aérodynamique autour et dans le sillage d'une configuration réaliste d'un avion de transport civil. Les modèles microphysiques intégrés permettent de décrire les processus d'activation des particules de suie, qui jouent le rôle de noyaux de condensation, et les processus de condensation et d'évaporation d'eau à leur surface.

Une phase de validation du code a été menée pour chacun des processus pris en compte, montrant un bon accord avec les données de la littérature. Des études de sensibilité ont également été conduites afin d'évaluer l'impact des paramètres atmosphériques et des caractéristiques des effluents sur les propriétés des cristaux de glace formés. L'augmentation de la teneur en soufre du carburant entraîne un accroissement de l'activité des suies et aboutit à une distance d'apparition plus courte et une opacité plus élevée des traînées de condensation. Lorsque la quantité de vapeur d'eau émise est suffisante, l'augmentation du nombre de suies éjectées entraîne un accroissement de la concentration de glace, résultant en un fort accroissement de l'opacité et de la superficie de la traînée de condensation.

Visualisation des profils de rayon de particules aux 4 premières envergures en aval de l'avion. L'isovolume gris à droite ($D_p > 40$ nm) représente le panache de cristaux de glace. La ligne rouge donne la position du centre du jet.



Modéliser la combustion dans les moteurs aéronautiques pour les rendre plus propres

Maxime VICENTINI

Thèse soutenue le 03 juin 2016

Ecole doctorale : ED 468 (MEGEP) - Mécanique, Energétique, Génie civil,
Procédés - Toulouse

Titre de la thèse

**Mise en évidence expérimentale et modélisation des régimes
de combustion diphasique présents dans les foyers
aéronautiques**

Encadrement

Département Modèles pour l'Aérodynamique et l'Energétique (DMAE)

Encadrant : Renaud Lecourt - ONERA

Directeurs de thèse : Olivier Simonin - IMFT

Olivier Rouzaud - ONERA

Financement

Région Occitanie & ONERA

Défi scientifique

La propulsion dans
toute sa complexité

www.onera.fr/pss

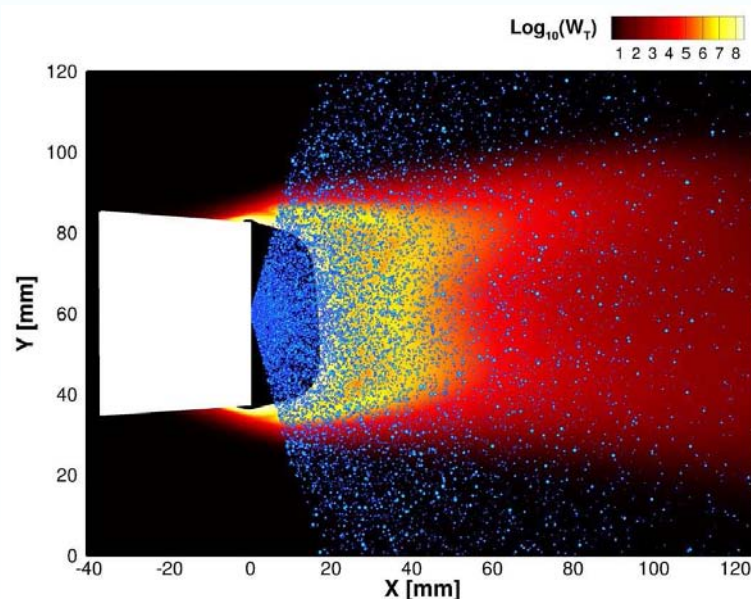


Université
de Toulouse

Contact : Olivier.Rouzaud @ onera.fr

Résumé

De nos jours, la combustion d'hydrocarbures est largement répandue dans de nombreuses applications, notamment la propulsion aéronautique. Toutefois, les turbomachines produisent des niveaux d'émissions d'espèces polluantes qui ne sont plus acceptés. C'est pourquoi, la compréhension des phénomènes physiques mis en jeu dans les chambres de combustion est essentielle pour aider au développement de moteurs plus propres. Dans de tels foyers, le carburant est injecté sous la forme d'un brouillard de gouttes, ce qui génère de fortes interactions avec l'écoulement d'air turbulent et la flamme. L'objectif de cette thèse est de contribuer au développement de modèles en combustion diphasique en vue d'améliorer la capacité prédictive des outils de simulation numérique. Pour cela, un nouveau moyen d'essais dédié à l'étude des flammes diphasiques turbulentes a été conçu et une base de données expérimentales a été constituée (conditions inertes et réactives). Des visualisations simultanées de la diffusion de Mie des gouttes et du taux de dégagement de chaleur ont permis de mettre en évidence une structure de flamme complexe ainsi que l'existence de différents régimes de combustion. Un autre point important de ce travail a été d'analyser statistiquement la distribution spatiale de gouttes en conditions réactives à l'aide d'une méthode de mesure originale. Cette analyse a permis de quantifier les distances inter-gouttes (plus proches voisines) en différents points de l'écoulement et d'estimer les erreurs liées au traitement des données via une approche numérique. En outre, il apparaît que la distribution spatiale des gouttes s'apparente à une loi aléatoire uniforme alors que les modèles de combustion de gouttes s'appuient souvent sur une loi régulière.



Champ instantané du taux de dégagement $[W/m^3]$ (échelle logarithmique de base 10) superposé avec la position des gouttes. Gouttes dilatées pour être bien visibles (facteur 7)

Modéliser le bruit de combustion des moteurs d'avion pour le réduire

Jun ZHENG

Thèse soutenue le 21 septembre 2016

Ecole doctorale : ED 579 (SMEMaG) - Sciences Mécaniques et
Energétiques, Matériaux et Géosciences - Paris-Saclay

Titre de la thèse

**Analytical and numerical study of the indirect combustion
noise generated by entropy disturbances in nozzle flows**

Encadrement

Département Aéroacoustique (DAAC)

Encadrants : Maxime Huet & Franck Cléro - ONERA
Alexis Giaume - CNRS

Directeur de thèse : Sébastien Ducruix - Ecole Centrale Paris

Financement

ONERA

Défi scientifique

La propulsion dans
toute sa complexité

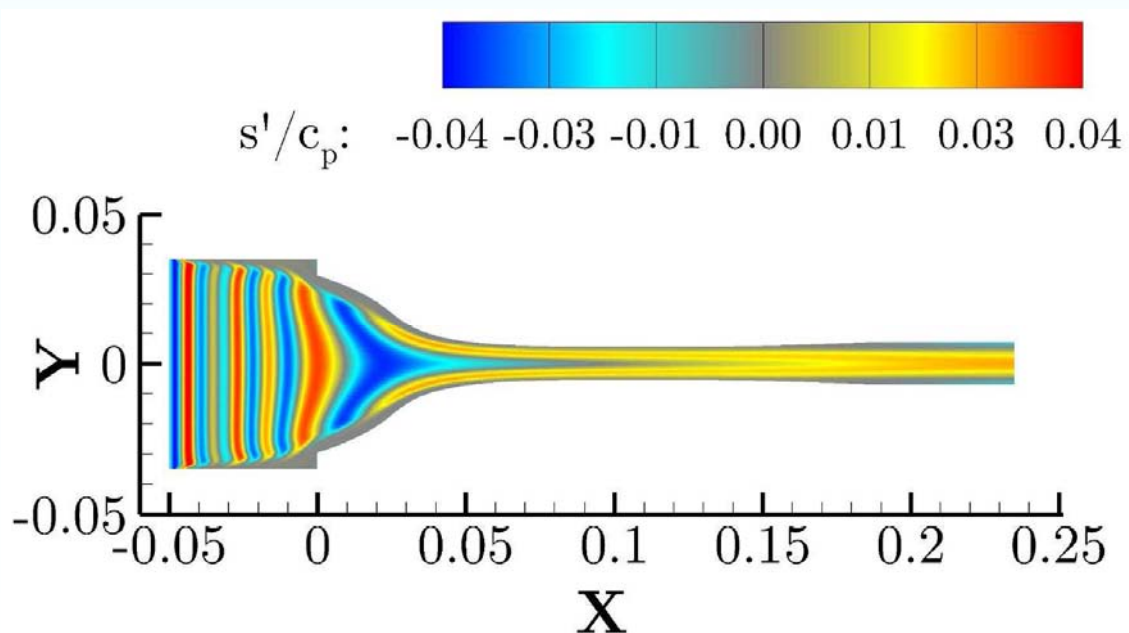
www.onera.fr/pss



Contact : Maxime.Huet @ onera.fr

Résumé

Avec la réduction du bruit de jet et de soufflante dans les moteurs aéronautiques modernes, la contribution relative du bruit de combustion (BC) a augmenté de manière significative au cours des dernières décennies. Deux mécanismes ont été identifiés comme étant du BC dans les années 70 : le bruit de combustion direct (BCD) et le bruit de combustion indirect (BCI). Le cœur de la thèse est axé sur le BCI avec le développement d'un modèle semi-analytique 2D axisymétrique prenant en compte la distorsion des ondes entropiques afin de prédire le BCI dans des écoulements de tuyère. L'état de l'art réalisé dans le premier chapitre met en évidence la nécessité d'améliorer la prédiction du BCI des modèles 1D en introduisant la distorsion radiale des ondes entropiques dans la tuyère. Le second chapitre du manuscrit détaille les outils disponibles à l'ONERA pour l'étude du BCI. Le modèle 2D est développé dans le troisième chapitre où les équations d'Euler sont réécrites en 2D pour la partie entropique et en 1D pour les perturbations acoustiques. Le quatrième chapitre décrit les simulations numériques réalisées pendant la thèse sur la configuration retenue (la tuyère DISCERN) : un calcul RANS et deux simulations des grandes échelles (SGE) sont effectués respectivement pour l'utilisation et la validation du modèle 2D. Dans le dernier chapitre, l'application du nouveau modèle utilisant le champ moyen RANS est accompli, les résultats sont comparés au modèle 1D et validés par confrontation avec les prédictions SGE.



Longitudinal cross section view of the dimensionless entropy fluctuations for a 411 to 905 Hz entropy forcing at the inlet at a random time.

distinction

Best Student Paper in
Propulsion Physics
EUCASS (2015)

Jérôme MESSINEO

Thèse soutenue le 26 octobre 2016

Ecole doctorale : ED 468 (MEGEP) - Mécanique, Energétique, Génie civil,
Procédés - Toulouse

Titre de la thèse

**Modélisation des instabilités hydrodynamiques dans les
moteurs-fusées hybrides**

Encadrement

Département Modèles pour l'Aérodynamique et l'Energétique (DMAE)

Encadrant : Jean-Yves Lestrade - ONERA

Directeurs de thèse : Jérôme Anthoine & Jouke Hijlkema - ONERA

Financement

Région Occitanie & ONERA

Défi scientifique

La propulsion dans
toute sa complexité

www.onera.fr/pss



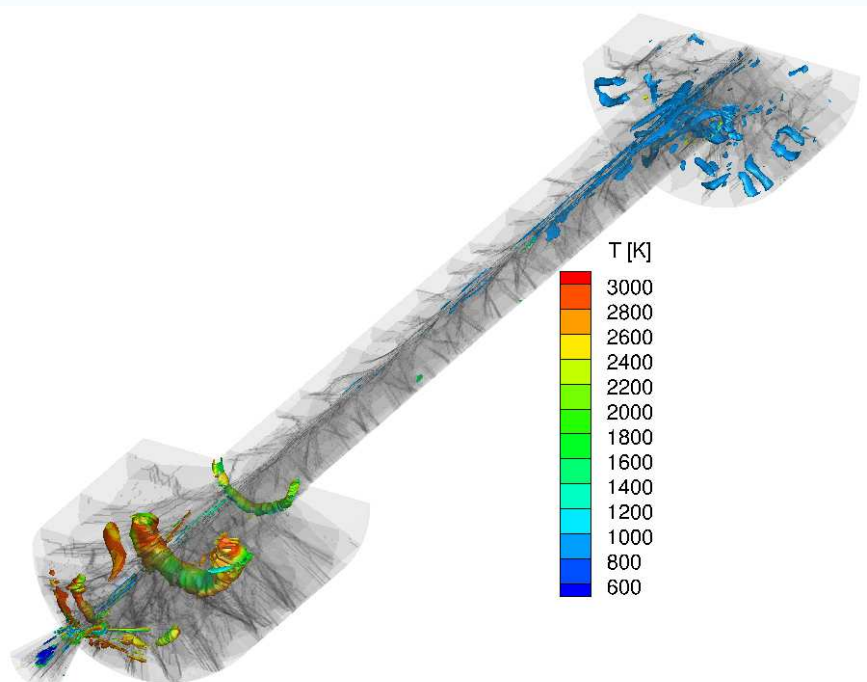
Université
de Toulouse

Résumé

Les moteurs-fusées hybrides combinent les technologies des deux autres catégories de moteurs à propulsion chimique, et associent un combustible et un oxydant stockés respectivement sous phase solide et liquide. Cette architecture offre un certain nombre d'avantages, comme par exemple des coûts plus faibles et une architecture simplifiée par rapport à la propulsion bi-liquide; la possibilité de réaliser de multiples extinctions et ré-allumages et une bonne impulsion spécifique théorique par rapport à la propulsion solide, et enfin une sécurité de mise en œuvre accrue et un impact environnemental faible vis-à-vis de ces deux autres modes de propulsion.

Comme toutes les chambres de combustion, celles des moteurs hybrides peuvent subir des oscillations de pression sous certaines conditions de fonctionnement. Ces instabilités se traduisent par des fluctuations de poussée qui peuvent dégrader la structure d'un lanceur ou d'un satellite. Des phénomènes divers peuvent être à l'origine des fluctuations de pression observées dans les moteurs hybrides. L'objectif de la thèse est de proposer une modélisation des instabilités d'origine hydrodynamique qui apparaissent dans les moteurs hybrides. Une exploitation nouvelle de la base de données disponible à l'ONERA a servi de support pour la modélisation, ainsi que des simulations numériques instationnaires 2D et 3D réalisées à l'aide du code CFD CEDRE. Les instabilités sont provoquées par la formation périodique de structures tourbillonnaires dans la chambre de combustion, qui génèrent des fluctuations de pression lors de leur passage dans le col de la tuyère.

L'originalité du modèle, basé sur la théorie classique de génération tourbillonnaire dans une cavité, consiste à prendre en compte les variations géométriques de la chambre de combustion au cours des tirs. Ces variations ont un effet sur la vitesse de l'écoulement, sur la zone de recirculation dans la post-chambre, ainsi que sur les tourbillons eux-mêmes. Enfin, plusieurs nouveaux essais du moteur hybride HYCOM ont été effectués et confrontés au modèle développé dans le cadre de la thèse.



Visualisation des structures tourbillonnaires dans la post-chambre d'un moteur hybride - Calcul 3D instationnaire (MILES)

Simuler les échanges de chaleur dans les nacelles des moteurs d'avion pour mieux les dimensionner

Quentin DUBOIS

Thèse soutenue le 28 novembre 2016

Ecole doctorale : ED 077 (IAEM) - Informatique, Automatique, Électronique -
Électrotechnique, Mathématiques - Metz

Titre de la thèse

**Approximation volumes finis d'ordre élevé - Flux dissipatifs
en maillage quelconque et applications à la LES en
aérothermique cavité nacelle à l'arrêt moteur**

Encadrement

Département Energétique Fondamentale et Appliquée (DEFA)

Encadrants : Florian Haider - ONERA

Céline Douta - Safran Aircraft Engines

Directeurs de thèse : Jean-Pierre Croisille - Université de Lorraine

Vincent Giovangigli - École Polytechnique

Financement

CIFRE Safran Aircraft Engines

Défi scientifique

La propulsion dans
toute sa complexité

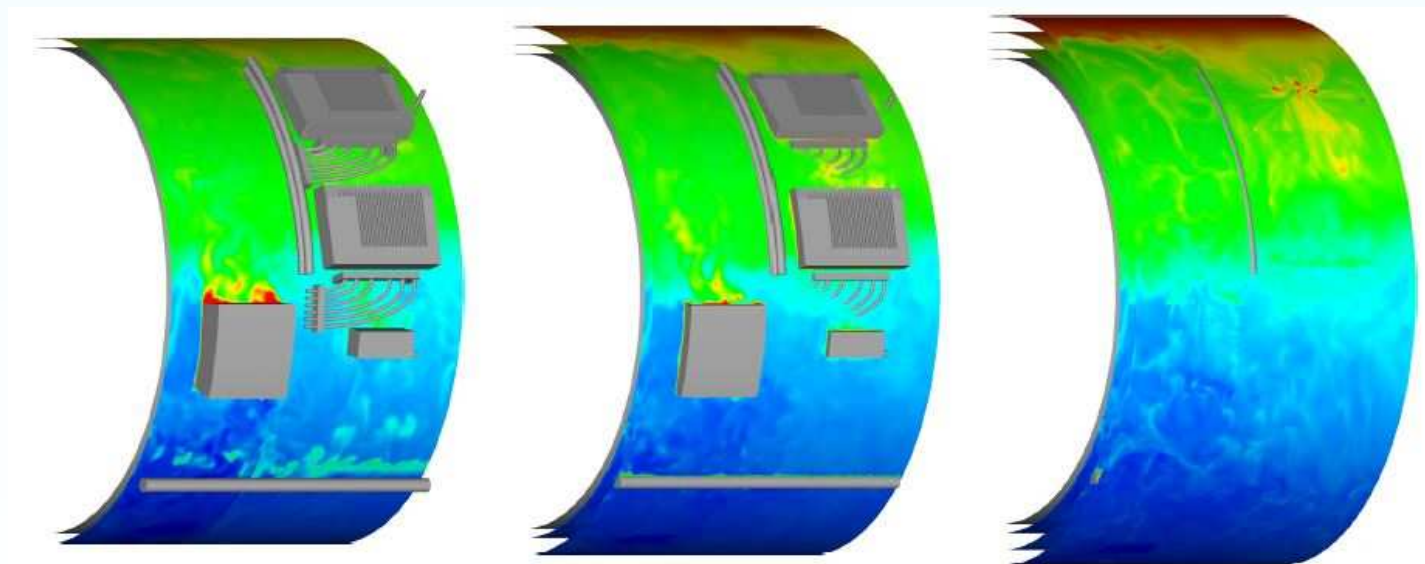
www.onera.fr/pss



Contact : Florian.Haider @ onera.fr

Résumé

L'objet de ce travail est d'étudier la faisabilité de la résolution numérique des équations de Navier-Stokes compressibles à bas nombre de Mach par une méthode de type volumes finis puis de simuler avec cette méthode un écoulement de convection naturelle à bas Mach dans une cavité nacelle de turboréacteur. Le premier aspect de l'étude porte sur l'analyse des problèmes rencontrés par la méthode des volumes finis avec flux décentrés lorsqu'elle est appliquée à la simulation d'écoulements de type convection naturelle à bas-Mach. Les problèmes liés à l'intégration temporelle et aux sources (well-balanced) sont abordés. Les travaux se concentrent ensuite sur le problème bas-Mach. Une analyse numérique et théorique basée sur l'analyse spectrale des équations de Navier-Stokes discrétisées et linéarisées est proposée. Elle permet la mise en exergue de l'origine du problème bas-Mach et l'évaluation de corrections potentielles. Le second aspect de cette étude concerne la simulation instationnaire de la convection naturelle dans la cavité nacelle. Une simulation aux grandes échelles à bas Reynolds est mise en place. L'intégration temporelle est réalisée par un schéma Runge-Kutta implicite et le flux numérique est adapté aux écoulement bas Mach. La simulation est d'abord réalisée sur des configurations simplifiées puis sur la configuration industrielle.



Température instantanée dans des coupes cylindrique de la cavité nacelle.

Physique

Défi 7– Des structures aérospatiales plus endurantes

AGUILERA Paula - Apport de la modélisation numérique pour l'optimisation de la prise en compte des contraintes foudre lors de la conception de systèmes propulsifs.....64

SOUSA-MARTINS Rafael - Simulation expérimentale et numérique de l'interaction entre un plasma d'arc de foudre et un matériau aéronautique66

Défi 9– Photonique et systèmes optroniques

CANTALLOUBE Faustine - Détection et caractérisation d'exoplanètes dans des images à grand contraste par la résolution de problème inverse.....68

VERDUN Michaël - Photodétecteurs InGaAs nanostructurés pour l'imagerie infrarouge.....70

LONCAN Laetitia - Fusion d'images panchromatiques et hyperspectrales à très haute résolution spatiale72

TARDIEU Clément - Étude de structures sublongueur d'onde filtrantes, application à la spectroscopie d'absorption infrarouge.....74

HÉRON Sébastien - Nanostructures pour l'exaltation d'effets non linéaires.....76

POLA FOSSI Armande - Miniaturisation d'une caméra hyperspectrale infrarouge78

REVEL Charlotte - Apport de la prise en compte de la variabilité intra-classe dans les méthodes de démixage hyperspectral pour l'imagerie urbaine.....80

Défi 10– Electromagnétisme et radar

COMBERNOUX Alice - Détection et filtrage rang faible pour le traitement d'antenne utilisant la théorie des matrices aléatoires en grandes dimensions82

LEPOUTRE Alexandre - Détection et pistage en contexte Track-Before-Detect par filtrage particulière.....84

TAYLOR Abigaël - Traitements SAR multivoies pour la détection de cibles mobiles86

RIBAUD Florian - Analysis of Multipath Channel Reduction Models for Realistic GNSS Receivers Testing	88
DURAN VENEGAS Juan Antonio - Reconfigurable Metasurfaces for Beam Scanning Planar Antennas.....	90
DEYMIER Nicolas - Etude d'une méthode d'éléments finis d'ordre élevé et son hybridation avec d'autres méthodes numériques pour la simulation électromagnétique instationnaire dans un contexte industriel.....	92

Défi 12– Capteurs et environnement spatial

BAGHI Quentin - Optimisation de l'analyse de données de la mission spatiale MICROSCOPE pour le test du principe d'équivalence et d'autres applications	94
AOUST Guillaume - Développements de sources infrarouges et de résonateurs en quartz pour la spectroscopie photoacoustique	96
DESCLOUX Delphine - Sources paramétriques optiques à base de cristaux aperiodiques à agilité spectrale ultra-rapide.....	98
LI CAVOLI Pierre - Etude théorique et expérimentale des effets singuliers induits par les muons atmosphériques sur les technologies numériques d'échelle nanométriques	100
CHAMPLAIN Amandine - Etude de la dynamique des poussières lunaires et de leur impact sur les systèmes d'exploration	102
MARECHAL Baptiste - Microsystèmes inertiels vibrants pour applications spatiales : apport des fonctions numériques.....	104

Modéliser le trajet de la foudre dans les moteurs d'avions pour en limiter les effets

Paula AGUILERA

Thèse soutenue le 04 novembre 2016

Ecole doctorale : ED 391 (SMAER) - Sciences Mécaniques, Acoustique,
Electronique & Robotique - Paris

Titre de la thèse

Apport de la modélisation numérique pour l'optimisation de la prise en compte des contraintes foudre lors de la conception de systèmes propulsifs.

Encadrement

Département Electromagnétisme et Radar (DEMR)

Encadrants : François Issac & Bastiaan Michielsen - ONERA
Cyril Lair - Safran Aircraft Engines

Directeurs de thèse : Marc Hélier & Muriel Darces - UPMC

Financement

CIFRE Safran Aircraft Engines

Défi scientifique

Des structures
aérospatiales plus
endurantes

www.onera.fr/pss

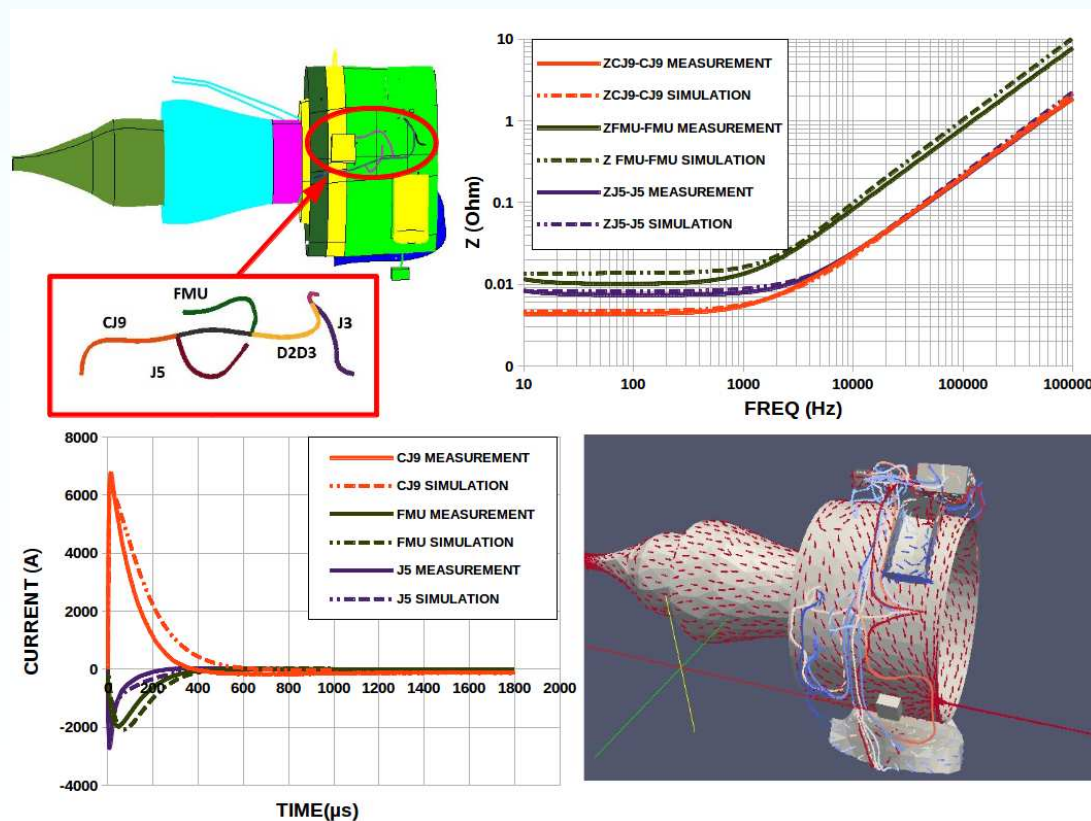


Contact : Bastiaan.Michielsen @ onera.fr

Résumé

Lors de la conception d'un système propulsif, de nombreux environnements sont pris en compte, parmi lesquels l'environnement foudre. Lorsque la foudre frappe la structure externe du moteur et de l'avion, un courant standardisé en partie par une bi-exponentielle d'amplitude 200 kA est injecté dans la structure. Aux effets localisés au niveau du point d'impact (thermiques, mécaniques, etc.) viennent s'ajouter des effets indirects. Ces effets sont caractérisés par des courants et tensions induits à l'intérieur de la structure, là où sont logés des équipements critiques comme le calculateur de commande et de surveillance d'un moteur.

Cette étude vise à établir une nouvelle approche pour la simulation des effets indirects sur système propulsif. Basée sur la macro modélisation, elle permet d'effectuer une réduction de modèle sur un support géométrique fixé (filaire ou surfacique), et ainsi de caractériser rapidement des distributions de courant pour une configuration d'injection donnée. Un modèle simple comme celui-ci présente l'intérêt d'aider à interpréter des résultats d'essais de façon directe et de faire des études paramétriques et des analyses de sensibilité inhérentes aux phases de spécification et de conception d'un système propulsif.



Le macro-modèle d'un moteur câblé et les résultats d'une simulation : courants sur câbles, en domaine fréquentiel et en domaine temporel, et la distribution de courant sur la structure.

Mieux connaître l'effet de la foudre sur les matériaux composites pour mieux le modéliser

Rafael SOUSA-MARTINS

Thèse soutenue le 15 novembre 2016

Ecole doctorale : ED 579 (SMEMaG) - Sciences Mécaniques et
Energétiques, Matériaux et Géosciences - Paris-Saclay

Titre de la thèse

Étude expérimentale et théorique d'un arc de foudre et son interaction avec un matériau aéronautique

Encadrement

Département Mesures Physiques (DMPH)

Encadrant : Laurent Chemartin - ONERA

Directeur de thèse : Anouar Soufiani - Ecole Centrale Paris

Financement

ONERA

Défi scientifique

Des structures
aérospatiales plus
endurantes

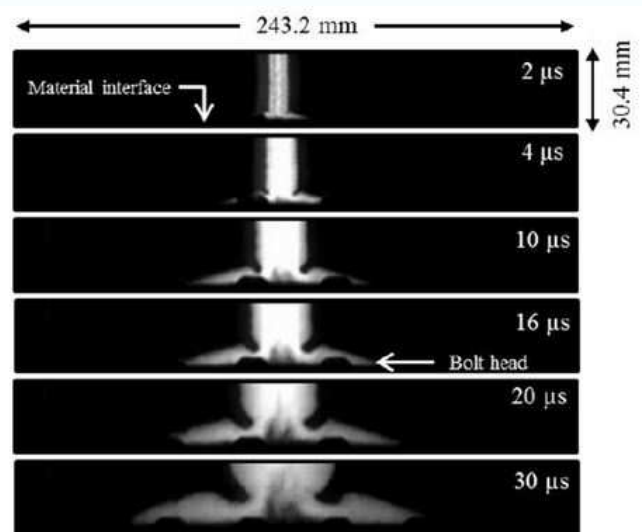
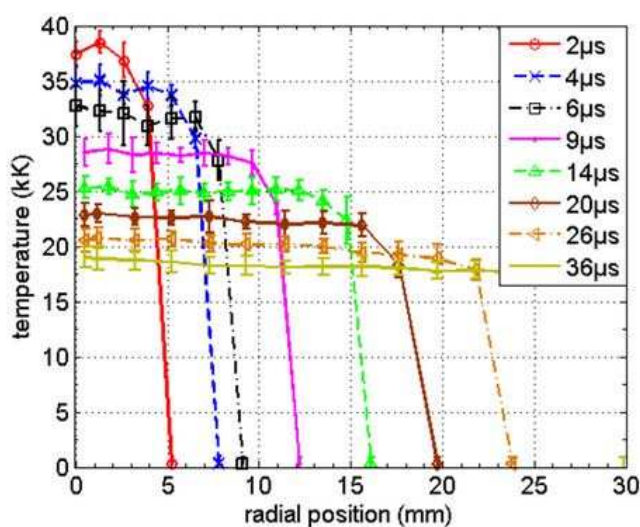
www.onera.fr/pss



Résumé

Aujourd'hui, l'étude des effets directs de la foudre sur les structures aéronautiques pourrait s'appuyer, au moins en partie, sur des outils de simulation. Néanmoins, le manque de données expérimentales sur la phase d'arc impulsienne ne permet pas de justifier le caractère prédictif des outils de simulation.

L'objectif de cette thèse est de réaliser une base de données expérimentales en s'appuyant sur la caractérisation des arcs de foudre dans des situations standardisées. Ces données peuvent être utilisées à la fois pour la compréhension des phénomènes observés lors des essais, mais surtout comme référence comparable aux outils de simulation. Dans un premier temps, on s'intéresse à la colonne d'arc libre dans l'air, hors interaction avec les électrodes. Les propriétés macroscopiques comme la forme, la taille, l'impédance, ainsi que les caractéristiques de l'onde de choc, sont évaluées par différentes techniques expérimentales. Par ailleurs, les profils spatio-temporels de température et de pression sont évalués par spectroscopie d'émission. On montre ainsi que, pour un arc de 100 kA, la température maximale atteint 37400 K sur l'axe de la colonne à 2 μ s après l'amorçage, avec une pression de l'ordre de 45 bars. Dans un second temps, on s'intéresse à l'interaction de l'arc foudre avec des matériaux aéronautiques. La dynamique du pied d'arc ainsi que les caractéristiques de l'onde de choc sont analysées sur différents matériaux aéronautiques tels que l'aluminium ou des composites à fibres de carbone. Les contraintes thermomécaniques subies par le matériau sont étudiées par thermographie infrarouge, et par des mesures de déflexion rapide au centre du matériau, conduisant à une évaluation de la pression exercée par l'arc au point d'impact.



A gauche, distribution radiale de la température dans la colonne d'arc, pour une onde de courant impulsif de 100kA. A droite, images de l'expansion du pied d'arc sur un matériau composite brut, dans la direction transverse aux fibres, pour un courant impulsif de 100kA

Mettre au point des outils statistiques pour améliorer la résolution des télescopes

Faustine CANTALLOUBE

Thèse soutenue le 30 septembre 2016

Ecole doctorale : ED 047 - Physique - Grenoble

Titre de la thèse

Détection et caractérisation d'exoplanètes dans des images à grand contraste par la résolution de problème inverse

Encadrement

Département Optique Théorique et Appliquée (DOTA)

Directeurs de thèse : David Mouillet - IPAG

Laurent Mugnier - ONERA

Financement

Ministère de l'Education Supérieure et de la Recherche (MESR)

Défi scientifique

Photonique et systèmes optroniques

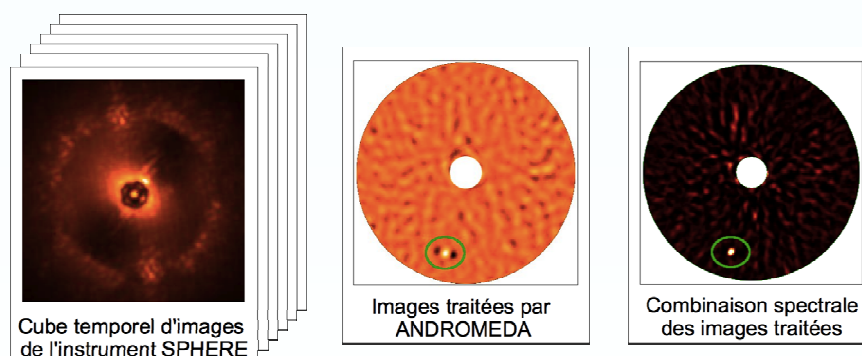
www.onera.fr/pss



Contact : [Laurent.Mugnier @ onera.fr](mailto:Laurent.Mugnier@onera.fr)

Résumé

L'imagerie d'exoplanètes permet d'obtenir de nombreuses informations sur la lumière que celles-ci émettent, sur l'interaction avec leur environnement et sur leur nature. Afin d'extraire l'information des images, il est indispensable d'appliquer des méthodes de traitement d'images adaptées aux instruments. Dans ce travail de thèse on s'est intéressé à deux méthodes innovantes de traitement d'images qui sont fondées sur la résolution de problèmes inverses. La première méthode, ANDROMEDA, est un algorithme dédié à la détection et à la caractérisation de point-sources dans des images haut contraste via une approche statistique fondée sur une estimation par maximum de vraisemblance. Des améliorations ont été apportées afin de prendre en compte les résidus non modélisés par la méthode tels que des structures de bas ordres variant lentement et le niveau résiduel de bruit corrélié dans les données. Une fois l'algorithme ANDROMEDA opérationnel, ses performances et sa sensibilité aux paramètres utilisateurs ont été analysées, montrant la robustesse de la méthode. Une comparaison détaillée avec les algorithmes les plus utilisés dans la communauté a prouvé que cet algorithme est compétitif avec des performances très intéressantes. En particulier, il s'agit de la seule méthode qui permet une détection entièrement non-supervisée. De plus, l'application à de nombreuses données prises sur ciel venant d'instruments différents a prouvé la fiabilité de la méthode et l'efficacité à extraire rapidement et systématiquement les informations contenues dans les images. La seconde méthode, MEDUSAE, consiste à estimer conjointement les aberrations et les objets d'intérêt scientifique, en s'appuyant sur un modèle de formation d'images coronagraphiques. MEDUSAE exploite la redondance d'informations apportée par des images multi-spectrales. La stratégie d'inversion de la méthode a été raffinée, puis la méthode a été appliquée à des données réelles et les résultats préliminaires obtenus ont permis d'identifier les informations importantes dont la méthode a besoin et ainsi de proposer plusieurs pistes de travail qui permettront de rendre cet algorithme opérationnel sur données réelles.



Dans les images brutes de l'instrument VLT/SPHERE-IFS l'exoplanète est indétectable (gauche). Les images multi-temporelles traitées par ANDROMEDA révèlent la planète 51 Eri b à 0,46" de l'étoile, ayant un contraste autour de 10^{-6} (milieu, image à la longueur d'onde $1.2\mu\text{m}$). En combinant les images traitées à différentes longueurs d'onde (bandes YJ, $[0.95\mu\text{m}, 1.35\mu\text{m}]$), la planète découverte s'avère être aujourd'hui la seule exoplanète détectable dans ces images (droite).

Vers une nouvelle génération de photodétecteurs pour l'imagerie infrarouge

Michaël VERDUN

Thèse soutenue le 30 septembre 2016
Ecole doctorale : ED 447 (EDX) - Polytechnique

Titre de la thèse

Photodétecteurs InGaAs nanostructurés pour l'imagerie infrarouge

Encadrement

Département Optique Théorique et Appliquée (DOTA)

Directeurs de thèse : Jean-Luc Pelouard - Université Paris-Saclay - C2N
Riad Haïdar - ONERA

Financement

Direction générale de l'Armement (DGA) & ONERA

Défi scientifique

Photonique et systèmes optroniques

www.onera.fr/pss



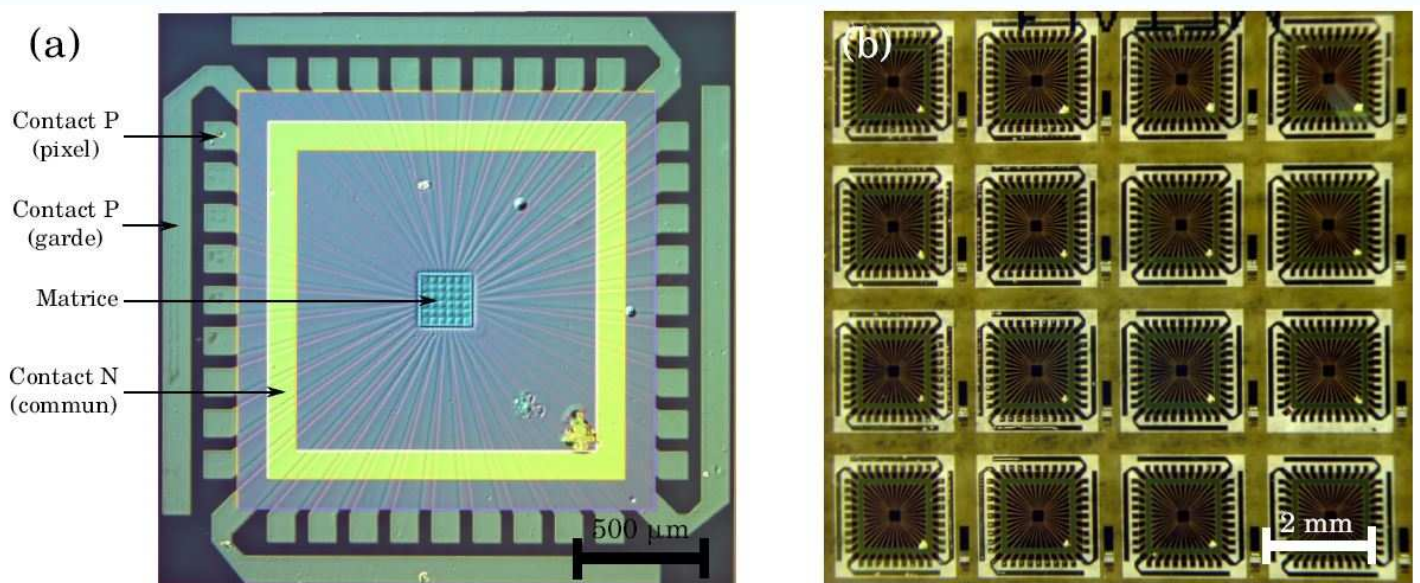
Contact : Riad.Haidar @ onera.fr

Résumé

Malgré les remarquables performances démontrées par les photodétecteurs quantiques pour l'infrarouge, les progrès dans cette filière stagnent. La principale limitation est due au bruit lié à leur courant d'obscurité, qui impose, aux plus grandes longueurs d'onde, un fonctionnement à des températures cryogéniques. Ce travail de thèse a pour principal objectif de dépasser cette limite intrinsèque en combinant des structures photodélectrices innovantes et des nanorésonateurs optiques. La réduction par plus d'un ordre de grandeur de l'épaisseur de la zone absorbante, modifie considérablement les propriétés optiques et électroniques de la structure, imposant de revisiter entièrement ses modes de fonctionnement. Dans ce contexte, ce travail de thèse vise à valider expérimentalement l'apport de la nanophotonique à l'amélioration des performances des photodiodes InGaAs.

La première partie est dédiée à l'étude de photodiodes InGaAs à double hétérojonction dans le but de réduire à la fois le courant d'obscurité et l'épaisseur de la structure pour la rendre compatible à celle des nanorésonateurs optiques. La seconde partie est dévolue à la conception, la fabrication et la caractérisation de photodétecteurs résonants nanostructurés. Dans la troisième partie, les remarquables propriétés de ces photodétecteurs sont étudiées dans un contexte de mini-matrices, premier pas vers la réalisation de caméras.

Les concepts développés durant cette thèse et les résultats expérimentaux obtenus, ouvrent la voie vers une nouvelle génération de photodétecteurs pour l'imagerie infrarouge.



(a) Photographie prise au microscope optique d'une minimatrice de pixels vue du dessus (face éclairée) à l'issue de l'ensemble des étapes de fabrication.

(b) Photographie prise sous une loupe binoculaire de l'ensemble des minimatrices.

Développer des traitement numériques innovants pour obtenir plus d'informations des images aériennes

Laetitia LONCAN

Thèse soutenue le 26 octobre 2016

Ecole doctorale : ED 220 (EEATS) - Electronique, Electrotechnique, Automatique, Traitement du Signal - Grenoble

Titre de la thèse

Fusion d'images panchromatiques et hyperspectrales à très haute résolution spatiale

Encadrement

Département Optique Théorique et Appliquée (DOTA)

Encadrant : Xavier Briottet - ONERA

Directeurs de thèse : Jocelyn Chanussot - GIPSA-LAB
Sophie Fabre - ONERA

Financement

Direction Générale de l'Armement (DGA) & ONERA

Défi scientifique

Photonique et systèmes optroniques

www.onera.fr/pss



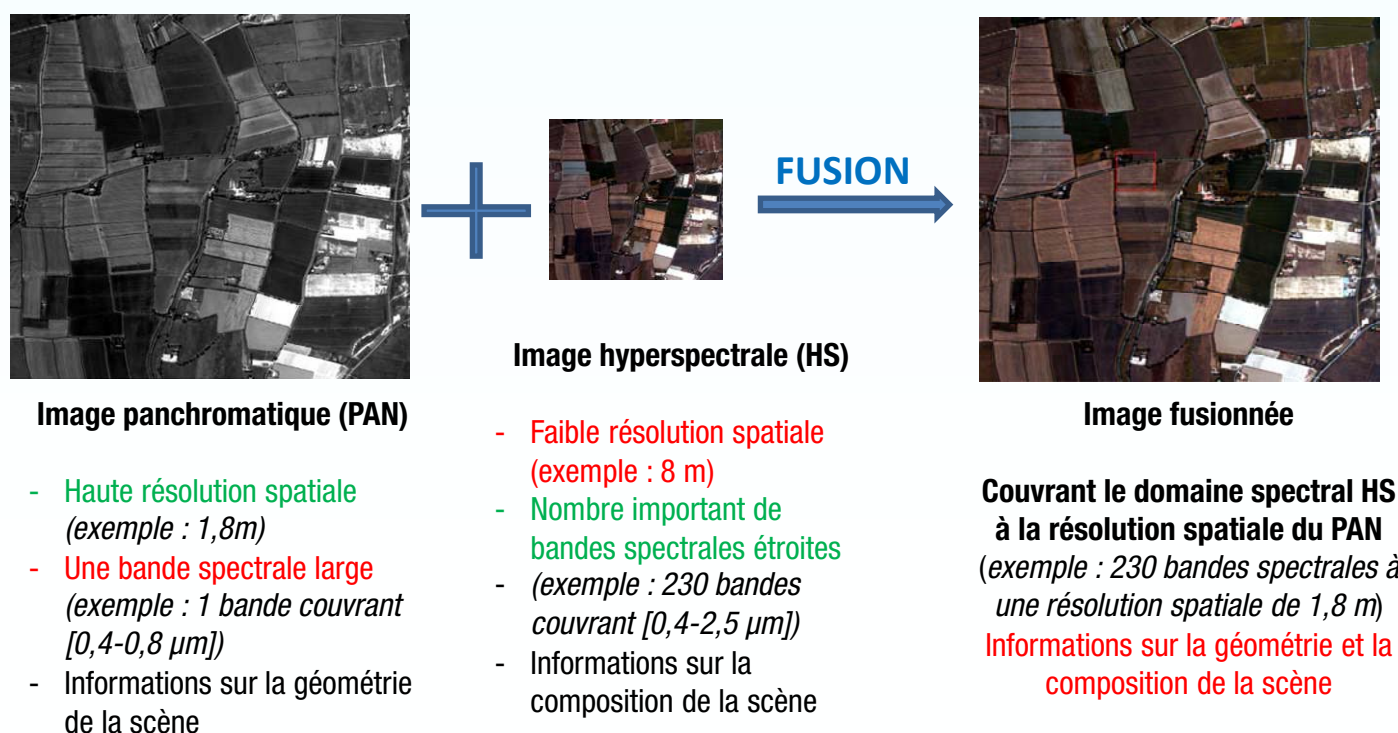
Contact : Sophie.Fabre @ onera.fr

Fusion d'images panchromatiques et hyperspectrales à très haute résolution spatiale

Résumé

Les méthodes standard de pansharpening visent à fusionner une image panchromatique avec une image multispectrale afin de générer une image possédant la haute résolution spatiale de la première et la haute résolution spectrale de la dernière. Durant la dernière décennie, beaucoup de méthodes de pansharpening utilisant des images multispectrales furent créées. Avec la disponibilité croissante d'images hyperspectrales, ces méthodes s'étendent maintenant au pansharpening hyperspectral, c'est-à-dire à la fusion d'une image panchromatique possédant une très bonne résolution spatiale avec une image hyperspectrale possédant une résolution spatiale plus faible. Toutefois les méthodes de pansharpening hyperspectrale issues de l'état de l'art ignorent souvent le problème des pixels mixtes. Le but de ses méthodes est de préserver l'information spectrale tout en améliorant l'information spatiale.

Dans cette thèse, dans une première partie, nous présentons et analysons les méthodes de l'état de l'art afin de les analyser pour connaître leurs performances et leurs limitations. Dans une seconde partie, nous présentons une approche qui s'occupe du cas des pixels mixtes en intégrant une étape pré-fusion pour les démêler. Cette méthode améliore les résultats en ajoutant de l'information spectrale qui n'est pas présente dans l'image hyperspectrale à cause des pixels mixtes. Les performances de notre méthode sont évaluées sur différents jeux de données possédant des résolutions spatiales et spectrales différentes correspondant à des environnements différents. La méthode est évaluée en comparaison avec les méthodes de l'état de l'art à une échelle globale et locale.



Miniaturiser les détecteurs optiques pour détecter la présence de molécules dans un fluide

Clément TARDIEU

Thèse soutenue le 04 novembre 2016

Ecole doctorale : ED 447 (EDX) - Polytechnique

Titre de la thèse

Étude de structures sublongueur d'onde filtrantes, application à la spectroscopie d'absorption infrarouge

Encadrement

Département Optique Théorique et Appliquée (DOTA)

Encadrant : Grégory Vincent - ONERA

Directeurs de thèse : Stéphane Collin - Université Paris-saclay - C2N
Riad Haïdar - ONERA

Financement

ONERA

Défi scientifique

Photonique et systèmes optroniques

www.onera.fr/pss



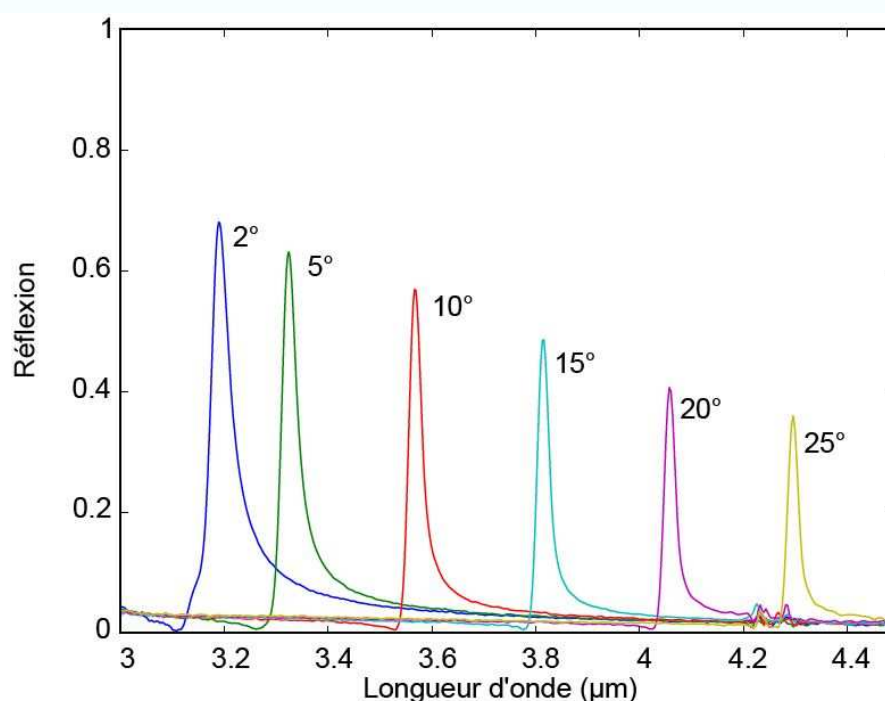
Contact : [Riad.haidar @ onera.fr](mailto:Riad.haidar@onera.fr)

Résumé

Les nanostructures ont montré leur utilité dans diverses applications optiques. Notre intérêt s'est porté sur deux d'entre elles : le filtrage spectral et la spectroscopie d'absorption.

Dans le premier cas, l'application est notamment limitée par la réjection hors de la bande passante des nanostructures filtrantes. Dans cette thèse, une structure membranaire composée de deux réseaux métalliques sublongueur d'onde encapsulés dans un diélectrique a été étudiée et développée. Cette structure présente une extinction aux hautes longueurs d'onde qui permet d'améliorer la réjection du filtre. Un procédé de fabrication a été développé, et les caractérisations optiques ont permis de mettre en évidence expérimentalement la présence de l'extinction de la transmission.

Dans le second cas, les nanoantennes classiquement utilisées nécessitent une optimisation de la structure pour chaque liaison observée et limitent le type de molécules détectables. Une nouvelle méthode de spectroscopie d'absorption de molécules basée sur des nanogrilles a été proposée. Ces structures composées d'un réseau de barreaux diélectriques suspendus présentent une réflexion parfaite perturbée par la présence de molécules autour de ces barreaux. Il a été montré théoriquement le potentiel de cette méthode basée sur le balayage spectral de la réflexion résonante grâce à l'angle d'incidence et elle a été comparée aux nanoantennes métalliques décrites dans la littérature. Des nanogrilles de deux sections différentes ont été ensuite fabriquées et caractérisées, ce qui a permis de montrer l'impact de paramètres expérimentaux sur notre méthode de détection.



Spectres mesurés en réflexion, à différents angles, d'une nanogrille en nitrure de silicium LPCVD avec une section de 330nm × 300nm

Miniaturiser les composants optiques pour développer de nouvelles sources laser

distinction

Best Student Paper SPIE
Optics + Optoelectronics
(2015)

Sébastien HÉRON

Thèse soutenue le 18 novembre 2016
Ecole doctorale : ED 447 (EDX) - Polytechnique

Titre de la thèse

Nanostructures pour l'exaltation d'effets non linéaires

Encadrement

Département Optique Théorique et Appliquée (DOTA)

Encadrants : Patrick Bouchon - ONERA
Fabrice Pardo - CNRS

Directeur de thèse : Riad Haïdar - ONERA

Financement

Direction Générale de l'Armement (DGA) & ONERA

Défi scientifique

Photonique et
systèmes optroniques

www.onera.fr/pss

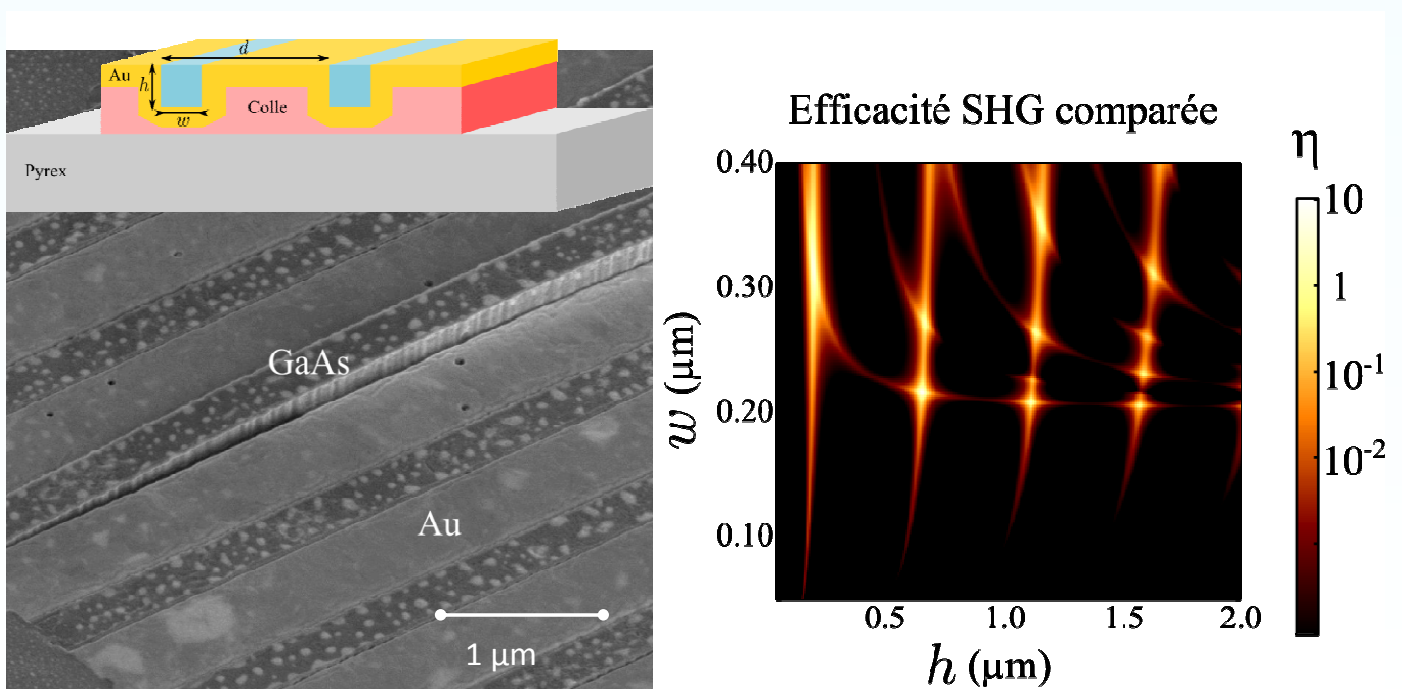


Contact : Patrick.Bouchon @ onera.fr

Résumé

Les sources infrarouges basées sur des effets d'optique du second ordre constituent de très bons outils de spectrométrie des polluants présents dans l'atmosphère, grâce notamment à leur grande accordabilité spectrale. Ils demandent toutefois une forte puissance lumineuse incidente et une grande quantité de matériau non linéaire pour être efficaces. On peut les rendre très compactes en réalisant la conversion de fréquence à l'aide de nanostructures plasmoniques contenant des inclusions diélectriques présentant une susceptibilité du deuxième ordre non nulle. La lumière y est très fortement concentrée à la résonance augmentant de façon importante la quantité de polarisation non linéaire, afin d'y exalter les effets d'optique non linéaire.

Le travail de thèse s'attaque d'abord à la conception de nano-résonateurs grâce au développement d'un outil de simulation d'empilements nanostructurés selon une dimension. Trois architectures sont étudiées : les nanorésonateurs de type sillon, les nanorésonateurs de Helmholtz et les guides d'ondes à résonances de modes guidés. Dans chaque cas, le dimensionnement passe par la détermination de géométries bi- voire tri-résonantes pour la réalisation d'accord de modes en génération de seconde harmonique ou de différence de fréquences. La fabrication en salle blanche des résonateurs sillons et guides d'ondes est ensuite exposée, suite à un important travail de développement technologique, qui a permis l'obtention d'échantillons de très bonne qualité.



A gauche, schéma et image au microscope électronique du résonateur métallique rempli d'arséniure de gallium cristallin. A droite, efficacité de la génération de seconde harmonique dans le résonateur.

Miniaturiser une camera infrarouge haute performance pour l'embarquer sur un drone

Armande POLA FOSSI

Thèse soutenue le 12 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 572 (EDOM) - Ondes et Matière - Orsay

Titre de la thèse

Miniaturisation d'une caméra hyperspectrale infrarouge

Encadrement

Département Optique Théorique et Appliquée (DOTA)

Encadrant : Yann Ferrec - ONERA

Directeur de thèse : Nicolas Guérineau - ONERA

Financement

Safran Electronics & Defense et ONERA

Défi scientifique

Photonique et systèmes optroniques

www.onera.fr/pss

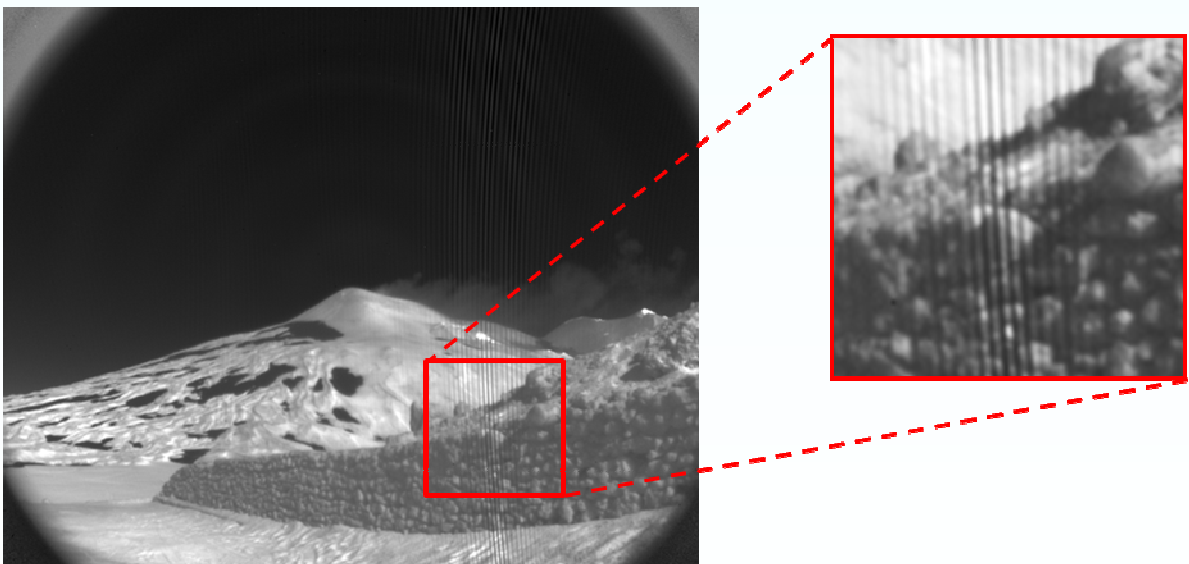


Contact : Yann.Ferrec @ onera.fr

Miniaturisation d'une caméra hyperspectrale infrarouge

Résumé

Les récentes avancées dans le domaine des plates-formes d'instrumentation légères telles que les drones ou les nano-satellites ont fortement augmenté la demande de capteurs compacts, y compris les capteurs d'imagerie hyperspectrale infrarouge qui sont utilisés, de nos jours, dans de nombreuses applications militaires et civiles. Nous proposons une nouvelle caméra hyperspectrale compacte infrarouge dont les performances nous permettront de viser les domaines applicatifs tels que la détection de gaz (panaches volcaniques ou industriels), la détection de véhicules militaires, la surveillance d'ouvrages (barrages, pipelines) ou encore l'agriculture. Pour y arriver, nous avons choisi la spectro-imagerie par transformée de Fourier utilisant un interféromètre biréfringent à décalage latéral. Nous avons ensuite procédé à une modélisation approfondie de tels interféromètres afin de déterminer une configuration optimale associant compacité et résolution spectrale requise. Cette modélisation a été utilisée pour dimensionner trois prototypes avec des spécifications précises : deux prototypes dans le moyen infrarouge, l'un entièrement refroidi et l'autre partiellement refroidi et un prototype dans le lointain infrarouge. Nous avons ensuite réalisé le prototype partiellement refroidi que nous avons caractérisé en laboratoire et que nous avons mis en œuvre sur le terrain. Cette campagne de mesures nous a permis d'obtenir des images hyperspectrales dans des conditions réelles d'utilisation. Par l'analyse de ces images, nous avons évalué les performances opérationnelles de notre système et identifié les points à améliorer.



A gauche, image de l'Etna prise par l'instrument Sibi lors d'une campagne de mesure de gaz (campagne ImagEtna organisée par le LPC2E et le Latmos). A droite, détail sur une partie de l'image où les franges d'interférences sont contrastées. Ce sont ces franges d'interférences, qui, après balayage de la scène, permettent d'estimer le spectre de chaque point observé.

Développer des traitement numériques innovants pour obtenir plus d'informations sur les images aériennes

Charlotte REVEL

Thèse soutenue le 19 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 475 (MITT) - Mathématiques Informatique
Télécommunications - Toulouse

Titre de la thèse

Apport de la prise en compte de la variabilité intra-classe dans les méthodes de démixage hyperspectral pour l'imagerie urbaine

Encadrement

Département Optique Théorique et Appliquée (DOTA)

Encadrant : Véronique Achard - ONERA

Directeurs de thèse : Yannick Deville - IRAP
Xavier Briottet - ONERA

Financement

Région Occitanie & ONERA

Défi scientifique

Photonique et systèmes optroniques

www.onera.fr/pss



Université de Toulouse

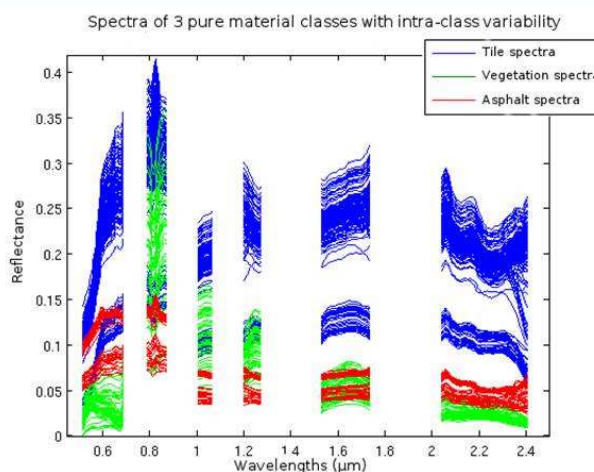
Contact : Veronique.Achard @ onera.fr

Résumé

Au cours de cette thèse, nous nous sommes intéressés à la problématique du démixage hyperspectral en milieux urbains. En particulier nous nous sommes penchés sur la prise en compte du phénomène de variabilité intra-classe dans les méthodes de démixage. La mise en évidence de la variabilité intra-classe a été le point de départ de cette étude. Nous avons ainsi montré que ce phénomène était non-négligeable dans les milieux urbains et qu'il devait être pris en compte. En nous basant sur des modèles existant dans la littérature nous avons développé deux nouveaux modèles de mélange prenant en compte la variabilité intra-classe. Le premier est un modèle de mélange linéaire. Le second est un modèle linéaire-quadratique qui permet de prendre aussi en compte les réflexions multiples sur les bâtiments. Dans un premier temps, nous ne nous sommes intéressés qu'au cas des modèles linéaires. Comme aucune méthode de la littérature ne permet d'effectuer le démixage à partir de nos modèles de mélange, nous avons développé deux méthodes UP-NMF et IP-NMF. UP-NMF est une adaptation de la méthode NMF à notre modèle de mélange. Pour rendre compte de la notion de classe de matériaux purs, une contrainte sur l'inertie des classes a été ajoutée à UP-NMF pour obtenir IP-NMF. Les premiers tests ont été effectués sur données semi-synthétiques et ont permis de déterminer l'impact de l'initialisation de ces méthodes sur leurs performances, et de fixer le paramètre d'inertie. UP-NMF et IP-NMF ont aussi été comparées à des méthodes standard de démixage. Les seconds tests ont été effectués sur une portion d'image de Toulouse. Dans cette partie, nous avons mis en évidence que, contrairement à des méthodes standard, les résultats de IP-NMF étaient peu sensibles à une erreur sur l'estimation du nombre de classes pures. Finalement nous avons développé une méthode de démixage linéaire-quadratique, LQIP-NMF, en nous basant sur le modèle de mélange que nous avons mis en place. Les tests de LQIP-NMF ont montré qu'en cas de trop forte variabilité intra-classe, les effets de non-linéarité étaient noyés et qu'il ne semblait pas pertinent de les prendre en compte.



Spectres purs de 3 classes différentes



Spectres de matériaux purs extraits dans différentes parties de l'image

illustration de la variabilité spectrale de trois types de matériaux : tuile, asphalte et végétation.

Développer de nouvelles méthodes pour améliorer les capacités de détection des radars aériens

Alice COMBERNOUX

Thèse soutenue le 29 janvier 2016

Ecole doctorale : ED 580 (STIC) - Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication - Paris-Saclay

Titre de la thèse

Détection et filtrage rang faible pour le traitement d'antenne utilisant la théorie des matrices aléatoires en grandes dimensions

Encadrement

Département Electromagnétisme et Radar (DEMR)

Encadrants : Frédéric Pascal - CentraleSupélec

Guillaume Ginolhac - Université de Savoie

Directeur de thèse : Marc Lesturgie - ONERA

Financement

ONERA

Défi scientifique

Electromagnétisme et radar

www.onera.fr/pss



CentraleSupélec

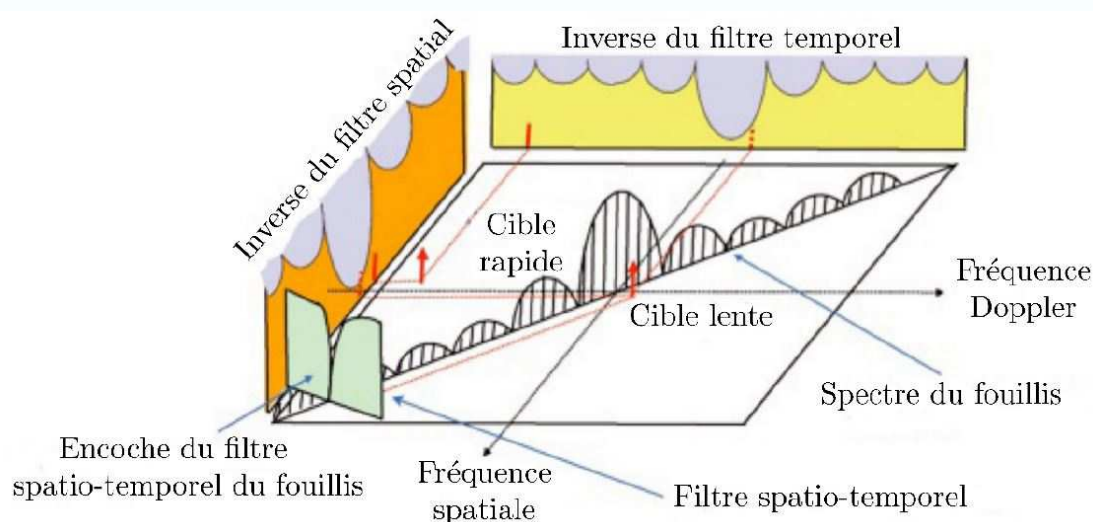


Contact : Alice.Combernoux @ onera.fr

Résumé

Partant du constat que dans plus en plus d'applications, la taille des données à traiter augmente, il semble pertinent d'utiliser des outils appropriés tels que la théorie des matrices aléatoires dans le régime en grandes dimensions. Plus particulièrement, dans les applications de traitement d'antenne et radar spécifiques STAP et MIMO-STAP, nous nous sommes intéressés au traitement d'un signal d'intérêt corrompu par un bruit additif composé d'une partie dite rang faible et d'un bruit blanc gaussien. Ainsi l'objet de cette thèse est d'étudier dans le régime en grandes dimensions la détection et le filtrage dit rang faible (fonction de projecteurs) pour le traitement d'antenne en utilisant la théorie des matrices aléatoires.

La thèse propose alors trois contributions principales, dans le cadre de l'analyse asymptotique de fonctionnelles de projecteurs. Ainsi, premièrement, le régime en grandes dimensions permet ici de déterminer une approximation/prédiction des performances théoriques non asymptotiques, plus précise que ce qui existe actuellement en régime asymptotique classique (le nombre de données d'estimation tends vers l'infini à taille des données fixe). Deuxièmement, deux nouveaux filtres et deux nouveaux détecteurs adaptatifs rang faible ont été proposés et il a été montré qu'ils présentaient de meilleures performances en fonction des paramètres du système en terme de perte en RSB, probabilité de fausse alarme et probabilité de détection. Enfin, les résultats ont été validés sur une application de brouillage, puis appliqués aux traitements radar STAP et MIMO-STAP sparse. L'étude a alors mis en évidence une différence notable avec l'application de brouillage liée aux modèles de matrice de covariance traités dans cette thèse.



Principe et intérêt du filtrage spatio-temporel

Développer de nouvelles méthodes pour améliorer les capacités de pistage des radars aériens

Alexandre LEPOUTRE

Thèse soutenue le 05 octobre 2016

Ecole doctorale : ED 359 (MATISSE) - Mathématiques, Télécommunications, Informatique, Signal, Systèmes, Electronique - Rennes

Titre de la thèse

Détection et pistage en contexte Track-Before-Detect par filtrage particulière

Encadrement

Département Electromagnétisme et Radar (DEMR)

Directeurs de thèse : François Le Gland - INRIA
Olivier Rabaste - ONERA

Financement

ONERA

Défi scientifique

Electromagnétisme et radar

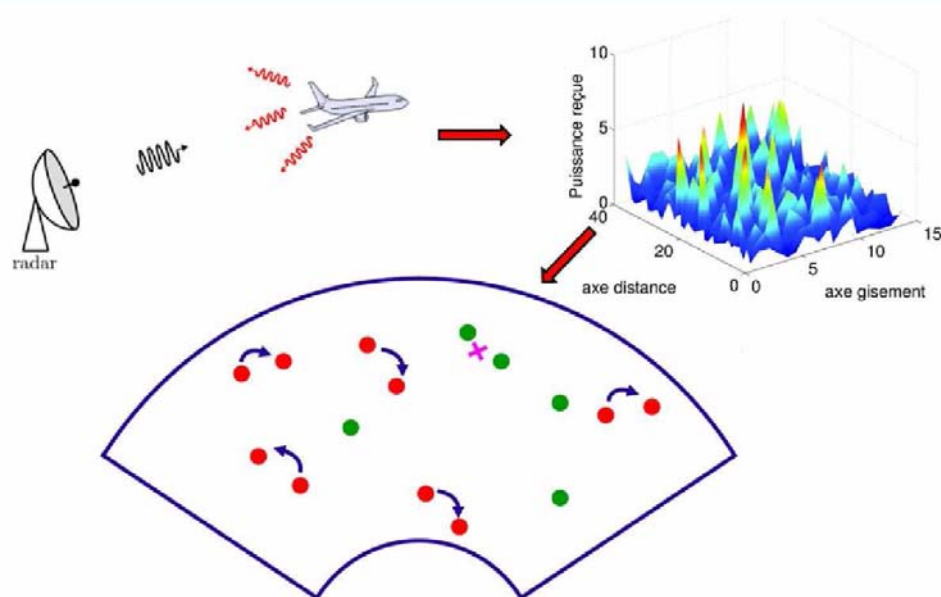
www.onera.fr/pss



Détection et pistage en contexte Track-Before-Detect par filtrage particulaire

Résumé

Cette thèse s'intéresse à l'étude et au développement de méthodes de pistage mono et multicible en contexte Track-Before-Detect (TBD) par filtrage particulaire. Contrairement à l'approche classique qui effectue un seuillage préalable sur les données avant le pistage, l'approche TBD considère directement les données brutes afin de réaliser conjointement la détection et le pistage des différentes cibles. Il existe plusieurs solutions à ce problème, néanmoins cette thèse se restreint au cadre bayésien des Modèles de markov Cachés pour lesquels le problème TBD peut être résolu à l'aide d'approximations particulières. Dans un premier temps, nous nous intéressons à des méthodes particulières monocibles existantes pour lesquelles nous proposons différentes lois instrumentales permettant l'amélioration des performances en détection et estimation. Puis nous proposons une approche alternative du problème monocible fondée sur les temps d'apparition et de disparition de la cible. Cette approche permet notamment un gain significatif au niveau du temps de calcul. Dans un second temps, nous nous intéressons au calcul de la vraisemblance en TBD—nécessaire au bon fonctionnement des filtres particuliers—rendu difficile par la présence de paramètres d'amplitude des cibles qui sont inconnus et fluctuants au cours du temps. En particulier, nous étendons les travaux de Rutten *et al.* Pour le calcul de la vraisemblance au modèle de fluctuations *Swerling* et au cas multicible. Enfin, nous traitons le problème multicible en contexte TBD. Nous montrons qu'en tenant compte de la structure particulière de la vraisemblance quand les cibles sont éloignées, il est possible de développer une solution multicible permettant d'utiliser, dans cette situations, un seul filtre par cible. Nous développons également un filtre TBD multicible complet permettant l'apparition et la disparition des cibles ainsi que les croisements.



Traitement de données brutes radar par filtre particulaire

Améliorer les traitements des images radar aéroportés pour détecter les objets en mouvement

Abigael TAYLOR

Thèse soutenue le 02 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 285 (EDSP) Sciences Pratiques - Ecole Normale Supérieure de Cachan

Titre de la thèse

Traitements SAR multivoies pour la détection de cibles mobiles

Encadrement

Département Electromagnétisme et Radar (DEMR)

Encadrants : Hélène Oriot & Laurent Savy - ONERA
Franck Daout - ENS Cachan

Directeur de thèse : Philippe Foster - ENS Cachan

Financement

Direction Générale de l'Armement (DGA) & ONERA

Défi scientifique

Electromagnétisme et radar

www.onera.fr/pss



école —————
normale —————
supérieure —————
paris-saclay ————



Contact : Helene.Oriot @ onera.fr

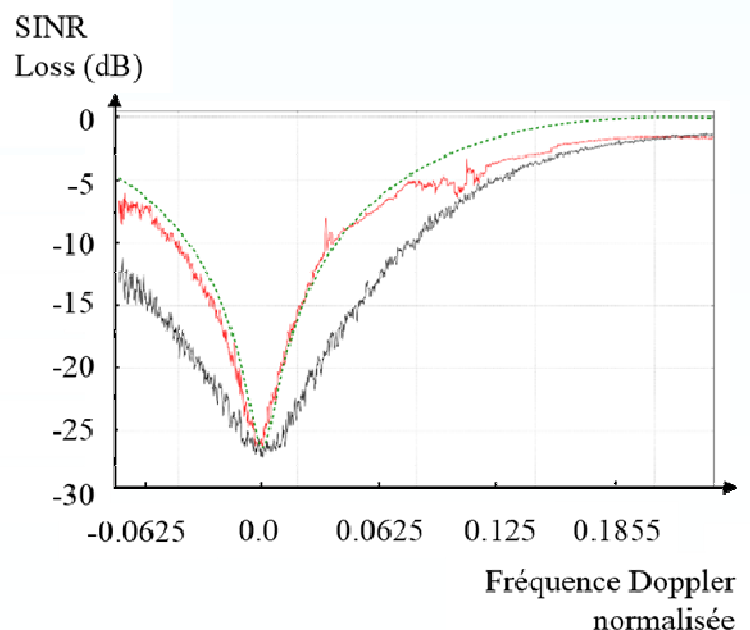
Résumé

Le Radar à Synthèse d'Ouverture (RSO ou SAR en anglais) aéroporté permet d'obtenir des images hautes résolutions, en compensant un déphasage lié au déplacement de l'avion. Il n'est cependant pas adapté à l'imagerie des cibles mobiles, celles-ci introduisant un déphasage supplémentaire, dépendant de leur vitesse et de leur accélération. En utilisant un système SAR multivoies, il est cependant possible de réaliser des traitements adaptés aux cibles mobiles, dont les principes sont proches du Space-Time Adaptive Processing (STAP). Dans cette thèse, nous nous sommes concentrés sur la détection de cibles mobiles, en supposant inconnue la configuration géométrique du système. Une première étape a alors été de trouver un moyen d'estimer le vecteur de direction, une quantité clef intervenant dans les traitements se rapprochant du STAP.

Un second axe de recherche a été l'amélioration des performances de détection. Pour cela, un modèle plus réaliste du signal a été proposé. Une correction permettant de compenser la perte de cohérence sans connaissance a priori du système a ensuite été proposée.

Enfin, le dernier axe de recherche portait sur la réduction du nombre de fausses alarmes. En particulier, nous avons travaillé sur un moyen de ne pas détecter les points brillants immobiles, dont la signature est fortement renforcée par le traitement SAR. Ceux-ci peuvent par exemple provenir de doubles rebonds sur des bâtiments. Dans ce but, nous nous sommes intéressés au problème de tester la proportionnalité de matrices de covariance. Pour réaliser ce test de manière statistique, la question de l'estimation de matrices de covariance proportionnelles s'est posée, menant au développement de l'estimateur du Point Fixe Généralisé. Les propriétés statistiques de cet estimateur ont été étudiées. Toutes les méthodes introduites dans cette thèse ont été testées à la fois sur des simulations et des données réelles.

Puissance normalisée des cibles mobiles en fonction de la fréquence Doppler (proportionnelle à la vitesse de la cible). En noir courbe après traitement conventionnel ; en rouge courbe après traitement d'A.Taylor ; en vert, courbe théorique.



Modéliser l'influence de l'environnement autour des récepteurs de géolocalisation par satellite pour améliorer leur précision

distinction

Best paper student award
European Navigation
Conference (2015)

Florian RIBAUD

Thèse soutenue le 05 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 475 (MITT) - Mathématiques Informatique
Télécommunications - Toulouse

Titre de la thèse

Analysis of Multipath Channel Reduction Models for Realistic GNSS Receivers Testing

Encadrement

Département Electromagnétisme et Radar (DEMR)

Encadrant : Joël Lemorton - ONERA

Directeurs de thèse : Olivier Julien - ENAC

Fernando Perez-Fontan - Université de Vigo

Financement

Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) & ONERA

Défi scientifique

Electromagnétisme et
radar

www.onera.fr/pss



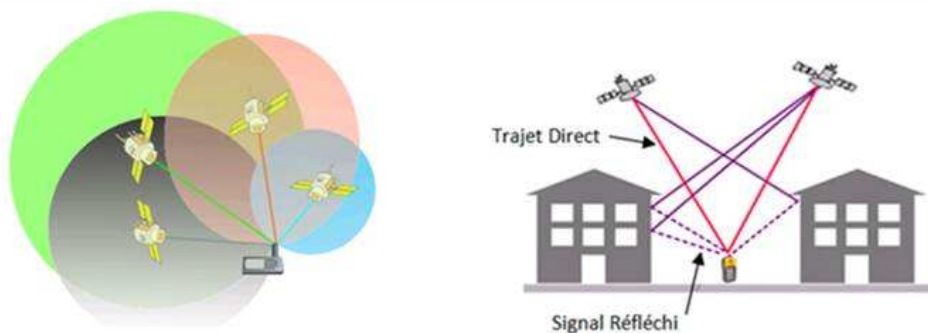
Université
de Toulouse



Contact : Joel.Lemorton @ onera.fr

Résumé

This PhD work relates the development of multipath channel reduction methods, putting the emphasis on the preservation of the signal tracking performances of satellite navigation systems. It aims at adapting the models of land mobile channel to the realistic testing of GNSS receivers, by reducing drastically the number of multipaths of the original channel all by conserving the pseudo-range error. Three types of methods have been investigated in order to cover all different possibilities of reduction processes. As a first approach, a multipath aggregation method has been considered, through the clustering of the multipaths according to the delay and Doppler dimensions, weighted by their power. Even if this method allows a good preservation of the delay and Doppler characteristics of the original channel, a second approach has been investigated, oriented toward the optimization of the parameters of the reduced channel in order to minimize the difference between the original channel correlation function and the reduced one. Even if this approach gives good performances in terms of pseudo-range error preservation, it leads to the instability of the reduced channel echoes. Therefore, a statistical method has been implemented, considering that the delays of the reduced channel evolve according to a first order Markov process. These three approaches have been compared through the preservation of the discriminator open loop error. In particular conditions concerning the number of echoes in the reduced channel or the elevation of the emitter satellite, the clustering technique implemented in first approach appears to equal the performances of the parametric method, the statistical approach giving systematically the worst performances. The invariance of this hierarchy as adding tracking loops to the simulation or changing the signal model allows extending the conclusion. Being given the significant advantage of the Clustering on the parametric method in terms of computation time, the use of this method is preconized to address the channel reduction problem. In particular, the weighted clustering technique developed in this thesis offers the possibility to reproduce the wide-band characteristics of a channel model composed of thousands of multipaths with less than 10 echoes. Moreover, it constitutes an interesting tradeoff between computational effort and GNSS systems pseudo-range error conservation, approaching the performances of parametric methods, and even overcoming them in some conditions, with a computation time close to the real time.



Localisation par satellite GNSS en présence de multitrajets

Développer de nouveaux concepts d'antennes pour les communications par satellites

Juan Antonio DURAN VENEGAS

Thèse soutenue le 05 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 323 (GEET) - Génie Electrique, Electronique,
Télécommunications - Toulouse

Titre de la thèse

Reconfigurable Metasurfaces for Beam Scanning Planar Antennas

Encadrement

Département Electromagnétisme et Radar (DEMR)

Encadrant : Olivier Pascal - LAPLACE

Directeurs de thèse : Gaëtan Prigent - LAPLACE

Cédric Martel - ONERA

Financement

ONERA

Défi scientifique

Electromagnétisme et
radar

www.onera.fr/pss

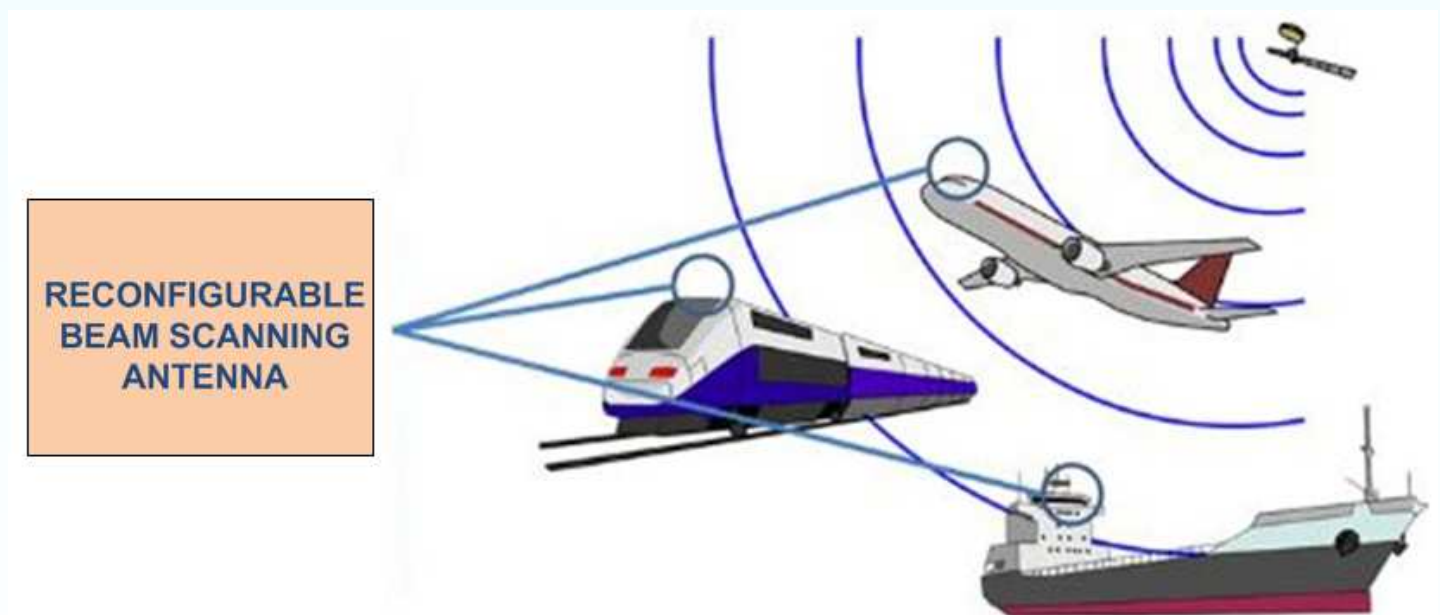


Université
de Toulouse



Résumé

Cette thèse apporte une contribution originale dans le développement d'antennes faibles épaisseurs pour les applications SATCOM on-the-move en bande Ku. Les antennes étudiées permettent de communiquer avec les satellites géostationnaires à partir d'une plateforme mobile aérienne, marine ou terrestre (avion, bateau, train...) et doivent, par conséquent, avoir une capacité de dépointage du faisceau dans diverses directions.



Antenne patch reconfigurable

Simuler les interactions entre les éléments des systèmes électriques complexes pour optimiser leur conception

Nicolas DEYMIER

Thèse soutenue le 08 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 475 (MITT) - Mathématiques Informatique
Télécommunications - Toulouse

Titre de la thèse

Etude d'une méthode d'éléments finis d'ordre élevé et son hybridation avec d'autres méthodes numériques pour la simulation électromagnétique instationnaire dans un contexte industriel

Encadrement

Département Electromagnétisme et Radar (DEMR)

Directeurs de thèse : Xavier Ferrières & Vincent Mouysset - ONERA

Financement

CIFRE GERAC Electromagnétisme

Défi scientifique

Electromagnétisme et radar

www.onera.fr/pss



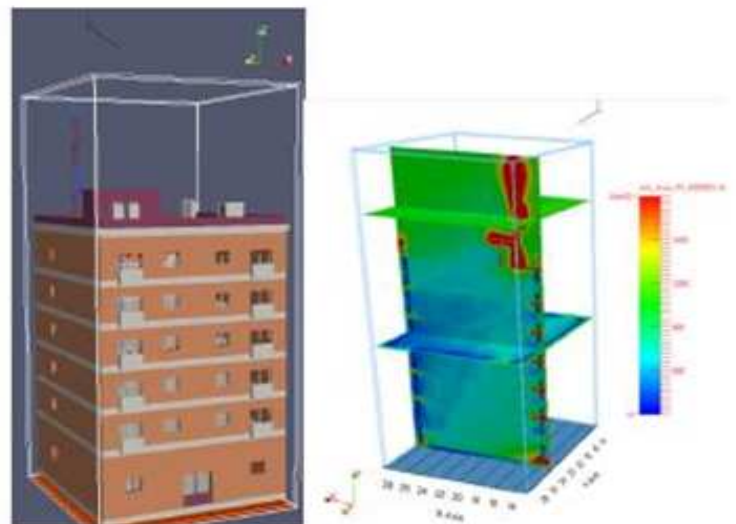
Université
de Toulouse



Contact : [Xavier.Ferrieres @ onera.fr](mailto:Xavier.Ferrieres@onera.fr)

Résumé

Dans cette thèse, nous nous intéressons à l'amélioration du schéma de Yee pour traiter de manière plus efficace et pertinente les problèmes auxquels les industriels sont confrontés. Pour cela, nous cherchons à diminuer les erreurs numériques de dispersion et à améliorer les modélisations des géométries courbes ainsi que des réseaux de câbles. Pour répondre à ces besoins, une solution basée sur un schéma Galerkin discontinu pourrait être envisagée. Toutefois, l'utilisation d'une telle technique sur la totalité du volume de calcul est relativement coûteuse. De plus, la prise en compte de structures filaires sur un tel schéma n'est pas encore opérationnelle. C'est pourquoi, dans l'optique d'avoir un outil industriel nous nous sommes orientés sur l'étude d'un schéma éléments finis (FEM) sur maillage cartésien qui possède toutes les bonnes propriétés du schéma de Yee. A l'ordre d'approximation spatiale égal à 0 ce schéma FEM est exactement le schéma de Yee, et pour des ordres supérieurs, il permet de réduire fortement l'erreur de dispersion numérique de ce dernier. Nous lui avons notamment donné un critère de stabilité théorique, étudié sa convergence théorique et fait une analyse de l'erreur de dispersion. Pour tenir compte des possibilités d'ordre d'approximation spatiale variable par direction, nous avons mis en place une stratégie d'affectation des ordres suivant le maillage donné. Ceci nous a permis d'obtenir un pas de temps optimal pour une précision souhaitée tout en réduisant les coûts de calcul. Différents problèmes de CEM, antennes, IEM ou foudre ont été traités afin de montrer les avantages et le potentiel de celui-ci. En conclusion de ces expérimentations numériques, il s'avère que la méthode est limitée par le manque de précision pour prendre en compte des géométries courbes. Afin d'améliorer cela, nous avons proposé une hybridation entre ce schéma et le schéma GD que l'on peut étendre aux autres schémas comme les méthodes différences finies (FDTD) et volumes finis (FVTD). Nous avons montré que la technique d'hybridation proposée conserve l'énergie et est stable sous une condition que nous avons évaluée de manière théorique. Des exemples de validations ont ensuite été montrés. Enfin, un modèle de fils minces d'ordre d'approximation spatiale élevé a été proposé. Malheureusement, celui-ci ne peut pas couvrir l'ensemble des cas industriels et pour remédier à cela, nous avons proposé une hybridation de notre approche avec une équation de ligne de transmission. L'intérêt de cette hybridation a été montré sur un certain nombre d'exemples, que nous n'aurions pas pu traiter par un modèle de structure filaire simple.



Cartographie bâtiment

Tester les limites de la théorie de la relativité générale pour mieux comprendre notre univers

Quentin BAGHI

Thèse soutenue le 10 octobre 2016

Ecole doctorale : ED 127 (A&A) - Astronomie Astrophysique Ile de France

Titre de la thèse

Optimisation de l'analyse de données de la mission spatiale MICROSCOPE pour le test du principe d'équivalence et d'autres applications

Encadrement

Département Mesures Physiques (DMPH)

Directeurs de thèse : Gilles Metris - Observatoire de la Côte d'Azur
Bruno Christophe - ONERA

Financement

Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) & ONERA

Défi scientifique

Capteurs et environnement spatial

www.onera.fr/pss

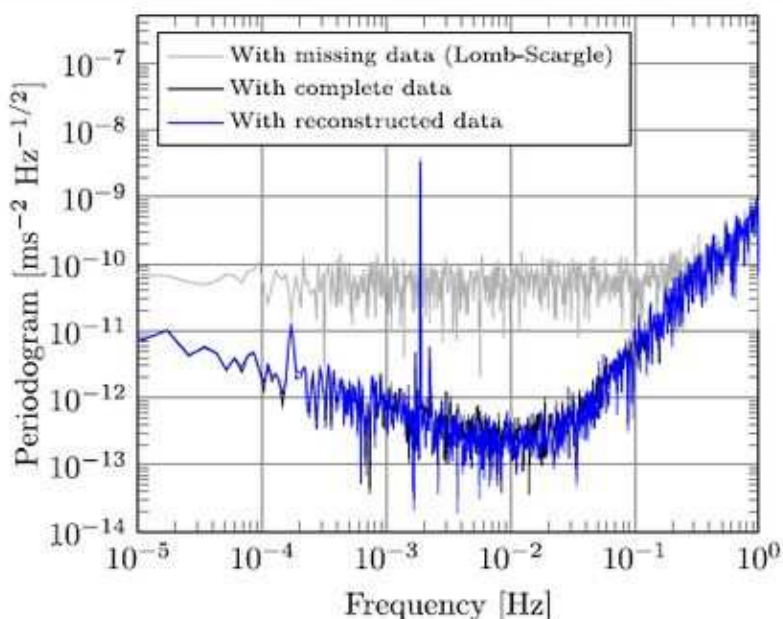


Contact : Bruno.Christophe @ onera.fr

Résumé

Le Principe d'Equivalence (PE) est un pilier fondamental de la relativité générale, et il est aujourd'hui remis en question par certaines tentatives d'élaborer des théories plus exhaustives en physique fondamentale. Dans ce contexte, la mission spatiale MICROSCOPE vise à tester ce principe à travers l'universalité de la chute libre, avec un objectif de précision de 10^{-15} , soit un gain de deux ordres de grandeur par rapport aux expériences actuelles. Le satellite embarque deux accéléromètres électrostatiques, chacun intégrant deux masses-test. L'objectif est de comparer la chute libre de masses de compositions différentes dans le champ gravitationnel de la Terre, en mesurant leur accélération différentielle. Compte tenu de la grande sensibilité de l'instrument, diverses perturbations sont à prendre compte, comme le bruit stochastique, de possibles harmoniques parasites ou des pics d'accélération dus à l'environnement du satellite. Ce contexte expérimental nécessite le développement d'outils adaptés pour l'analyse de données, qui s'inscrivent dans le cadre général de la régression linéaire multiple de séries temporelles. On étudie en premier lieu la détection et l'estimation des perturbations harmoniques. On montre qu'en les incluant dans le modèle de la mesure, leur projection sur le signal de violation du PE peut être rejetée. On analyse ensuite l'impact des pertes de données sur la performance du test du PE. On montre qu'avec l'hypothèse pire cas sur la fréquence des interruptions de données l'incertitude des moindres carrés ordinaires peut croître de plus d'un ordre de grandeur. Pour compenser cet effet, une méthode de régression linéaire basée sur une estimation auto régressive du bruit est développée, qui permet de décorrélérer efficacement les observations disponibles, et de garantir la précision du test au niveau attendu. On met également en place une méthode pour caractériser la densité spectrale de puissance du bruit à partir des données disponibles, grâce à une modification de l'algorithme espérance-maximisation. En dernier lieu, on étend les applications de l'analyse de données en démontrant la faisabilité de la mesure du gradient de gravité terrestre avec MICROSCOPE.

Périodogramme des mesures Microscope sur une session spinnée de 20 orbites : en gris, en tenant compte des données manquantes (dues à des craquements, météorites, ...) , en bleu après reconstruction de ces données par l'algorithme développé au cours de la thèse, en noir dans le cas idéal sans aucune perte de données. Le pic visible à la fréquence de 1,87 mHz correspond à la perturbation due au gradient de gravité.



Détecter les gaz par la mesure de leurs ondes acoustiques

distinctions

Prix doctorant ONERA
(2016)

Prix de thèse de
l'Ecole Doctorale
Ondes et Matière
(2016)

Guillaume Aoust

Thèse soutenue le 13 octobre 2016

Ecole doctorale : ED 447 (EDX) - Polytechnique

Titre de la thèse

Développements de sources infrarouges et de résonateurs en quartz pour la spectroscopie photoacoustique

Encadrement

Département Mesures Physiques (DMPH)

Encadrants : Myriam Raybaut & Raphaël Lévy - ONERA

Directeur de thèse : Michel Lefebvre - ONERA

Financement

Ecole des Ponts ParisTech

Défi scientifique

Capteurs et
environnement spatial

www.onera.fr/pss



École des Ponts
ParisTech



Contact : Myriam.Raybaut @ onera.fr

Développements de sources infrarouges et de résonateurs en quartz pour la spectroscopie photoacoustique

Résumé

La spectroscopie photoacoustique QEPAS (Quartz enhanced photoacoustic spectroscopy) constitue l'une des méthodes les plus sensibles pour la détection de gaz à l'état de traces. Ses performances sont étroitement liées à celles de sa source de lumière infrarouge cohérente et de son résonateur mécanique qui détecte les ondes acoustiques. La thèse a pour objectif de développer ces deux briques élémentaires. Dans une première partie, les performances des résonateurs mécaniques sont modélisées, permettant de mieux comprendre leur comportement. Une formule analytique originale de leur facteur de qualité y est incorporée afin de prédire avec précision les pertes qu'ils subissent lorsqu'ils résonnent dans un gaz. Grâce à ces modèles, de nouveaux résonateurs optimisés sont conçus et réalisés, aboutissant à des performances améliorées. Dans une seconde partie, les spécificités des sources cohérentes infrarouges QCL (Quantum Cascade Laser) et OPO (Optical Parametric Oscillator) sont développées pour la photoacoustique. D'une part, une nouvelle configuration de QCL est étudiée en vue d'émettre différentes longueurs d'onde présélectionnées pour la détection photoacoustique. D'autre part, l'impulsion de pompe optimale pour un OPO est déterminée pour distribuer au mieux l'énergie de pompe disponible dans le temps, et ainsi maximiser la puissance du rayonnement infrarouge disponible. Un logiciel de simulation numérique original des OPO est également créé, il permet de simuler rapidement le spectre d'émission d'un OPO quelle que soit sa configuration de fonctionnement.

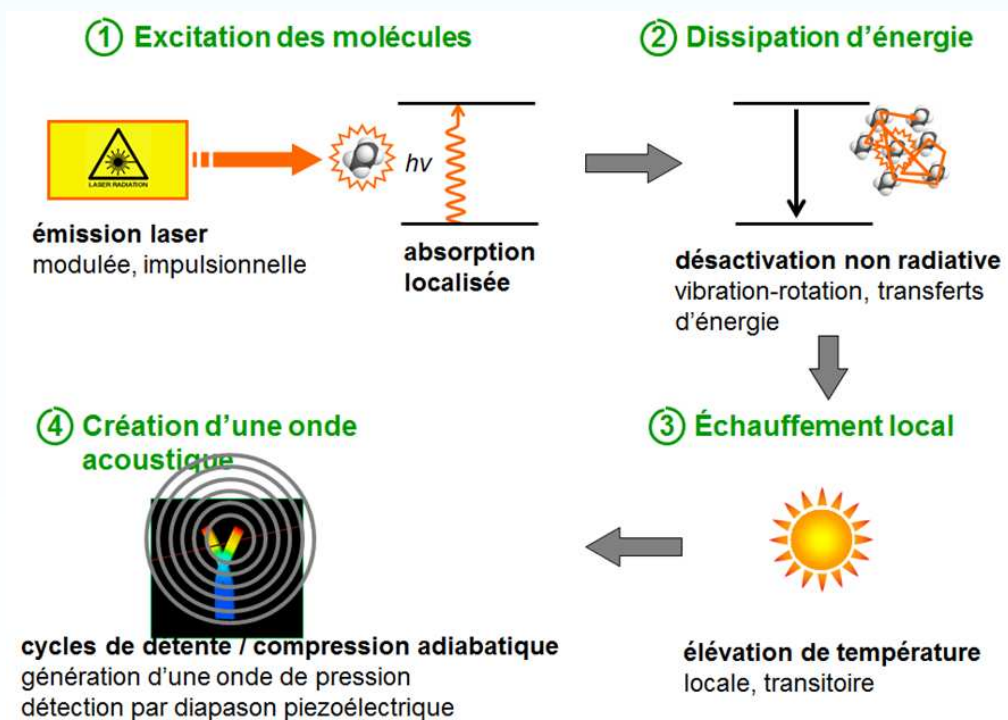


Schéma de principe des différentes étapes de la spectroscopie photoacoustique

Développer de nouveaux capteurs pour la détection de gaz à distance

distinction

Best Poster Student Award
sixième conférence
EPS-QEOD Europhoton
(2014)

Delphine DESCLOUX

Thèse soutenue le 04 novembre 2016

Ecole doctorale : ED 572 (EDOM) - Ondes et Matière - Orsay

Titre de la thèse

Sources paramétriques optiques à base de cristaux aperiodiques à agilité spectrale ultra-rapide

Encadrement

Département Mesures Physiques (DMPH)

Encadrant : Antoine Godard - ONERA

Directeur de thèse : Cyril Drag - Laboratoire Aimé-Cotton

Financement

Ministère de l'Education Supérieure et de la Recherche (MESR)

Défi scientifique

Capteurs et
environnement spatial

www.onera.fr/pss

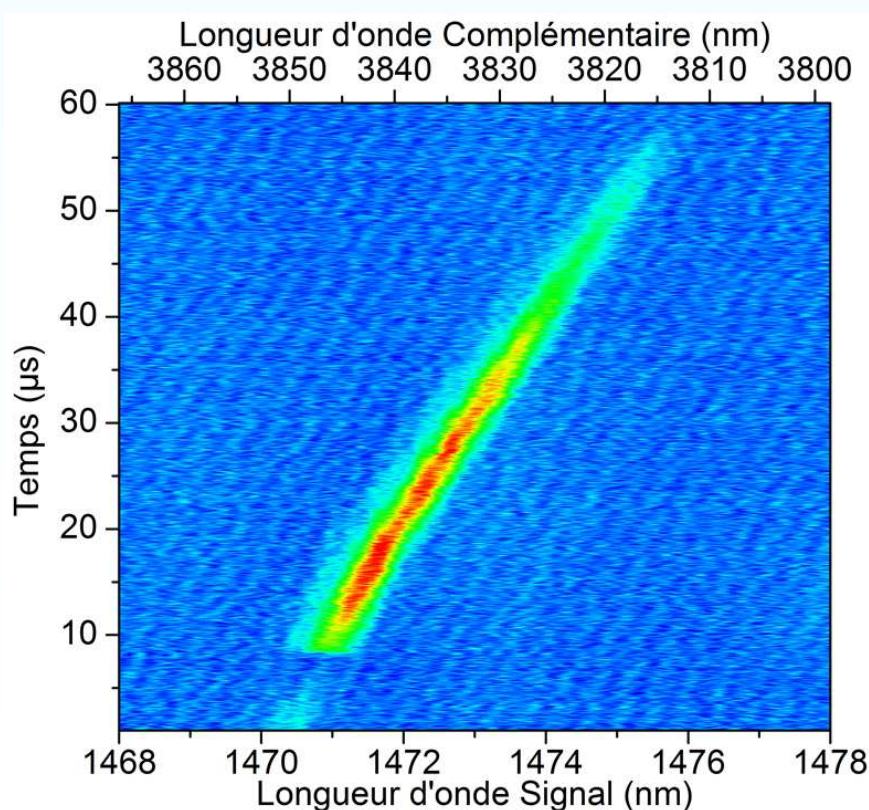


Contact : Antoine.Godard @ onera.fr

Sources paramétriques optiques à base de cristaux apériodiques à agilité spectrale ultra-rapide

Résumé

Les applications de spectroscopie, en particulier l'analyse de gaz à effet de serre, de composés organiques volatils ou autres polluants atmosphériques motivent le développement d'instrumentations spécifiques. L'étude présentée ici vise à proposer de nouvelles sources aptes à caractériser la composition d'un milieu gazeux, liquide ou solide. Les raies d'absorption optique de la plupart des gaz à détecter sont particulièrement fortes dans l'infrarouge moyen (en particulier entre 3 et 5 μm). Pour exploiter cette plage spectrale, l'optique non linéaire propose de nombreuses solutions. Les sources rapportées ici sont des sources paramétriques optiques dont la spécificité repose sur l'utilisation de cristaux non linéaires à quasi-accord de phase apériodique. Ces cristaux présentent de larges bandes de gain intrinsèques. Les travaux présentés permettent une étude du comportement de telles sources, absentes de la littérature en régime d'impulsions picosecondes. Des comportements propres à l'utilisation des cristaux apériodiques sont observés. Ces sources sont ensuite associées à des filtres spectraux rapides placés dans la cavité, permettant d'obtenir des dispositifs largement et rapidement accordables en longueur d'onde. L'utilisation de telles sources pour des applications de détection de gaz est démontrée.



Spectrogramme de la longueur d'onde émise par l'OPO en fonction du temps dans le cas d'une accordabilité rapide de 30 nm en 40 μs

Etudier l'influence des rayons cosmiques sur les composants électroniques pour augmenter la durée de vie des satellites

Pierre LI CAVOLI

Thèse soutenue le 13 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 352 - Physique et science de la Matière - Aix-Marseille

Titre de la thèse

Etude théorique et expérimentale des effets singuliers induits par les muons atmosphériques sur les technologies numériques d'échelle nanométriques

Encadrement

Département Environnement Spatial (DESP)

Directeurs de thèse : José Busto - CPPM

Guillaume Hubert - ONERA

Financement

Région Provence-Alpes-Côte d'Azur & ONERA

Défi scientifique

Capteurs et environnement spatial

www.onera.fr/pss



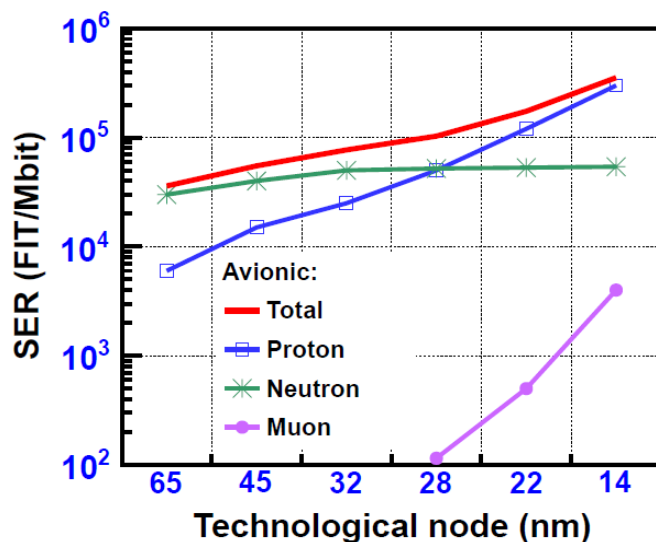
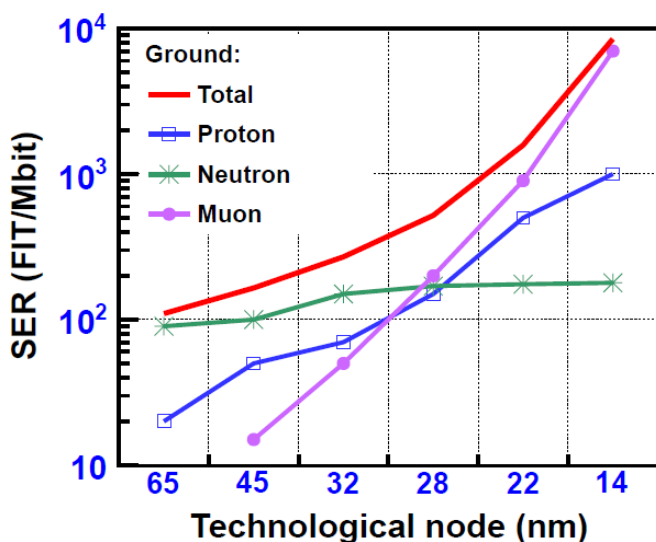
Région
Provence
Alpes
Côte d'Azur



Contact : Guillaume.Hubert @ onera.fr

Résumé

Cette étude s'inscrit dans le domaine de la microélectronique. Elle consiste à étudier l'impact de la morphologie 3D du dépôt d'énergie sur la modélisation des événements singuliers (SEE) induits par les muons atmosphériques. La démarche a consisté dans un premier temps à modéliser le dépôt d'énergie induits par des protons dans des volumes nanométriques. Pour cela, l'utilisation du code Monte-Carlo GEANT4 a permis de simuler et de stocker dans une base de donnée, les caractéristiques des traces des dépôts d'énergie des protons. Une fois la démarche validée pour les protons, des simulations du dépôt d'énergie induits par des muons ont été réalisées. Une caméra CCD a été utilisée afin de réaliser des mesures de l'environnement radiatif atmosphérique et de contraindre la modélisation des dépôts d'énergie induits par les muons. Cette étude met en évidence et quantifie l'apport de considérer la distribution radiale du dépôt d'énergie induit par des protons pour des volumes nanométriques, dans les calculs de prédiction des SEE. En revanche, l'étude montre que la considération de la distribution radiale du dépôt d'énergie induits par des muons dans des volumes nanométriques a un impact négligeable sur la modélisation des SEE. Il serait intéressant de réaliser des mesures du dépôt d'énergie induit par des muons dans des technologies nanométriques sous accélérateur. Cela permettrait d'apporter des données expérimentales encore inexistantes nécessaires au développement de nouveaux modèles physiques plus précis sur la modélisation du dépôt d'énergie induit par des muons.



Taux de défaillance vs roadmap technologique (sol et avionique)

Comprendre la formation des nuages de poussières lunaires pour mieux protéger les systèmes d'exploration

Amandine CHAMPLAIN

Thèse soutenue le 19 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 323 (GEET) - Génie Electrique, Electronique,
Télécommunications - Toulouse

Titre de la thèse

Etude de la dynamique des poussières lunaires et de leur impact sur les systèmes d'exploration

Encadrement

Département Environnement Spatial (DESP)

Encadrant : Jean-Charles Matéo-Vélez - ONERA

Directeur de thèse : Jean-François Roussel - ONERA

Financement

ONERA

Défi scientifique

Capteurs et environnement spatial

www.onera.fr/pss



Université
de Toulouse

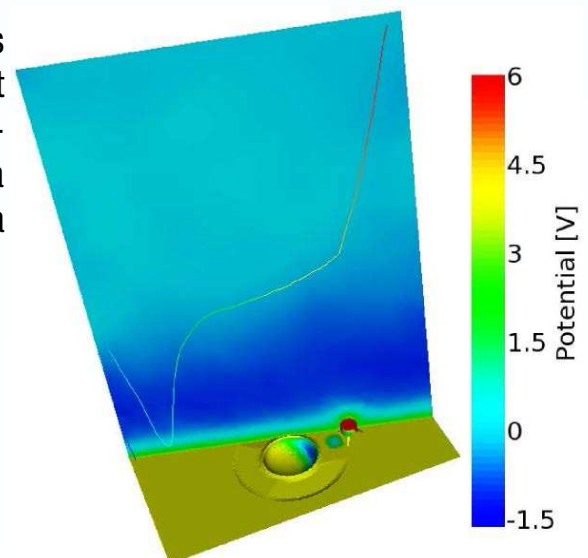


Contact : Jean-Charles.Mateo_Velez @ onera.fr

Résumé

L'exploration lunaire représente depuis ses débuts une part importante de l'activité des différentes agences spatiales nationales. Les missions Apollo en ont marqué l'apogée mais ont également été le point de départ de l'étude de la surface lunaire. Les scientifiques se sont notamment intéressés aux interactions de la surface lunaire avec le plasma qui l'entoure mais également avec les appareils envoyés sur place. Les observations ont mis en évidence la présence de régolithe recouvrant la croûte lunaire et formant une épaisse couche de poussières à la surface. Il a notamment été constaté par les astronautes que ces particules, principalement issues du bombardement constant de la surface lunaire par des micrométéorites, sont très abrasives et tranchantes. Elles représentent un risque matériel important pour les équipements envoyés sur la Lune et la nécessité de comprendre les origines du transport de ces poussières est rapidement devenue incontournable pour le bon déroulement des futures missions. Au-delà de l'éjection due aux impacts météoritiques et de l'activité humaine ou robotique, le mouvement de ces poussières lunaires peut également être issu de phénomènes électrostatiques, particulièrement présents au niveau de frontières entre ombre et lumière. Des missions récentes ont ainsi montré que la présence de grains de poussière à haute altitude est corrélée avec les impacts de météorites. La présence de grains à quelques mètres seulement au-dessus de la surface témoigne plutôt d'effets électrostatiques. Il est donc nécessaire de comprendre les interactions entre les poussières et l'environnement chargeant lunaire afin de prévenir leur dépôt et la pollution d'appareils se trouvant à la surface. L'objectif de la thèse est de comprendre et de modéliser la charge et le transport électrostatique des poussières au niveau des interfaces entre ombre et lumière. Un dispositif expérimental nommé DROP a été développé au sein du Département Environnement Spatial (DESP) afin d'observer le transport électrostatique de poussières dans des conditions maîtrisées et permettant une interprétation et une compréhension physique de cette dynamique. Il permet l'observation en temps réel du déplacement des particules par l'application de champs électriques à des poussières chargées sous irradiation UV. Les tests effectués sont reproductibles et ont permis de dégager les paramètres les plus importants dans la dynamique des poussières : taille et forme, conductivité électrique, émission électronique, température. Ce travail a fourni des données d'entrée pour la consolidation du modèle numérique SPIS-DUST développé à l'ONERA en collaboration avec l'ESA.

Résultat de simulation SPIS-DUST montrant le potentiel électrique à la surface de la Lune, autour d'un cratère et d'un lander et la trajectoire d'une particule de poussière alimentant le nuage de poussière



Développer des capteurs plus numériques pour les applications spatiales

Baptiste MARECHAL

Thèse soutenue le 19 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 166 (I2S) - Information, Structures et Systèmes -
Montpellier

Titre de la thèse

**Microsystèmes inertiels vibrants pour applications spatiales :
apport des fonctions numériques**

Encadrement

Département Mesures Physiques (DMPH)

Encadrants : Jean Guérard - ONERA

Frédéric Mailly - LIRMM

Directeur de thèse : Pascal Nouet - Université de Montpellier

Financement

Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) & ONERA

Défi scientifique

Capteurs et
environnement spatial

www.onera.fr/pss

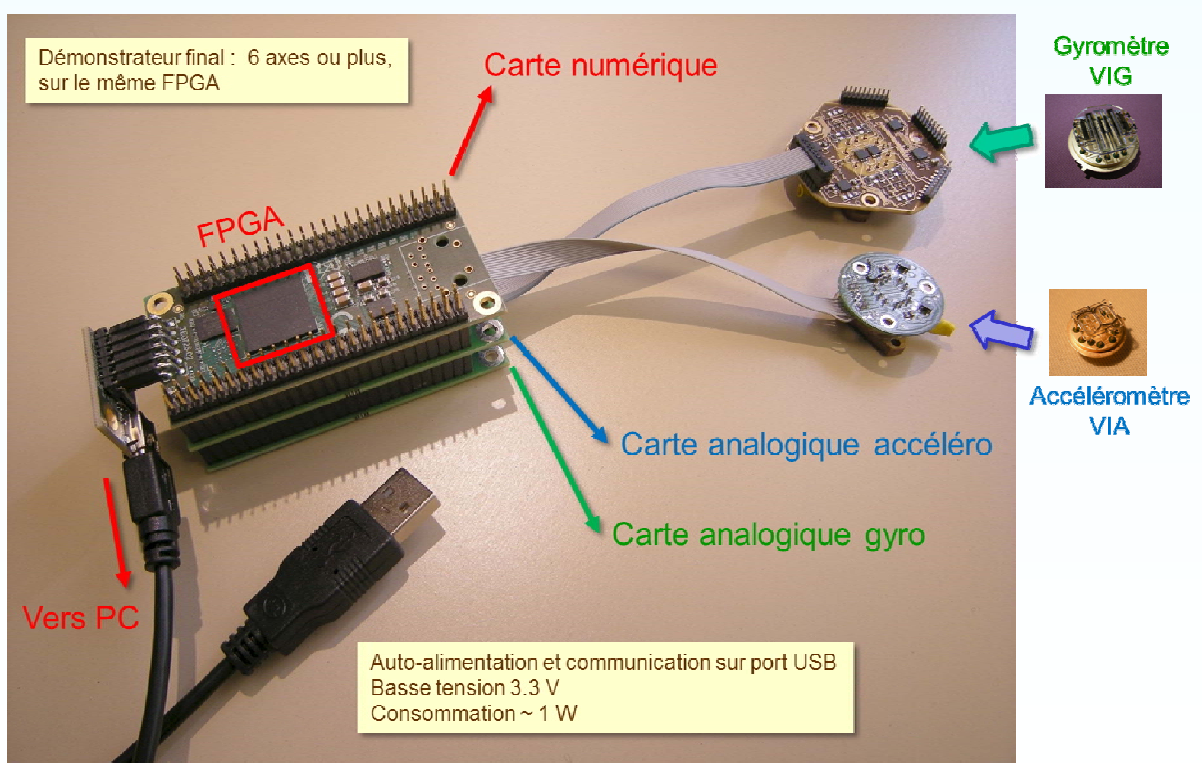


Contact : Jean.Guerard @ onera.fr

Microsystèmes inertiels vibrants pour applications spatiales : apport des fonctions numériques

Résumé

L'Onera développe des capteurs inertiels MEMS vibrants avec des performances qui peuvent intéresser des applications spatiales. Les électroniques analogiques traditionnellement associées ne sont a priori pas limitantes par rapport aux performances physiques des capteurs. Cependant, elles se montrent encombrantes, non reconfigurables, et ne délivrent pas les grandeurs mesurées sous forme numérique à l'ordinateur de bord. En outre, dans le cadre d'une utilisation spatiale, elles sont sujettes à dépendance et à obsolescence : le remplacement d'un composant implique une nouvelle qualification. Cette thèse propose une nouvelle architecture numérique générique, limitant au maximum les composants analogiques nécessaires. Les travaux portent principalement sur deux capteurs développés par l'Onera : l'accéléromètre à lame vibrante VIA et le gyromètre vibrant à effet Coriolis VIG, mais sont justement transposables à d'autres familles. Une première fonction clé identifiée est la datation d'événements pour la mesure de fréquence et de phase, une seconde concerne la synthèse numérique directe de fréquence pour le pilotage de résonateurs, et une troisième traite la génération de signaux sinusoïdaux purs à partir des trains binaires délivrés par le système numérique. Ces fonctions sont réalisées sous forme de périphériques numériques autour d'un processeur embarqué, le tout synthétisé sur composant programmable FPGA.



Prototype de centrale inertielle MEMS comprenant les cellules accélérométriques VIA et gyrométriques VIG développées à l'ONERA. L'électronique analogique est réduite au minimum et l'ensemble des traitements sont synthétisés dans le FPGA.

Simulation Numérique Avancée

Défi 5– CFD 2030

- RENARD Nicolas** - Simulations numériques avancées et analyses physiques de couches limites turbulentes à grand nombre de Reynolds 108
- MAUGARS Bruno** - Méthodes de volumes finis d'ordre élevé en maillages non coïncidents pour écoulements dans les turbomachines..... 110
- MINOT Alexandre** - Modélisation de la transition laminaire-turbulent par rugosité et bulbe de décollement laminaire sur les aubes de turbomachine 112
- RODRIGUEZ SANCHEZ Javier** - Etude théorique et numérique des modes propres acoustiques dans un conduit avec écoulement et parois absorbantes 114
- HADDAOUI Khalil** - Méthodes numériques de haute précision et calcul scientifique pour le couplage de modèles hyperboliques 116
- VERRIÈRE Jonas** - ZDES simulations of propulsive jets: Physical analysis and influence of upstream turbulence 118
- TOUMI Asma** - Méthode numérique asynchrone pour la modélisation de phénomènes multi-échelles 120
- SOISMIER Matthieu** - Stratégie de résolution hybride structurée / non structurée pour la simulation d'effets technologiques en turbomachines..... 122

distinction

Prix doctorant ONERA
(2015)

Nicolas RENARD

Thèse soutenue le 08 janvier 2016

Ecole doctorale : ED 391 (SMAER) - Sciences Mécaniques, Acoustique,
Electronique & Robotique - Paris

Titre de la thèse

**Simulations numériques avancées et analyses physiques de
couches limites turbulentes à grand nombre de Reynolds**

Encadrement

Département Aérodynamique Appliquée (DAAP)

Directeurs de thèse : Pierre Sagaut - Aix-Marseille Université
Sébastien Deck - ONERA

Financement

Direction Générale de l'Armement (DGA) & ONERA

Défi scientifique

CFD 2030



www.onera.fr/pss

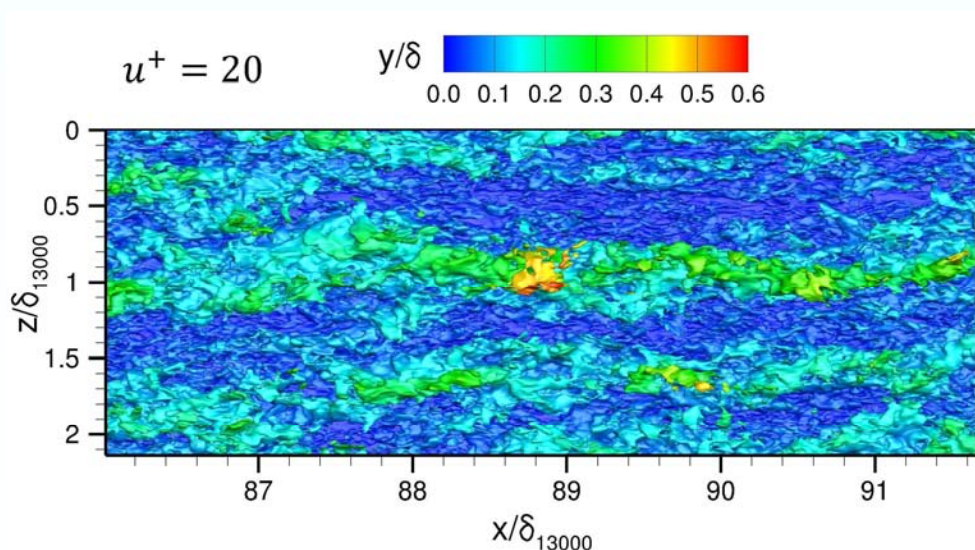
Contact : [Nicolas.Renard @ onera.fr](mailto:Nicolas.Renard@onera.fr)

Résumé

Mieux comprendre les spécificités de la dynamique des couches limites à grand nombre de Reynolds malgré les contraintes météorologiques et son coût de simulation numérique est crucial. A titre d'exemple, cette dynamique peut déterminer plus de la moitié de la traînée d'un avion en croisière. Décrire la turbulence pariétale peut guider la résolution numérique d'une partie des fluctuations à un coût maîtrisé par des stratégies WMLES (simulation des grandes échelles avec modèle de paroi).

Les présentes analyses physiques de couches limites turbulentes incompressibles à gradient de pression nul et à grand nombre de Reynolds s'appuient sur des simulations numériques avancées. Après validation d'une base de données, le frottement moyen pariétal est décomposé selon l'identité FIK (Fukagata et al. (2002)), dont les modalités d'application dans un écoulement en développement spatial, moins immédiates que dans un écoulement de canal, sont discutées. Une analyse spectrale montre que les grandes échelles ($\lambda_x > \delta$) contribuent à environ la moitié du frottement vers $Re_\theta = 10^4$. Les limitations de l'identité FIK motivent la dérivation d'une décomposition physique de la génération du frottement dont le comportement asymptotique est alors relié à la production d'énergie cinétique turbulente dans la zone logarithmique. Pour mieux reconstruire les spectres spatiaux, une nouvelle méthode d'estimation de la vitesse de convection turbulente en fonction de la longueur d'onde des fluctuations, adaptée au développement spatial et à des signaux temporels de durée finie, est dérivée, interprétée et évaluée à $Re_\theta = 13000$.

Certaines des conclusions éclairent des modifications d'une stratégie WMLES, le mode III de la méthode ZDES.



Grandes échelles résolues par la méthode ZDES vers $Re_\theta = 13\ 000$ (isosurface de vitesse longitudinale colorée par la distance à la paroi).

Améliorer les méthodes numériques pour mieux modéliser le fonctionnement des turbomachines

Bruno MAUGARS

Thèse soutenue le 09 février 2016

Ecole doctorale : ED 432 (SMI) - Sciences des métiers de l'ingénieur -
ENSAM ParisTech

Titre de la thèse

**Méthodes de volumes finis d'ordre élevé en maillages non
coïncidents pour écoulements dans les turbomachines**

Encadrement

Département Mécanique des Fluides Numérique (DMFN)

Encadrants : Bertrand Michel & Lionel Castillon - ONERA

Directeur de thèse : Paola Cinnella - ENSAM

Financement

Consortium Industrie-Recherche en Turbomachine (CIRT) & ONERA

Défi scientifique

CFD 2030

www.onera.fr/pss

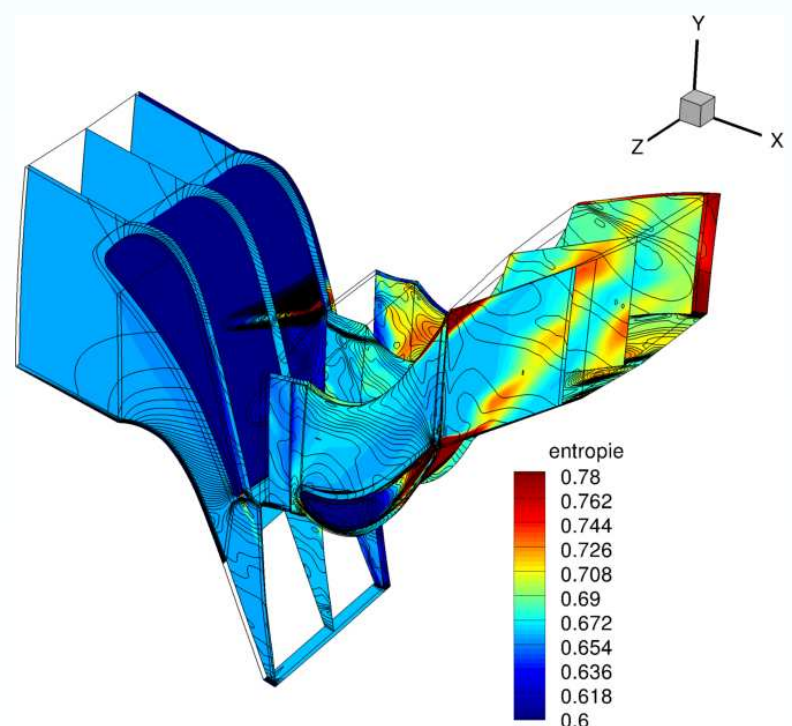


Contact : Bruno.Maugars @ onera.fr

Méthodes de volumes finis d'ordre élevé en maillages non coïncidents pour écoulements dans les turbomachines

Résumé

Dans cette thèse nous avons développé et validé de manière systématique une stratégie numérique d'ordre élevé pour le calcul d'écoulements dans les turbomachines, à l'aide de maillages structurés composés de plusieurs blocs non coïncidents. L'objectif à terme est de développer un solveur bien adapté aux calculs dits "à résolution d'échelles" - c'est-à-dire URANS, RANS/LES, ou LES - dans les turbomachines. Pour ce faire, nous avons pris comme point de départ des méthodes numériques correspondant à l'état de l'art actuel pour beaucoup de codes industriels et notamment le code elsA de l'ONERA, dans lequel nous avons intégré les méthodes développées au cours de notre étude. Une méthode volumes finis d'ordre élevé en maillage quelconque a été développée et généralisée pour des raccords non coïncidents présent entre deux roues de turbomachines. Avant de procéder à l'application de la stratégie numérique à des configurations de calculs plus complexes, nous avons d'abord voulu quantifier les erreurs numériques introduites par les différents opérateurs numériques de discrétisation développés. Pour cela nous avons développé une méthode (dite ASE) permettant de déduire le nombre d'onde modifié des opérateurs de discrétisation en comparant la valeur numérique obtenue dans chaque cellule du maillage pour un harmonique donné à la valeur exacte de l'opérateur. Nous avons ainsi pu quantifier les erreurs de dissipation et de dispersion des opérateurs dans l'espace spectral ainsi que les nombres de points minimaux pour avoir une précision donnée. Nous avons enfin appliqué le code elsA, équipé avec les nouvelles méthodes au cours de la thèse à des "démonstrateurs" numériques allant de cas académique jusqu'à la simulation à résolution d'échelles en passant par des calculs de turbomachines en configuration étagée.



Calcul d'un étage de turbine CT3 avec raccords non coïncidents conservatif d'ordre 2

Alexandre MINOT

Thèse soutenue le 03 mai 2016

Ecole doctorale : ED 468 (MEGEP) - Mécanique, Energétique, Génie civil,
Procédés - Toulouse

Titre de la thèse

**Modélisation de la transition laminaire-turbulent par rugosité
et bulbe de décollement laminaire sur les aubes de
turbomachine**

Encadrement

Département Modèles pour l'Aéronautique et l'Energétique (DMAE)

Encadrants : Jean Perraud - ONERA
Renaud Daon - SNECMA

Directeurs de thèse : Grégoire Casalis - ISAE
Julien Marty - ONERA

Financement

CIFRE Safran Aircraft Engines

Défi scientifique

CFD 2030

www.onera.fr/pss



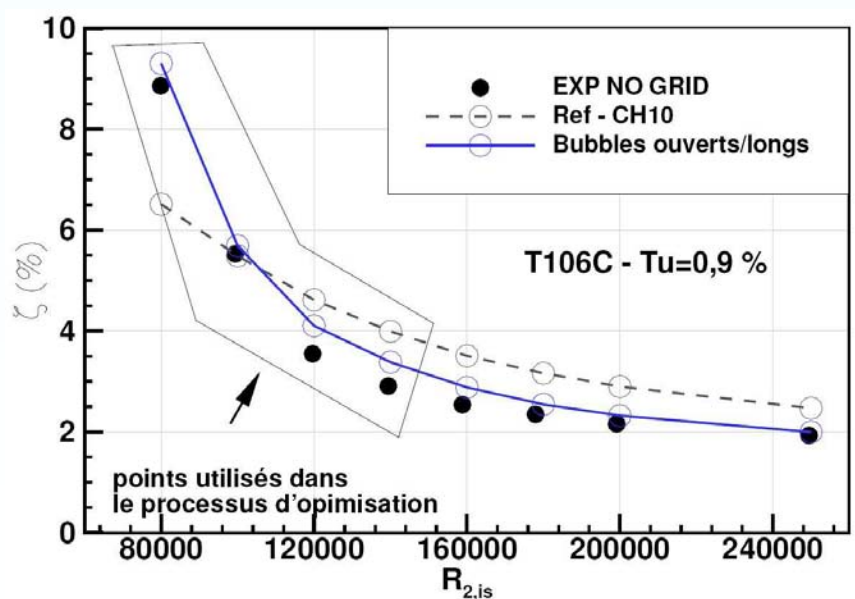
Université
de Toulouse



Contact : Jean.Perraud @ onera.fr

Résumé

L'objectif de cette thèse est de faire progresser la modélisation de la transition de couche limite sur des aubes de turbines basse-pression fortement chargées. Cette modélisation repose sur l'utilisation du modèle de transition de Menter et Langtry utilisé pour des calculs RANS dans le code elsA. Une fois les limitations du modèle de transition clairement identifiées, nous avons entrepris de modifier ce dernier. Pour cela, un processus d'optimisation a été développé afin de permettre la recalibration des fonctions de corrélation internes au modèle de transition. Cette nouvelle version du modèle nous permet d'obtenir des gains sur la modélisation d'environ 20 % sur les cas T106C du VKI en capturant mieux la transition au sein du bulbe de décollement. Ces précédents calculs correspondent à des cas idéaux, où l'on peut considérer les surfaces comme étant lisses. Cependant, nous avons aussi un besoin de se rapprocher de surfaces plus réalistes pour lesquelles les rugosités peuvent avoir un impact sur l'écoulement. Les rugosités de surface peuvent notamment avoir un effet sur la transition. En particulier, si les rugosités entraînent le déclenchement de la transition en amont du point de décollement laminaire théorique en surface lisse, ce décollement sera supprimé. Vu nos efforts pour améliorer la prévision de la transition par bulbe de décollement par le modèle γ -R θ t, il paraît intéressant que celui-ci puisse prendre en compte l'état des surfaces. Pour cela, nous avons implanté une méthode de prévision de la transition sur surfaces rugueuses développée par Stripf et al. au sein du modèle γ -R θ t. Enfin, l'utilisation du modèle de transition γ -R θ t a été étendue au modèle de turbulence k-l de Smith. En effet, ce modèle est largement utilisé en turbomachine. Afin que nos travaux d'amélioration du modèle de transition pour les cas de turbine soit largement utilisables, nous avons complété cette thèse par une évolution du modèle de transition permettant son utilisation avec le modèle k-l de Smith.



Comparaison des résultats obtenus à l'aide du modèle CH10 et du modèles optimisé sur quatre cas de bulbes ouverts et longs

Modéliser la propagation du bruit dans les moteurs pour le réduire

Javier RODRIGUEZ SANCHEZ

Thèse soutenue le 04 mai 2016

Ecole doctorale : ED 468 (MEGEP) - Mécanique, Energétique, Génie civil,
Procédés - Toulouse

Titre de la thèse

**Etude théorique et numérique des modes propres
acoustiques dans un conduit avec écoulement et parois
absorbantes**

Encadrement

Département Modèles pour l'Aérodynamique et l'Energétique (DMAE)

Encadrant : Estelle Piot - ONERA

Directeur de thèse : Grégoire Casalis - ISAE

Financement

ONERA

Défi scientifique

CFD 2030

www.onera.fr/pss



**Université
de Toulouse**



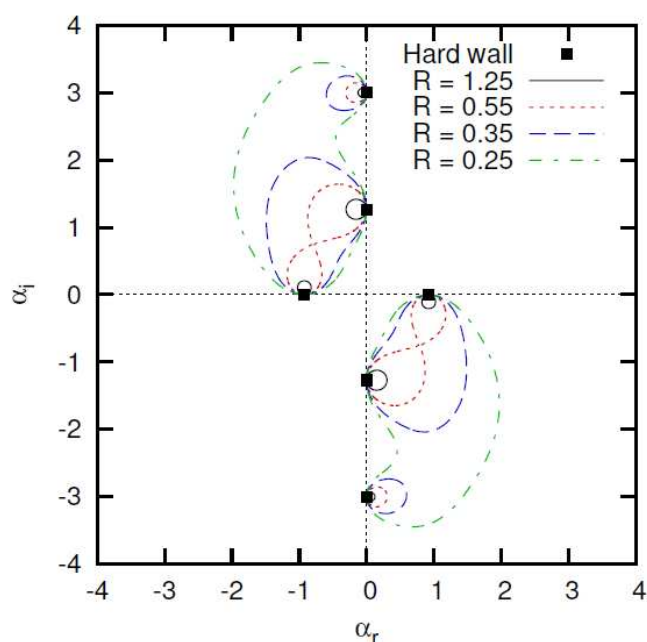
Contact : Estelle.Piot @ onera.fr

Résumé

Cette thèse étudie les modes propres acoustiques dans un conduit en présence d'un écoulement et de parois absorbantes. On s'intéresse en particulier à l'impact de l'inhomogénéité spatiale de l'écoulement moyen sur la propagation acoustique, à l'évaluation de l'impédance de paroi "optimale" pour l'absorption du bruit, ainsi qu'à la présence de modes hydrodynamiques instables pour certaines combinaisons de valeurs d'écoulement et d'impédance pariétale. Grâce à des outils d'analyse de stabilité des équations du problème, on a constaté les effets de trois paramètres : lorsque le rapport d'aspect augmente, la densité des modes, en particulier des modes propagatifs, se développe également. Quand le nombre de Mach de l'écoulement moyen augmente, on observe les effets suivants sur les valeurs propres : un déplacement vers la partie réelle négative, une amplification de leur valeur absolue et un déplacement vers les modes d'indice inférieur. Le profil d'écoulement moyen induit aussi un déplacement dans les valeurs propres, pas facilement prévisible. Il modifie également la forme des fonctions propres ; ce qui est notamment visible pour le mode d'onde plane. Les changements d'impédance induisent un échange cyclique de valeurs propres entre les valeurs de parois rigides des modes consécutifs (cf Figure). Avec certaines valeurs d'impédance, les modes acoustiques de paroi apparaissent. Ils sont caractérisés par la forme exponentielle de leurs fonctions propres.

En plus des modes acoustiques, il existe des modes hydrodynamiques de surface qui se sont révélés avec quelques valeurs d'impédance et forme et nombre de Mach de l'écoulement moyen. Pour un ensemble de données de référence, ces modes ont été étudiés. L'impédance a été considérée avec un modèle basé sur des données de la littérature, tout comme le profil d'écoulement moyen. Un mode hydrodynamique a été trouvé. Avec certaines valeurs de la fréquence, l'ensemble des paramètres donne lieu à une instabilité. En utilisant le critère Briggs-Bers pour la stabilité, l'instabilité a été jugée absolue. À partir du comportement des modes avec différentes valeurs de l'impédance, et conformément aux résultats publiés, nous avons défini la condition que le spectre doit remplir pour réduire autant que possible le bruit. C'est cela qu'on appelle l'impédance optimale. Nous avons calculé cette valeur pour différents fréquences et écoulements moyens.

*Déplacement du spectre des modes
acoustiques dans un conduit avec
écoulement lors d'un balayage sur la
valeur de l'impédance de paroi*



Développer une nouvelle méthode pour la simulation numérique de phénomènes multi- échelles

Khalil HADDAOUI

Thèse soutenue le 07 juillet 2016

Ecole doctorale : ED 386 - Sciences Mathématiques - Paris

Titre de la thèse

**Méthodes numériques de haute précision et calcul
scientifique pour le couplage de modèles hyperboliques**

Encadrement

Département Mécanique des Fluides Numériques (DMFN)

Encadrants : Florent Renac & Claude Marmignon - ONERA

Directeurs de thèse : Edwige Godlewski - UPMC

Frédéric Cocquel - CMAP

Financement

ONERA

Défi scientifique

CFD 2030

www.onera.fr/pss

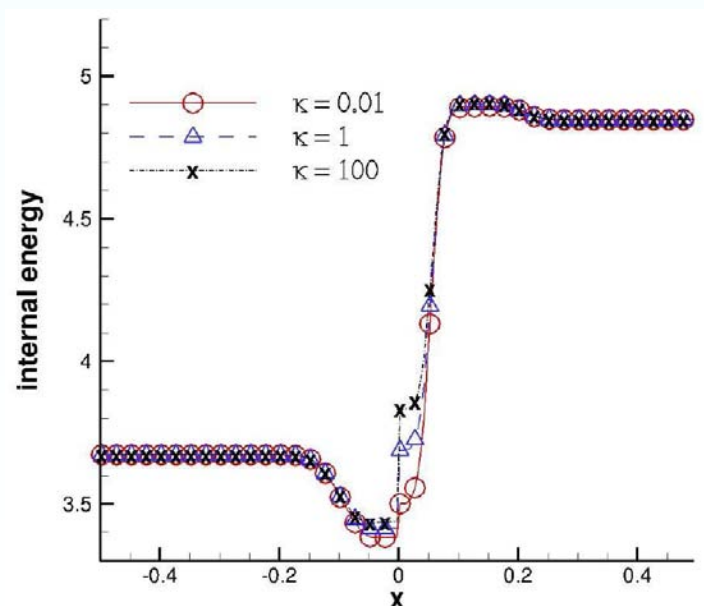


Résumé

La simulation numérique adaptative d'écoulements présentant des phénomènes multi-échelles s'effectue généralement au moyen d'une hiérarchie de modèles différents selon l'échelle mise en jeu et le niveau de précision requis. Ce type de modélisation numérique entraîne des problèmes de couplage multi-échelles complexes. Cette thèse est ainsi dédiée au développement, à l'analyse et à la mise en œuvre de méthodes performantes permettant de résoudre des problèmes de couplage en espace de modèles décrits par des systèmes d'équations aux dérivées partielles hyperboliques.

Dans une première partie, nous développons et analysons une méthode numérique dédiée au couplage interfacial des équations d'Euler mono-dimensionnelles. Chacun des systèmes de lois de conservation est muni d'une loi de pression distincte et l'interface de couplage séparant ces modèles est supposée fixe et infiniment mince. Les conditions de transmission sont modélisées par un terme source mesure localisé à l'interface de couplage. Le poids associé à cette mesure modélise les pertes de conservation à l'interface et sa définition permet l'application de plusieurs stratégies de couplage (cf. illustration). Notre méthode repose sur les techniques d'approximation par relaxation de type Sulićiu. La résolution exacte du problème de Riemann pour le système relaxé nous permet de définir un schéma numérique équilibre pour le modèle de couplage qui préserve certaines solutions stationnaires du modèle et est applicable pour des lois de pression générales.

La deuxième partie est dédiée au développement de deux schémas numériques d'ordre arbitrairement élevé en espace pour l'approximation des solutions stationnaires du problème mixte associé au modèle de Jin et Xin. Nos schémas d'approximation reposent sur la méthode de Galerkin discontinue. L'approximation des solutions du problème mixte par notre premier schéma fait intervenir uniquement des erreurs de discrétisation tandis que notre deuxième schéma est constitué à la fois d'erreurs de modélisation et de discrétisation. L'erreur de modélisation provient du remplacement, dans certaines régions spatiales, de la résolution du modèle de relaxation par celle de l'équation scalaire équilibre associée. Sous l'hypothèse d'une interface de couplage éventuellement caractéristique, la résolution du problème de Riemann associé au modèle couplé nous permet de construire un schéma numérique d'ordre arbitrairement élevé prenant en compte l'éventuelle existence de couches limites à l'interface de couplage.



Profils d'énergie interne suite à un contrôle de la température à l'interface de couplage $x=0$ avec minimisation des pertes de conservation. Le paramètre kappa quantifie le coût du contrôle.

Mieux simuler l'interaction entre les moteurs et le fuselage pour améliorer les performances des futurs avions

Jonas VERRIÈRE

Thèse soutenue le 23 septembre 2016

Ecole doctorale : ED 391 (SMAER) - Sciences Mécaniques, Acoustique,
Electronique & Robotique - Paris

Titre de la thèse

ZDES simulations of propulsive jets: Physical analysis and influence of upstream turbulence

Encadrement

Département Aérodynamique Appliquée (DAAP)

Encadrants : Fabien Gand - ONERA

Christophe Bourdeau - Airbus

Directeur de thèse : Sébastien Deck - ONERA

Financement

CIFRE Airbus

Défi scientifique

CFD 2030

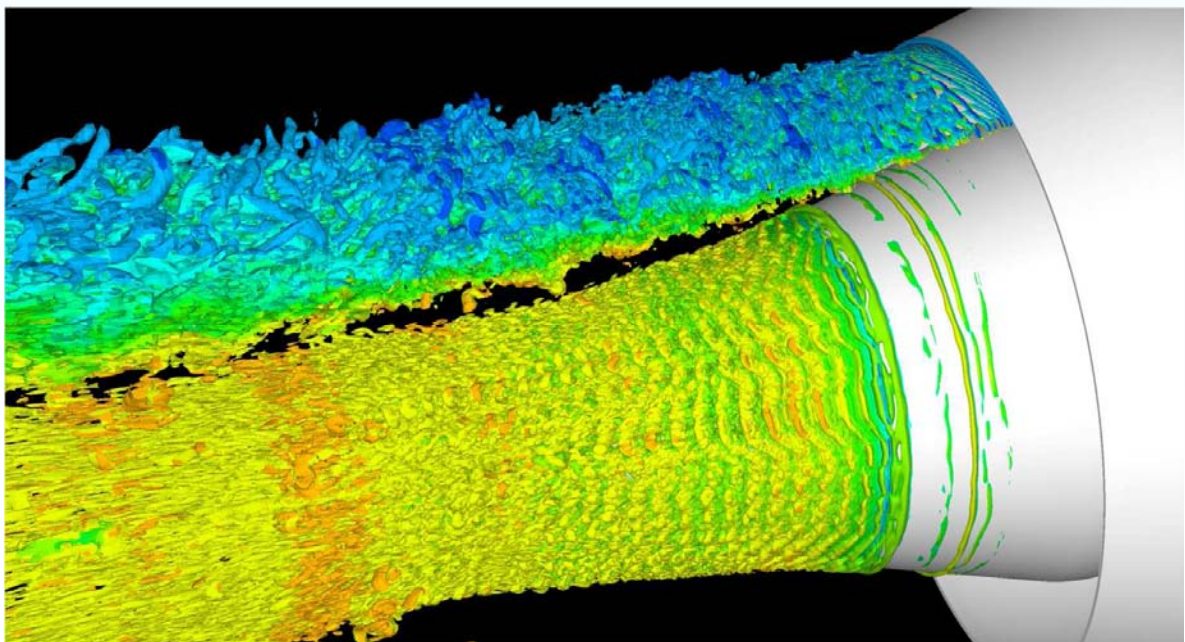
www.onera.fr/pss



Contact : [Sebastien.Deck @ onera.fr](mailto:Sebastien.Deck@onera.fr)

Résumé

Ce travail porte sur l'évaluation de la méthode ZDES pour la simulation de jets propulsifs. L'analyse se concentre sur le positionnement des cellules de chocs et le développement des couches de mélange d'une tuyère double-flux avec plug externe, typique des moteurs d'avions modernes. Les champs statistiques sont comparés aux résultats expérimentaux et discutés en termes de grandeurs moyennes, fluctuantes et dans le domaine fréquentiel. L'intérêt d'utiliser un schéma spatial peu dissipatif ainsi qu'une échelle de longueur sous-maille basée sur la vorticité locale est mis en évidence, notamment pour le développement de la couche de mélange interne, et le mode 2 ("automatique") de la ZDES a démontré un comportement similaire au mode 1 ("manuel") dans les couches de mélange. Par ailleurs, la technique Random Flow Generation (RFG) mise en œuvre afin de reproduire la turbulence amont existant au cœur des jets primaire et secondaire a permis d'accélérer la transition RANS-LES dans les deux couches de mélanges, plus conformément à l'expérience. La transition est d'autant plus rapide que le taux de turbulence est élevé et l'échelle de la turbulence injectée est petite. Le positionnement des cellules de choc est également amélioré, soulignant l'importance de prendre en compte la turbulence amont dans les simulations de jets.



Développement rapide de la turbulence résolue dans les couches de mélange d'un jet double-flux avec la méthode ZDES

Développer une nouvelle méthode pour la simulation numérique de systèmes complexes

Asma TOUMI

Thèse soutenue le 26 septembre 2016

Ecole doctorale : ED 475 (MITT) - Mathématiques Informatique
Télécommunications - Toulouse

Titre de la thèse

**Méthode numérique asynchrone pour la modélisation de
phénomènes multi-échelles**

Encadrement

Département Traitement de l'Information et Modélisation (DTIM)

Directeurs de thèse : Philippe Poncet - Université de Pau
Guillaume Dufour - ONERA

Financement

Agence Nationale de la Recherche (ANR) & ONERA

Défi scientifique

CFD 2030

www.onera.fr/pss



Université
de Toulouse

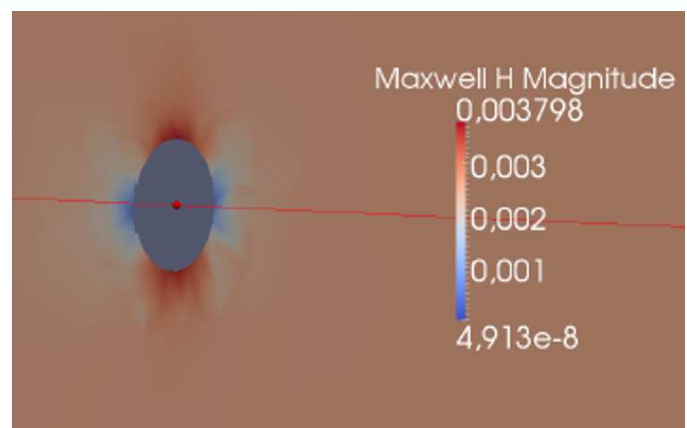
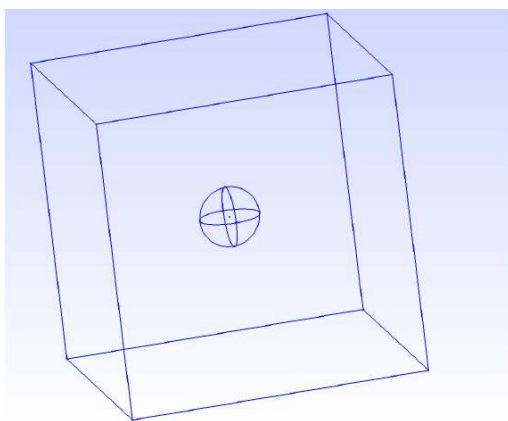
Contact : Guillaume.Dufour @ onera.fr

Méthode numérique asynchrone pour la modélisation de phénomènes multi-échelles

Résumé

La simulation numérique est devenue un outil central dans la modélisation de nombreux systèmes physiques tels que la dynamique des fluides, les plasmas, l'électromagnétisme, etc. L'existence de phénomènes multi-échelles rend l'intégration numérique de ces modèles très difficile du point de vue de la précision et du temps de calcul. En effet, dans les méthodes classiques d'intégration temporelle, le pas de temps est limité par la taille des plus petites mailles au travers d'une relation de type CFL. De plus, la forte disparité entre le pas de temps effectif et la condition CFL favorise les phénomènes de diffusion numérique. Dans la littérature, des nombreux algorithmes à pas de temps locaux (LTS) ont été développés. Pour la plupart des algorithmes LTS, les pas de temps locaux doivent être choisis parmi les fractions du pas de temps global.

Nous présentons dans cette thèse une méthode asynchrone pour l'intégration explicite des équations différentielles multi-échelles. Cette méthode repose sur l'utilisation de critères de stabilité locaux, critères déterminés non pas globalement mais à partir de conditions CFL locales. De plus, contrairement aux schémas LTS, l'algorithme asynchrone permet la sélection de pas de temps indépendants pour chaque cellule de maillage. Cette thèse comporte plusieurs volets. Le premier concerne l'étude mathématique des propriétés du schéma asynchrone. Le deuxième a pour objectif d'étudier la montée en ordre, à la fois temporelle et spatiale, des méthodes asynchrones. De nombreux développements dans le cadre des méthodes de haute précision en temps ou en espace, telles que les méthodes de type Galerkin Discontinu, peuvent offrir un cadre naturel pour l'amélioration de la précision des méthodes asynchrones. Toutefois, les estimations garantissant l'ordre de précision de ces méthodes peuvent ne pas être directement compatibles avec l'aspect asynchrone. L'objectif de cette thèse est donc de développer un schéma numérique asynchrone d'ordre élevé mais qui permet également de limiter la quantité de calculs à effectuer. Le troisième volet de cette thèse se focalise sur l'application numérique puisqu'il concerne la mise en œuvre de la méthode asynchrone dans la simulation des cas-tests représentatifs de problèmes multi-échelles.



Calcul de la diffraction d'une onde électromagnétique par une micro-bille (rapport d'échelle 1000)

Mieux simuler le fonctionnement des moteurs aéronautiques pour améliorer leurs performances

Matthieu SOISMIER

Thèse soutenue le 17 octobre 2016

Ecole doctorale : ED 510 (I-MEP2) - Ingénierie - Matériaux Mécaniques
Energétique Environnement Procédés Production - Grenoble

Titre de la thèse

**Stratégie de résolution hybride structurée / non structurée
pour la simulation d'effets technologiques en turbomachines**

Encadrement

Département Mécanique des fluides Numérique (DMFN)

Encadrants : Lionel Castillon & Claude Marmignon - ONERA

Directeur de thèse : Christophe Corre - Laboratoire des Écoulements Géo
physiques et Industriels

Financement

CIFRE Safran Aircraft Engines

Défi scientifique

CFD 2030

www.onera.fr/pss



Contact : [Matthieu.Soismier @ onera.fr](mailto:Matthieu.Soismier@onera.fr)

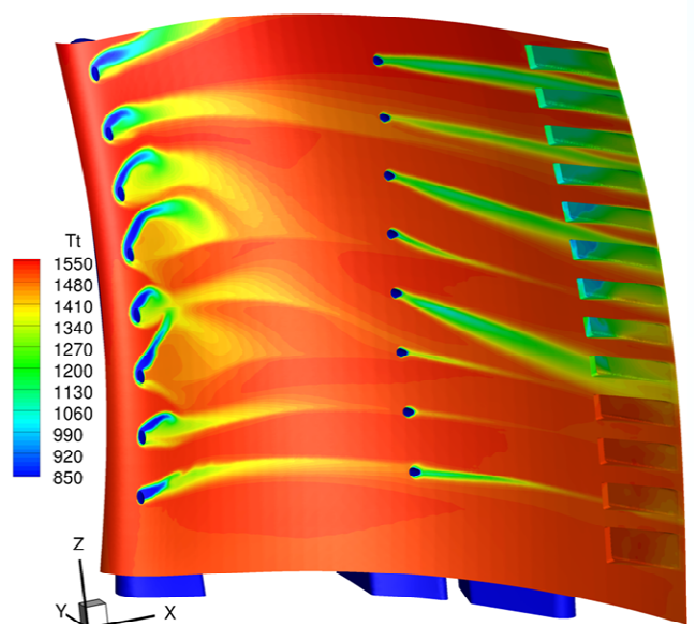
Stratégie de résolution hybride structurée / non structurée pour la simulation d'effets technologiques en turbomachines

Résumé

Les motoristes aéronautiques souhaitent disposer de la représentation la plus fidèle possible du fonctionnement des propulseurs, dans une perspective d'amélioration continue de leurs performances. Les modèles numériques doivent donc intégrer au maximum les détails géométriques susceptibles d'influencer la physique de l'écoulement analysé. La prise en compte de tels effets technologiques s'avère difficile dans le contexte des solveurs structurés disponibles. Une stratégie hybride de prise en compte des effets technologiques fait coexister au sein d'un même domaine de calcul des zones structurées et non structurées. La flexibilité de génération d'un maillage non structuré permet une prise en compte aisée des détails géométriquement complexes tandis que la préservation de zones structurées dans une majeure partie du domaine de calcul permet de bénéficier de l'efficacité d'un solveur structuré.

La présente thèse contribue au développement de cette stratégie hybride au sein du solveur elsA de l'ONERA en proposant des gains de précision et de robustesse par rapport à la version initialement développée pour établir la faisabilité et l'intérêt de l'approche. Après un état de l'art des techniques de discrétisation spatiale disponibles dans cette version initiale, différentes améliorations (techniques de Moindres Carrés, approche dite quasi-Green, méthode d'estimation des gradients aux faces) ont été analysées puis implémentées et validées sur des cas académiques. Le choix d'une stratégie hybride avec raccords coïncidents entre zones structurées et non structurées conduit à des déformations de maillage dans la zone d'interface structuré / non structuré qui ont exigé le développement supplémentaire de techniques d'amélioration de la robustesse (limites physiques ou géométriques). Le solveur hybride rassemblant ces différentes fonctionnalités a permis de simuler avec succès des géométries d'aubes isolées dotées d'effets technologiques tels que congé de raccordement, trous de refroidissement, fentes de bord de fuite, cheminées internes d'alimentation. Enfin, une stratégie permettant l'utilisation de l'approche hybride en étage complet a été proposée et appliquée à la simulation hybride de l'interaction rotor/stator pour la configuration VKI-BRITE CT3, en stationnaire et en instationnaire, respectivement via une condition de plan de mélange et une condition de chorochronicité.

Température totale sur l'intrados d'une aube de turbine multi-perforée obtenue par une simulation hybride.



Traitement de l'Information et Systèmes

Défi 1– Optimisation pluridisciplinaire et optimisation

- BOUHLEL Mohamed Amine** - Optimisation auto-adaptative en environnement d'analyse multidisciplinaire via les modèles de Krigeage combinés à la méthode PLS 128
- PRICE Nathaniel** - Optimisation multidisciplinaire hybride - application à la conception de véhicules aérospatiaux 130
- GUERRA Jonathan** - Optimisation multi-objectif sous incertitudes de phénomènes de thermique transitoire..... 132
- PEREZ GONZALEZ José-Alvaro** - Commande robuste structurée : Application co-design mécanique / contrôle d'attitude d'un satellite flexible..... 134
- DENIEUL Yann** - Preliminary Design of Control Surfaces and Laws for Unconventional Aircraft Configurations 136

Défi 2– Systèmes intelligents

- SPRAUEL Jonathan** - Conception sûre et optimale de systèmes dynamiques critiques autoadaptatifs soumis à des événements redoutés probabilistes 138
- GOBILLOT Nicolas** - Validation d'architectures temps-réel pour la robotique autonome 140
- BECHON Patrick** - Planification multirobot pour des missions de surveillance avec contraintes de communication 142
- DE CECCO Alexandra** - Modélisation fluide de réseaux 144
- LECRUBIER Vincent** - Un langage formel pour la conception, la spécification et la vérification d'interfaces homme-machine embarquées critiques 146
- GIBERT Victor** - Analyse d'observabilité et synthèse d'observateurs robustes pour l'atterrissage basé vision d'avions de ligne sur des pistes inconnues..... 148
- CHAMBON Emmanuel** - Commande de systèmes linéaires sous contraintes fréquentielles et temporelles. Application au lanceur flexible 150
- LE GOFF Kevin** - Agentivité dans les systèmes fortement automatisés 152

KNOL Hester - Viser les illusions : la perception de la taille et son effet sur le contrôle moteur ...
..... 154

RANDRIANARIVO Hicham - Apprentissage statistique de classes sémantiques pour l'interprétation d'images aériennes et satellitaires..... 156

Défi 8 - La propulsion dans toute sa complexité

IANNETTI Alessandra - Méthodes de diagnostic pour les moteurs de fusée à ergols liquides
..... 158

Défi 10 - Electromagnétisme et radar

BAKRY Marc - Fiabilité et optimisation des calculs obtenus par des formulations intégrales en propagation d'onde - Applications à l'acoustique et l'électromagnétisme 160

Défi 11 - Perception artificielle multimodale

WEISSGERBER Flora - Traitement cohérents d'images RSO multi-modes multi-résolutions pour la caractérisation du milieu urbain..... 162

LEANG Isabelle - Vision attentionnelle pour l'interprétation sémantique de scènes dynamiques
..... 164

Développer de nouvelles méthodes pour optimiser la conception des aubes de turbomachines

Mohamed Amine BOUHLEL

Thèse soutenue le 26 janvier 2016

Ecole doctorale : ED 467 (AA) - Aéronautique Astronautique - Toulouse

Titre de la thèse

**Optimisation auto-adaptative en environnement d'analyse
multidisciplinaire via les modèles de Krigeage combinés à la
méthode PLS**

Encadrement

Département Conception et évaluation des Performances des Systèmes
(DCPS)

Directeurs de thèse : Joseph Morlier - ISAE

Nathalie Bartoli - ONERA

Financement

CIFRE Safran Aircraft Engines

Défi scientifique

Optimisation
pluridisciplinaire
et évaluation

www.onera.fr/pss



Université
de Toulouse



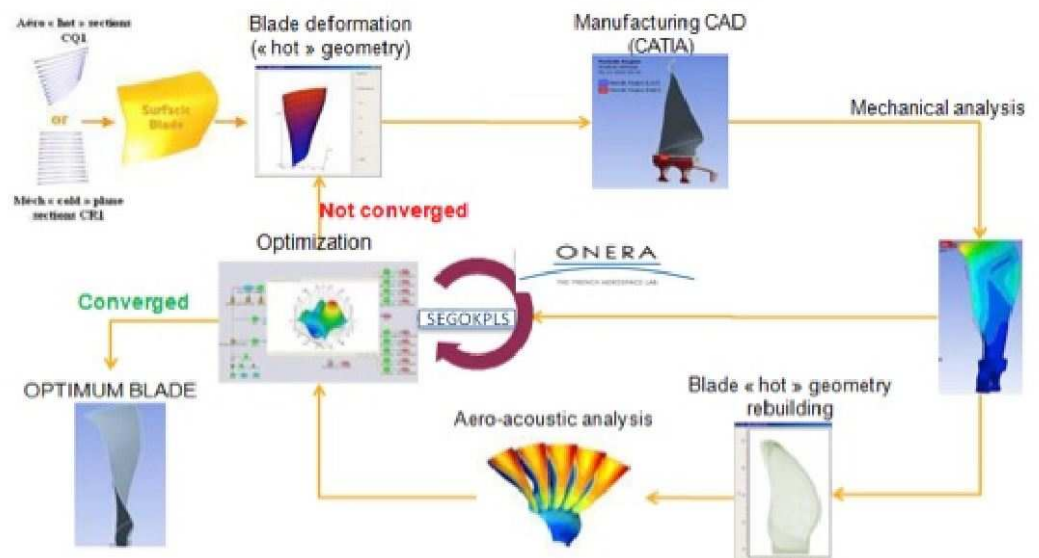
Contact : [Nathalie.Bartoli @ onera.fr](mailto:Nathalie.Bartoli@onera.fr)

Résumé

Les turbomachines aéronautiques sont composées de plusieurs roues aubagées dont la fonction est de transférer l'énergie de l'air au rotor. Elles doivent répondre à des impératifs de performance aérodynamique, de tenue mécanique, de tenue thermique et de performance acoustique. L'optimisation aéro-méca-acoustique ou aéro-thermo-mécanique des aubages consiste à chercher, pour un ensemble de formes aérodynamiques paramétrées, celle assurant le meilleur compromis entre la performance aérodynamique du moteur et la satisfaction de plusieurs dizaines de contraintes.

Cette thèse introduit une méthode d'optimisation basée sur les métamodèles et adaptée à la grande dimension pour répondre à la problématique industrielle des aubages. La première partie de ce travail traite des modèles de Krigeage. Nous avons proposé une nouvelle formulation du noyau de covariance permettant de réduire le nombre de paramètres du modèle afin d'accélérer sa construction. Notre approche consiste à réduire le nombre de paramètres à estimer en utilisant la méthode de régression des moindres carrés partiels (PLS pour Partial Least Squares). Cette méthode de réduction dimensionnelle fournit des informations sur la relation linéaire entre les variables d'entrée et la variable de sortie. Ces informations ont été intégrées dans les noyaux du modèle de Krigeage. Grâce à cette approche, la construction de ces nouveaux modèles appelés KPLS est très rapide. Dans le cas de noyaux de covariance de type exponentiel, la méthode KPLS peut être utilisée pour initialiser les paramètres du Krigeage classique. La méthode résultante, notée KPLS+K, a permis d'améliorer la qualité des modèles dans le cas de fonctions fortement multimodales. La deuxième contribution de la thèse a consisté à développer une stratégie d'optimisation globale sous contraintes pour la grande dimension, en s'appuyant sur les modèles KPLS ou les modèles KPLS+K. Nous avons étendu la méthode d'optimisation auto-adaptative "Efficient Global Optimisation, EGO" pour gérer les problèmes d'optimisation sous contraintes en grande dimension. Cette stratégie appelée SEGOKPLS a permis de retrouver l'optimum global sur des problèmes académiques et industriels jusqu'à la dimension 50.

Intégration de l'algorithme SEGOKPLS dans la chaîne d'optimisation multidisciplinaire de la SNECMA



Optimiser les marges de conception des systèmes complexes pour garantir les performances en maîtrisant la fiabilité

Nathaniel PRICE

Thèse soutenue le 15 juillet 2016

Ecole doctorale : ED 488 (SIS) - Sciences, Ingénierie, Santé - St Etienne

Titre de la thèse

Conception sous incertitudes de modèles avec prise en compte des tests futurs et des re-conceptions

Encadrement

Département Conception et évaluation des Performances des Systèmes
(DCPS)

Encadrants : Mathieu Balesdent & Sébastien Defoort - ONERA

Directeurs de thèse : Rodolphe Le Riche (Mines de St Etienne)
Raphael Haftka & Nam-Ho Kim (Université de Floride)

Financement

Université de Floride & ONERA

Défi scientifique

Optimisation
pluridisciplinaire
et évaluation

www.onera.fr/pss

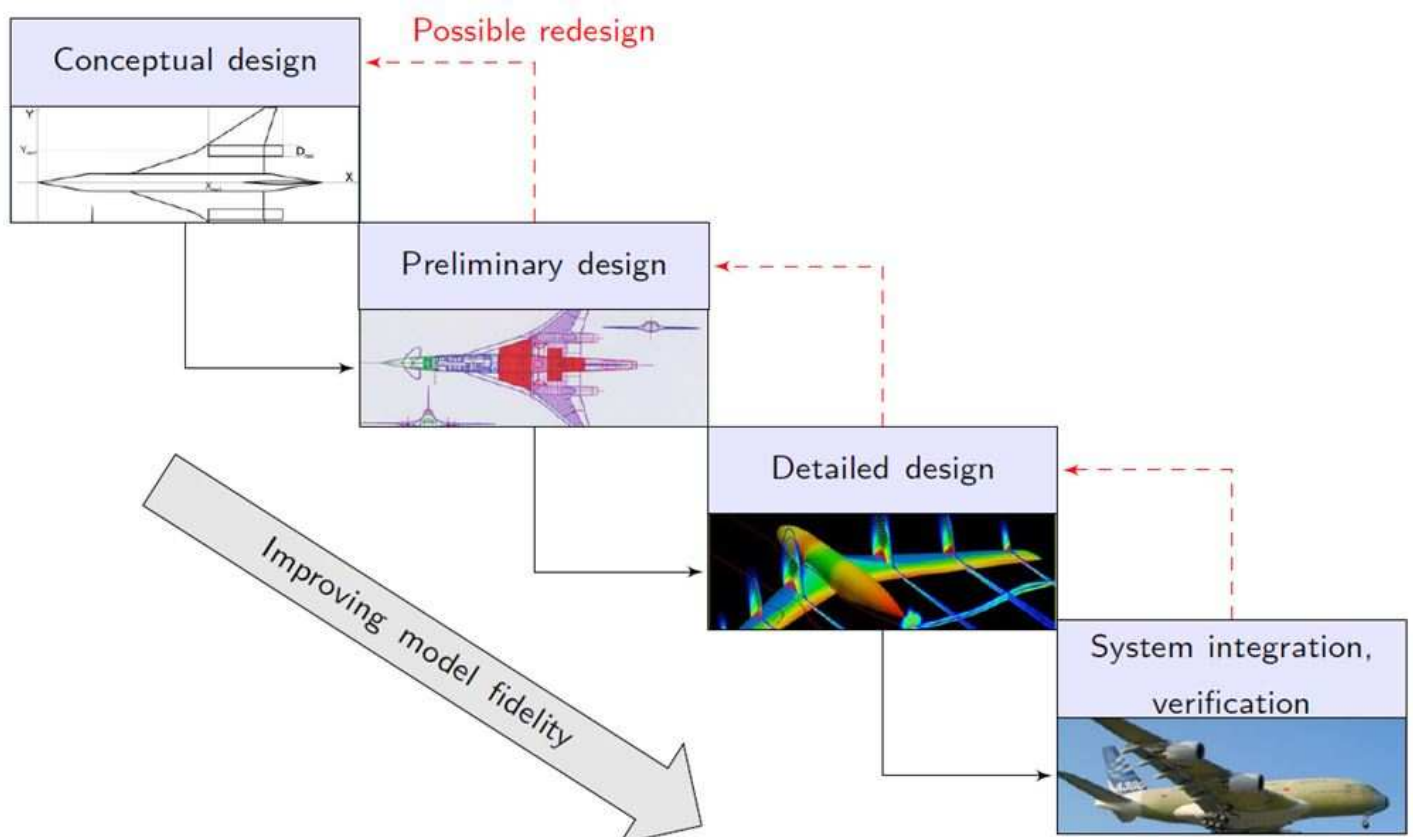


Contact : Mathieu.Balesdent @ onera.fr

Conception sous incertitudes de modèles avec prise en compte des tests futurs et des re-conceptions

Résumé

At the initial design stage, engineers often rely on low-fidelity models that have high uncertainty. In a deterministic safety-margin-based design approach, uncertainty is implicitly compensated for by using fixed conservative values in place of aleatory variables and ensuring the design satisfies a safety-margin with respect to design constraints. After an initial design is selected, high-fidelity modeling is performed to reduce epistemic uncertainty and ensure the design achieves the targeted levels of safety. High-fidelity modeling is used to calibrate low-fidelity models and prescribe redesign when tests are not passed. After calibration, reduced epistemic model uncertainty can be leveraged through redesign to restore safety or improve design performance. However, redesign may be associated with substantial costs or delays. In this work, the possible effects of a future test and redesign are considered while the initial design is optimized using only a low-fidelity model.



How to include effects of possible future redesign at the conceptual design stage?

Développer de nouvelles méthodes pour optimiser les simulations numériques complexes

Jonathan GUERRA

Thèse soutenue le 20 octobre 2016

Ecole doctorale : ED 475 (MITT) - Mathématiques Informatique
Télécommunications - Toulouse

Titre de la thèse

**Optimisation multi-objectif sous incertitudes de phénomènes
de thermique transitoire**

Encadrement

Département Traitement de l'Information et Modélisation (DTIM)

Directeurs de thèse : Fabrice Gamboa - Institut de Mathématiques
de Toulouse
Patricia Klotz - ONERA

Financement

CIFRE Epsilon

Défi scientifique

Optimisation
pluridisciplinaire
et évaluation

www.onera.fr/pss

EPSILON
ALCEN

anrt
association nationale
recherche technologie



Université
de Toulouse

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

Contact : [Patricia.Klotz @ onera.fr](mailto:Patricia.Klotz@onera.fr)

Résumé

La résolution d'un problème d'optimisation multi-objectif sous incertitudes en présence de simulations numériques coûteuses nécessite le développement de techniques parcimonieuses en optimisation et en propagation d'incertitudes. L'application visée ici porte sur des phénomènes de thermique transitoire. Dans un premier temps, nous étudions un algorithme multi-objectif capable de restituer une discrétisation régulière du front de Pareto complet tout en nécessitant peu d'appels aux fonctions objectif. L'algorithme proposé est basé sur les processus Gaussiens et la méthode EGO. Pour que les solutions soient bien réparties sur le front de Pareto, la maximisation de l'amélioration espérée multi-objectif est effectuée en utilisant l'algorithme génétique NSGA-II, appliqué à la prédiction par Krigeage des objectifs. Le problème d'optimisation sous incertitudes est ensuite étudié en considérant des mesures de robustesse pire cas et probabilistes. L'optimisation pire cas considère la valeur maximum atteinte par la fonction objectif quelle que soit la valeur prise par les aléas. Des solutions moins conservatives peuvent être obtenues avec un critère probabiliste. Parmi ceux-ci, le superquantile, en intégrant tous les événements pour lesquels la valeur de la sortie se trouve entre le quantile et le pire cas, fournit aussi une information sur le poids de la queue de distribution. Ces mesures de risque nécessitent un grand nombre d'appels à la fonction objectif incertaine, qui peut être réduit à l'aide d'un couplage avec l'algorithme multi-objectif, ce qui permet la réutilisation des évaluations déjà réalisées. Nous développons un estimateur du superquantile basé sur une méthode d'échantillonnage préférentiel et le Krigeage qui permet d'approcher les superquantiles avec une faible erreur et une taille d'échantillon limitée. L'application de ces deux mesures de risque au cas industriel a conduit à des solutions innovantes et performantes. Dans une dernière partie, nous construisons des modèles de substitution spatiotemporels. Afin de répondre au cadre imposé par l'applicatif industriel de thermique transitoire, le modèle de substitution doit être capable de prédire des phénomènes dynamiques non-linéaires sur des temps longs et avec peu de trajectoires d'apprentissage. Les réseaux de neurones récurrents sont utilisés et une méthodologie de construction facilitant l'apprentissage est mise en place. Elle est basée sur la validation croisée et un calcul des poids du réseau réalisé par une optimisation multi-niveaux. Des techniques d'analyse de sensibilité sont également appliquées pour diminuer la dimension d'entrée du réseau.

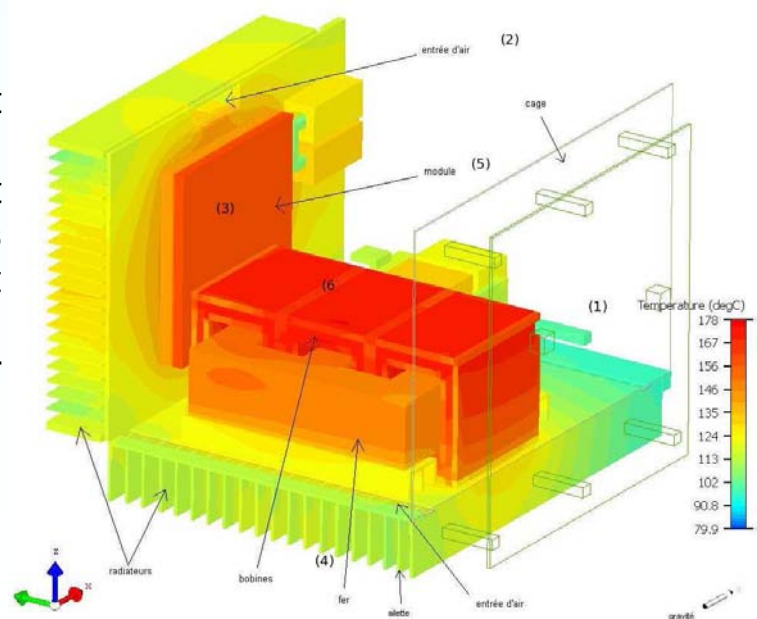


Illustration des températures de composants électroniques à l'intérieur d'un équipement

Modéliser les interactions entre les différents éléments d'un véhicule spatial pour optimiser sa conception

Jose-Alvaro PEREZ GONZALEZ

Thèse soutenue le 14 novembre 2016

Ecole doctorale : ED 309 (EDSYS) - Systèmes - Toulouse

Titre de la thèse

Commande robuste structurée : Application co-design mécanique / contrôle d'attitude d'un satellite flexible

Encadrement

Département Commande des Systèmes et Dynamique du vol (DCSD)

Encadrant : Christelle Pittet - CNES

Directeurs de thèse : Daniel Alazard - ISAE

Thomas Loquen - ONERA

Financement

Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) & ONERA

Défi scientifique

Optimisation
pluridisciplinaire
et évaluation

www.onera.fr/pss



Université
de Toulouse

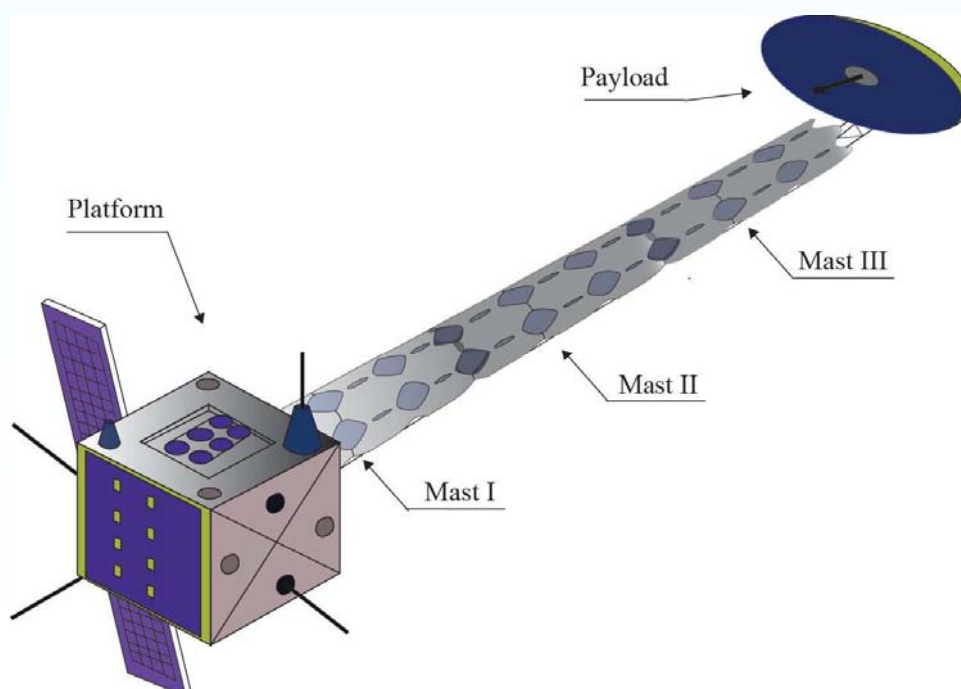


Contact : [Thomas.Loquen @ onera.fr](mailto:Thomas.Loquen@onera.fr)

Résumé

Dans cette étude thèse, le problème du co-design mécanique/contrôle d'attitude à l'aide de méthodes de commande robuste structurée est considéré. Le problème est abordé en développant une technique pour la modélisation de systèmes flexibles multi-corps, appelée modèle Two-Input Two-Output Port (TITOP). En utilisant des modèles d'éléments finis comme données d'entrée, ce cadre général permet de déterminer, sous certaines hypothèses, un modèle linéaire d'un système de corps flexibles enchaînés. De plus, cette modélisation TITOP permet de considérer des variations paramétriques dans le système, une caractéristique nécessaire pour réaliser des études de co-design contrôle/structure. La technique de modélisation TITOP est aussi étendue pour la prise en compte des actionneurs piézoélectriques et/ou des joints pivots qui peuvent apparaître dans les sous structures.

Différentes stratégies de contrôle des modes rigides et flexibles sont étudiées avec les modèles obtenus afin de trouver la meilleure architecture de contrôle pour la réjection des perturbations basse fréquence et l'amortissement des vibrations. En exploitant les propriétés d'outils de synthèse Hinfini structurée, la mise en œuvre d'un schéma de co-design est expliquée, en considérant les spécifications du système (bande passante du système et amortissement des modes) sous forme de contraintes Hinfini. L'étude d'un tel co-design contrôle d'attitude/mécanique d'un satellite flexible est illustré en utilisant toutes les techniques développées, optimisant simultanément une loi de contrôle optimisée et certains paramètres structuraux.



Co-design pour un satellite flexible de grande dimension : optimisation simultanée de l'architecture de contrôle, de la masse de la charge utile et des caractéristiques du mât.

Optimiser la conception de l'avion du futur

Yann DENIEUL

Thèse soutenue le 01 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 309 (EDSYS) - Systèmes - Toulouse

Titre de la thèse

Conception préliminaire des surfaces de contrôle et des lois pour les configurations d'aéronef non conventionnelles.

Encadrement

Département Commande des Systèmes et Dynamique du vol (DCSD)

Encadrants : Clément Toussaint - ONERA

Gilles Taquin - Airbus

Directeurs de thèse : Daniel Alazard & Joël Bordeneuve - ISAE

Financement

CIFRE Airbus

Défi scientifique

Optimisation
pluridisciplinaire
et évaluation

www.onera.fr/pss

AIRBUS

anrt
association nationale
recherche technologie



Université
de Toulouse

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

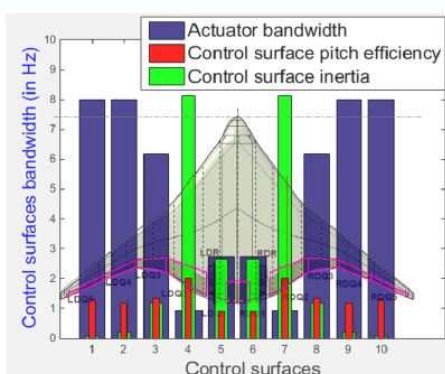
Contact : [Clement.Toussaint @ onera.fr](mailto:Clement.Toussaint@onera.fr)

Résumé

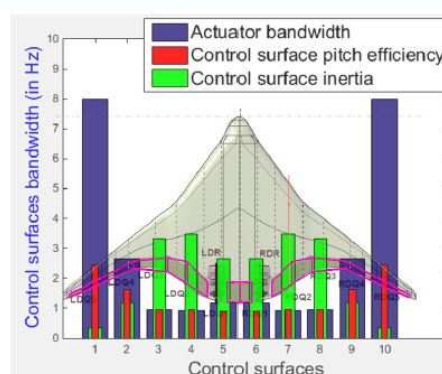
La prochaine génération d'avions civil sera probablement une révolution en terme de configuration d'avion, différant largement de l'architecture désormais classique « fuselage- ailes - moteurs sous voilure ». Bien qu'apportant des gains considérables en terme d'efficacité énergétique, ces configurations impliquent des défis dans le processus de dimensionnement comparé à l'état de l'art actuel.

Du point de vue des qualités de vol, la tendance actuelle est d'évoluer vers des avions de moins en moins stables, à la fois en longitudinal et latéral. Il est dès lors probable que les futurs avions ne seront pas directement contrôlables par un humain sans l'apport de lois de commande stabilisantes. Il devient alors nécessaire de considérer l'apport des systèmes de commandes de vol très tôt dans la conception de l'avion, notamment pour le dimensionnement des empennages, gouvernes et actionneurs, contrairement au processus actuel qui ne prend principalement en compte que des critères "boucle ouverte" d'équilibre en phase de conception préliminaire.

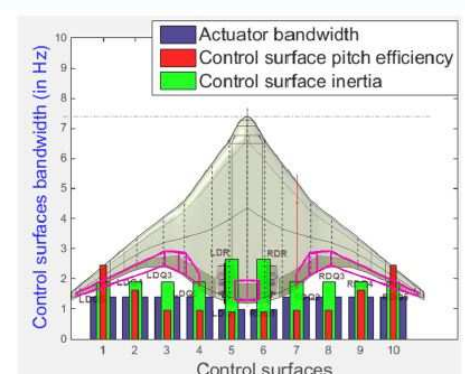
Plutôt qu'un processus itératif de dimensionnement puis synthèse de lois de commande, nous proposons d'optimiser simultanément les tailles de gouvernes, actionneurs et commandes de vol en tenant compte des instabilités longitudinales et latérales, ainsi que des contraintes industrielles sur la structure de correcteurs, sur un cas d'application de type aile volante. Ce processus de « co-design » permet de dimensionner des paramètres physiques de l'avion en tenant compte des apports d'une boucle de retour pour contrer des perturbations externes telles que de la turbulence atmosphérique, permettant un avion plus sûr et optimal.



(a) Initial control surfaces layout.



(b) Iso-surface layout.



(c) Iso-inertia layout.

Dimensionnement préliminaire par « co-design » des surfaces de contrôle, de leur efficacité en tangage et de leur bande passante pour différentes dispositions de gouvernes.

Développer de nouvelles méthodes pour garantir la sûreté des technologies d'intelligence artificielle

Jonathan SPRAUEL

Thèse soutenue le 19 février 2016

Ecole doctorale : ED 309 (EDSYS) - Systèmes - Toulouse

Titre de la thèse

**Conception sûre et optimale de systèmes dynamiques
critiques autoadaptatifs soumis à des événements redoutés
probabilistes**

Encadrement

Département Commande des Systèmes et Dynamique du vol (DCSD)

Encadrants : Florent Teichtel-Koenigsbuch - Airbus Group Innovations
Christian Sannino - Thales Avionics

Directeurs de thèse : Christel Seguin & Gérard Verfaillie - ONERA

Financement

CIFRE Thales Avionics

Défi scientifique

Systèmes intelligents

www.onera.fr/pss



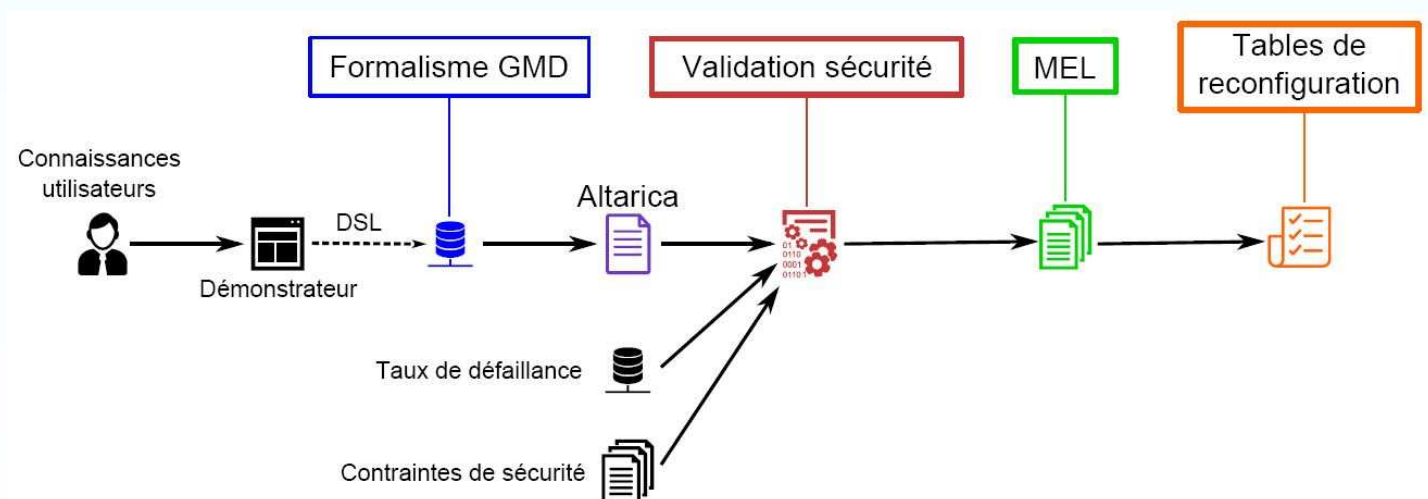
Université
de Toulouse



Contact : [Christel.Seguin @ onera.fr](mailto:Christel.Seguin@onera.fr)

Résumé

Cette étude s'inscrit dans le domaine de l'intelligence artificielle, plus précisément au croisement des deux domaines que sont la planification en environnement incertain et la vérification formelle probabiliste. Dans ce contexte, elle pose la question de la maîtrise de la complexité face à l'intégration de nouvelles technologies dans les systèmes critiques : comment garantir que l'ajout d'une intelligence à un système, pour augmenter son autonomie d'opération, ne se fasse pas au détriment de la sécurité ? Pour répondre à cette problématique, cette étude a pour enjeu de développer un processus outillé, permettant de concevoir des systèmes auto-adaptatifs critiques, ce qui met en œuvre à la fois des méthodes de modélisation formelle des connaissances d'ingénierie, ainsi que des algorithmes de planification sûre et optimale des décisions du système.



Processus outillé construit sur le formalisme GMD.

Améliorer la conception des robots pour les rendre plus sûrs

Nicolas GOBILLOT

Thèse soutenue le 29 avril 2016

Ecole doctorale : ED 309 (EDSYS) - Systèmes - Toulouse

Titre de la thèse

Validation d'architectures temps-réel pour la robotique autonome

Encadrement

Département Commande des Systèmes et Dynamique du vol (DCSD)

Directeurs de thèse : Charles Lesire & David Doose - ONERA

Financement

ONERA

Défi scientifique

Systèmes intelligents

www.onera.fr/pss



Université
de Toulouse



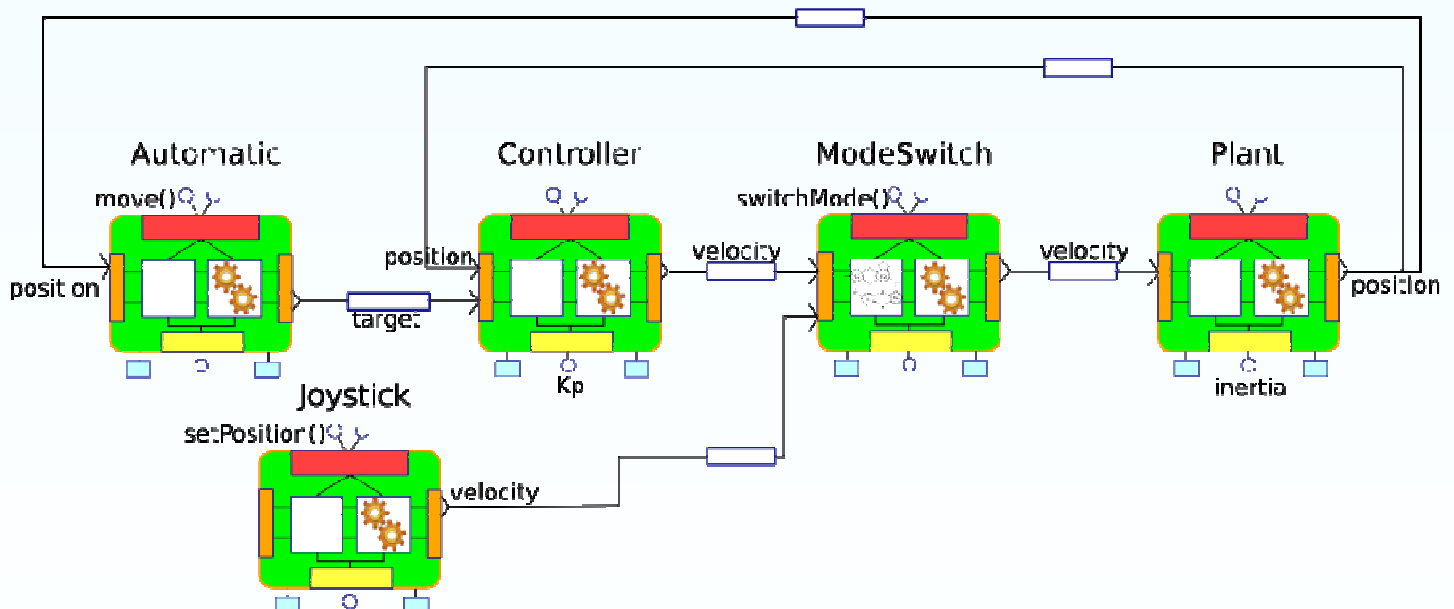
Contact : [Charles.Lesire @ onera.fr](mailto:Charles.Lesire@onera.fr)

Résumé

Un système robotique est un système complexe, à la fois d'un point de vue matériel et logiciel. Afin de simplifier la conception de ces machines, le développement est découpé en modules qui sont ensuite assemblés pour constituer le système complet. Cependant, la facilité de conception de ces systèmes est bien souvent contrebalancée par la complexité de leur mise en sécurité, à la fois d'un point de vue fonctionnel et temporel.

Il existe des ensembles d'outils et de méthodes permettant l'étude d'ordonnabilité d'un système logiciel à base de tâches. Ces outils permettent de vérifier qu'un système de tâches respecte ses contraintes temporelles. Cependant ces méthodes d'analyse considèrent les tâches comme des entités monolithiques, sans prendre en compte la structure interne des tâches, ce qui peut les rendre trop pessimistes et non adaptées à des applications robotiques.

Cette étude consiste à prendre en compte la structure interne des tâches dans des méthodes d'analyse d'ordonnabilité. Cette thèse montre que le découpage de tâches monolithiques permet d'améliorer la précision des analyses d'ordonnancement. De plus, les outils issus de ces travaux ont été expérimentés sur un cas d'application de robotique mobile autonome.



Exemple d'architecture logicielle qui consiste à interagir avec un robot mobile, constitué d'un robot pouvant être contrôlé soit manuellement par un joystick soit de manière autonome via un script d'exécution. Les deux modes de fonctionnement peuvent être sélectionnés pendant l'exécution. L'architecture est constituée de cinq composants : plant qui représente le robot, joystick permettant un contrôle manuel, automatic qui comporte les scripts d'exécution, controller qui ferme la boucle de contrôle de position du robot et enfin mode_switch qui gère le passage entre les modes automatique et manuel.

Améliorer les méthodes de planification des missions des robots pour mieux les faire coopérer entre eux

Patrick BECHON

Thèse soutenue le 26 mai 2016

Ecole doctorale : ED 309 (EDSYS) - Systèmes - Toulouse

Titre de la thèse

Planification multirobot pour des missions de surveillance avec contraintes de communication

Encadrement

Département Commande des Systèmes et Dynamique du vol (DCSD)

Encadrant : Charles Lesire - ONERA

Directeurs de thèse : Simon Lacroix - LAAS

Magali Barbier - ONERA

Financement

Direction Générale de l'Armement (DGA) & ONERA

Défi scientifique

Systèmes intelligents

www.onera.fr/pss

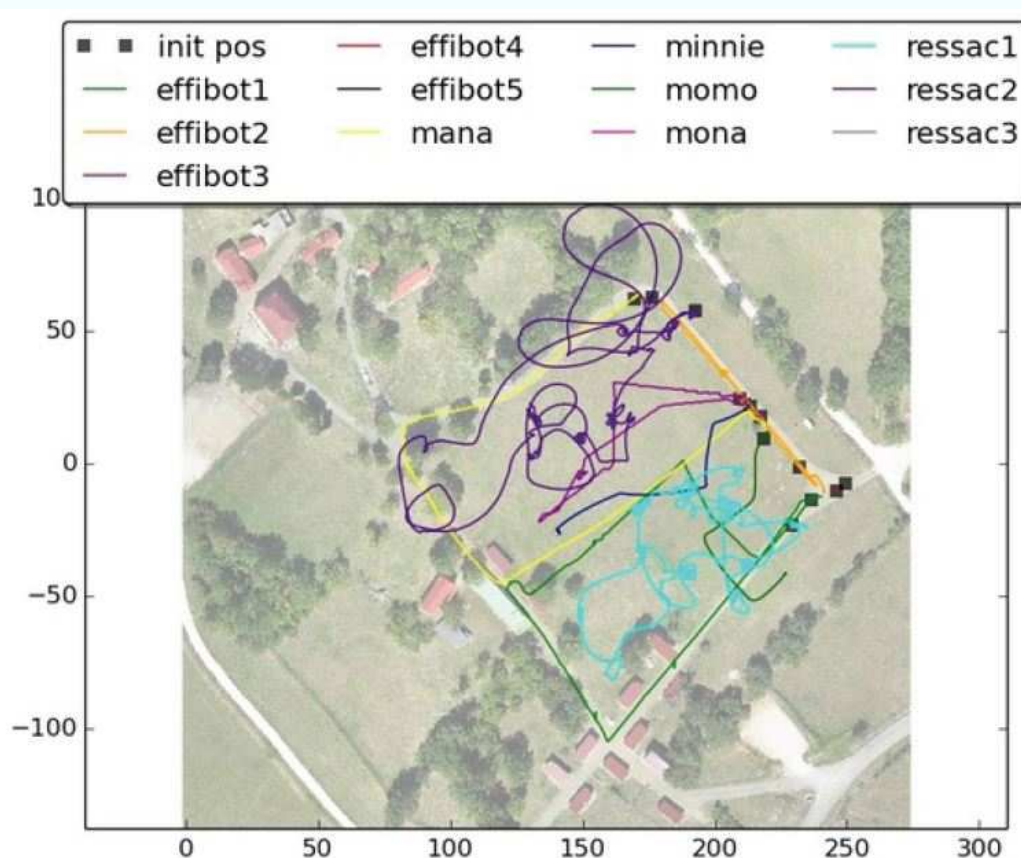


Université
de Toulouse

Contact : [Charles.lesire @ onera.fr](mailto:Charles.lesire@onera.fr)

Résumé

L'objectif de ce travail est de permettre à une équipe de robots autonomes hétérogènes d'effectuer une mission complexe dans un environnement réel et sous contrainte de communication. Cette thèse a donc consisté à créer et à valider une architecture distribuée à bord des robots et intégrant planification, supervision de l'exécution du plan et réparation de ce plan suite à l'occurrence d'aléas. Ce manuscrit présente la conception d'un algorithme de planification hybride, dénommé HiPOP, utilisé pour calculer un plan initial, avant le début de la mission, et pour réparer le plan en cours de mission quand un événement perturbateur survient. Il présente aussi la conception d'un algorithme de supervision, dénommé METAL, utilisé pour suivre l'exécution du plan sur chaque robot et, le cas échéant, faisant appel à HiPOP pour réparer le plan. Ces deux algorithmes ont été implémentés et ont permis de réaliser des missions de surveillance allant jusqu'à impliquer 12 robots, à la fois en simulation et avec de vrais robots.



Trajectoire des différents robots lors de l'exécution d'une mission nominale.

Modéliser les performances des réseaux de communication pour mieux les dimensionner

Alexandra DE CECCO

Thèse soutenue le 28 juin 2016

Ecole doctorale : ED 475 (MITT) - Mathématiques Informatique
Télécommunications - Toulouse

Titre de la thèse

Modélisation fluide de réseaux

Encadrement

Département Traitement de l'Information et Modélisation (DTIM)

Directeurs de thèse : Claudia Negulescu - Université Paul Sabatier
Guillaume Dufour - ONERA

Financement

ONERA

Défi scientifique

Systemes intelligents

www.onera.fr/pss



Université
de Toulouse

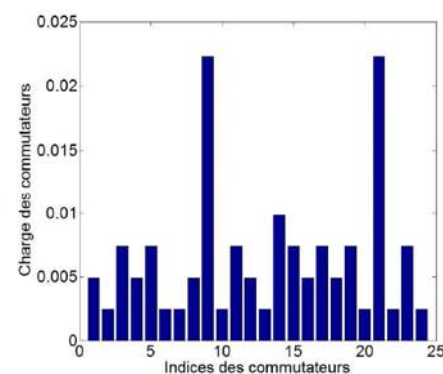
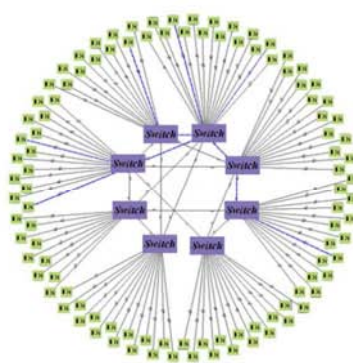


Contact : Guillaume.Dufour @ onera.fr

Résumé

Les travaux de thèse ont consisté à développer des modèles mathématiques pour décrire la dynamique des flux de données dans des réseaux informatiques comprenant un grand volume de données, spécifiquement pour les réseaux de grilles de calcul et les réseaux avioniques de type AFDX. L'objectif est de réduire la complexité des simulations numériques. Si la modélisation des deux types de réseaux étudiés répond à des motivations spécifiques et a nécessité de développer deux modèles fluides distincts, la méthodologie suivie a été la même. Il s'agit, à partir d'une description particulière de la dynamique du réseau, d'identifier les grandeurs caractéristiques du réseau. Leur hiérarchisation par ordre de grandeur permet de définir une limite asymptotique formelle et d'obtenir une description cinétique du réseau. On peut alors en déduire, via la méthode des moments, les modèles macroscopiques correspondants, sous forme de systèmes de lois de conservation. Nous avons travaillé pour chaque réseau avec une limite asymptotique spécifique. Le système fluide résultant a ensuite fait l'objet d'une étude mathématique démontrant le caractère bien posé de notre modèle. Par la suite, nous avons mis en œuvre des méthodes numériques de type volumes finis, qui ont permis de simuler nos modèles macroscopiques et de montrer que chacun a un comportement qualitatif conforme avec le réseau qu'il décrit. Une étude d'un réseau AFDX illustre comment ce type de méthode peut permettre d'identifier les points faibles (i.e. de congestion) du réseau.

Afin de prendre en compte une palette plus large de comportements du réseau, nous avons cherché à prendre en compte le cas où certains paramètres de notre modélisation deviennent très petits, comme par exemple le temps de latence dans des réseaux hétérogènes. Dans ces circonstances, la condition CFL de stabilité liée aux schémas numériques classiques devient critique. Cela correspond en fait à une limite asymptotique singulière, pour laquelle les schémas classiques appliqués à nos modèles fluides ne sont plus efficaces. A partir de ce constat, nous nous sommes intéressés aux schémas dits "asymptotic preserving" (AP), dans l'objectif d'obtenir un schéma numérique qui nous permette de simuler ce type de comportement limite du réseau. Les schémas AP permettent de discrétiser un problème qui présente une singularité à la limite. Nous avons illustré cette technique AP dans un autre domaine de la physique qui fait couramment intervenir ce type de schéma : les plasmas de fusion.



Calcul de la charge d'un réseau informatique avionique de type AFDX (A380)

Développer un nouveau langage informatique pour améliorer la fiabilité des logiciels embarqués

Vincent LECRUBIER

Thèse soutenue le 28 juin 2016

Ecole doctorale : ED 475 (MITT) - Mathématiques Informatique
Télécommunications - Toulouse

Titre de la thèse

**Un langage formel pour la conception, la spécification et la
vérification d'interfaces homme-machine embarquées
critiques**

Encadrement

Département Traitement de l'Information et Modélisation (DTIM)

Directeurs de thèse : Yamine Aït-Ameur - INPT
Bruno d'Ausbourg - ONERA

Financement

ONERA

Défi scientifique

Systèmes intelligents

www.onera.fr/pss



Université
de Toulouse



Contact : Bruno.d.Ausbourg @ onera.fr

Résumé

La spécification, la programmation et la vérification de systèmes critiques ont fait l'objet d'importants efforts de recherche. Le domaine des systèmes interactifs, et plus particulièrement celui des applications logicielles interactives critiques, n'a pas du tout bénéficié des mêmes efforts. Or, paradoxalement, l'accidentologie aéronautique fait clairement apparaître que le bon fonctionnement de ces applications est mis en cause de manière récurrente dans l'ensemble des accidents ou incidents recensés. La thèse analyse d'abord les causes de ce paradoxe et de cet état de fait. Cette analyse conduit à formuler et détailler un ensemble d'exigences pour une nouvelle approche de spécification et conception de ces applications.

La thèse propose ensuite, en s'inscrivant dans la recherche de réponses satisfaisantes à ces exigences, les bases d'un langage permettant de décrire la composition et le comportement attendu de ces applications. Pour ce faire, un modèle d'architecture de systèmes interactifs est avancé. Il se fonde sur des composants de base, les interacteurs, et décrit, les concernant, les notions d'abstraction et de composition de systèmes. Le langage LIDL (LIDL Interaction Description Language), proposition centrale de la thèse, permet de décrire formellement les interacteurs de ce modèle. Leur composante statique est décrite sous la forme d'interfaces. Leurs composantes dynamiques sont décrites sous la forme d'interactions. Une description LIDL se construit sur un ensemble réduit d'interactions de base ainsi que sur quelques constructeurs du langage permettant de les composer. LIDL est un langage à flot de données synchrones qui décrivent les interactions. Les flots intègrent une donnée d'activation, qui dénote la présence ou l'absence de valeur du flot. La compilation de descriptions LIDL permet de produire des machines d'états se prêtant bien aux techniques de vérification formelle. L'adéquation de l'approche et du langage proposés avec les exigences identifiées au départ est finalement examinée à travers leur mise en œuvre sur un cas d'étude.



Cockpit A350 (image Airbus)

Développer de nouvelles capacités de pilotage automatique pour les avions du futur

distinctions

Meilleure présentation
et meilleur poster
Airbus PhD Days Toulouse
(2015)

Meilleure présentation
JDD Ecole Doctorale STIM
Angers (2015)

Victor GIBERT

Thèse soutenue le 13 juillet 2016

Ecole doctorale : ED 503 (STIM) - Sciences et Technologies de
l'Information, Mathématiques - Nantes

Titre de la thèse

**Analyse d'observabilité et synthèse d'observateurs robustes
pour l'atterrissage basé vision d'avions de ligne sur des
pistes inconnues**

Encadrement

Département Commande des Systèmes et Dynamique du vol (DCSD)

Encadrants : Laurent Burlion - ONERA

Abdelhamid Chriette - IRCCyN

Directeur de thèse : Franck Plestan - IRCCyN

Financement

CIFRE Airbus

Défi scientifique

Systèmes intelligents

www.onera.fr/pss

AIRBUS

anrt
association nationale
recherche technologie



Centrale
Nantes

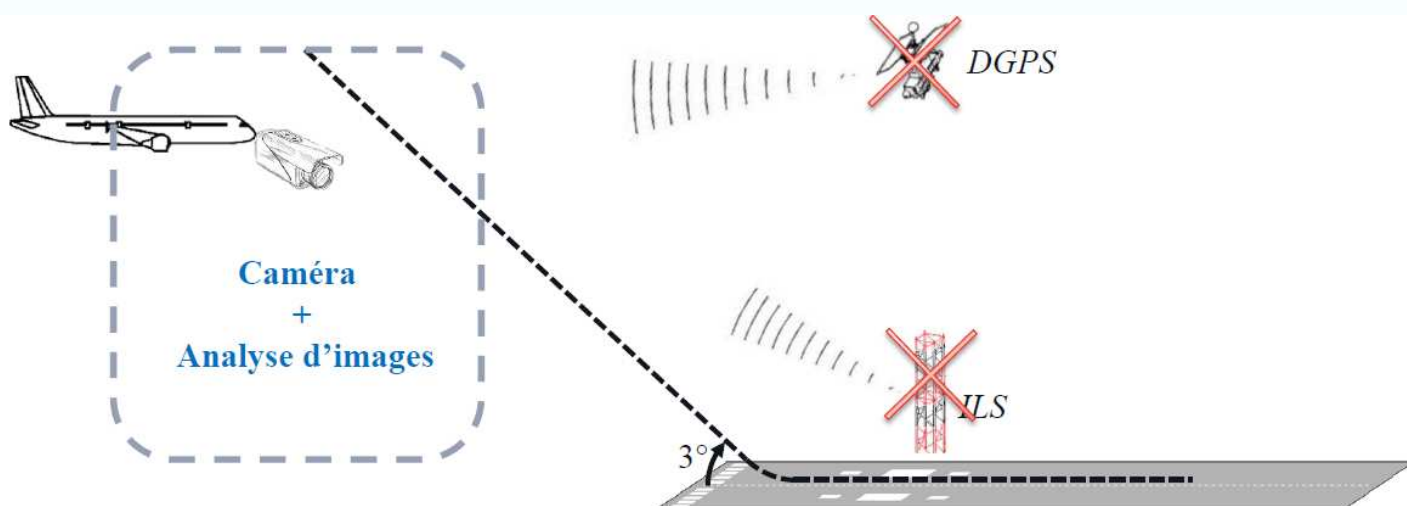
ONERA

THE FRENCH AEROSPACE LAB

Contact : [Laurent.Burlion @ onera.fr](mailto:Laurent.Burlion@onera.fr)

Résumé

Dans le cadre de la génération des avions de transport du futur, les constructeurs souhaitent développer une capacité d'atterrissage automatique permanente et ce, sur tout type de piste (voire sur des pistes inconnues). Dans ce but, la commande basée sur des capteurs visuels, appelée asservissement visuel, est envisagée afin de s'affranchir du besoin d'informations issues de systèmes extérieurs (ILS, GNSS). La vision, en fournissant une vue du monde extérieur, permet d'estimer la position relative de l'avion par rapport à la piste. La particularité de cette étude repose sur la méconnaissance des caractéristiques de la piste, ce qui réduit les possibilités d'utilisation de la vision. Des solutions d'estimation de position relative, basée sur des informations visuelles génériques à toute piste (points et droites de bord de piste), sont proposées. Le principe d'estimation repose sur l'utilisation de la dynamique des informations visuelles par rapport à la dynamique connue de l'avion grâce aux centrales inertielles. La validation de cette nouvelle approche est réalisée sur un simulateur complet incluant la chaîne de traitement d'image, utilisant des images synthétiques.



Atterrir sur des pistes non équipées grâce à une caméra

Développer de nouvelles lois de pilotage de lanceurs spatiaux pour améliorer leur fiabilité

Emmanuel CHAMBON

Thèse soutenue le 29 novembre 2016

Ecole doctorale : ED 309 (EDSYS) - Systèmes - Toulouse

Titre de la thèse

Commande de systèmes linéaires sous contraintes fréquentielles et temporelles. Application au lanceur flexible

Encadrement

Département Commande des Systèmes et Dynamique du vol (DCSD)

Directeurs de thèse : Pierre Apkarian & Laurent Burlion - ONERA

Financement

ONERA

Défi scientifique

Systèmes intelligents

www.onera.fr/pss



Université
de Toulouse



Contact : Pierre.Apkarian @ onera.fr

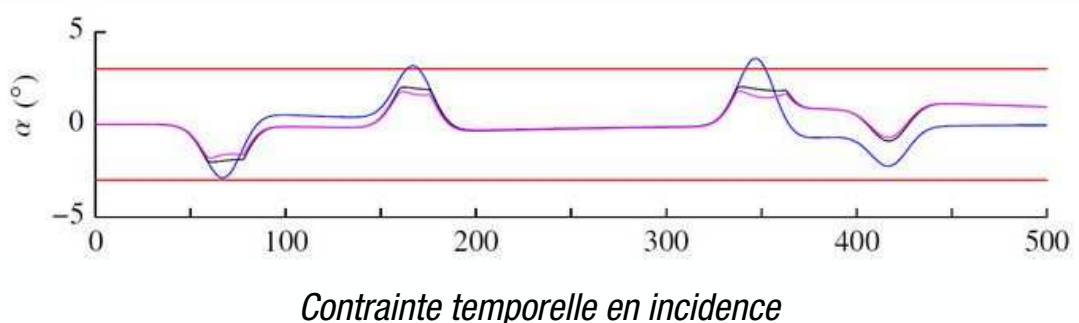
Commande de systèmes linéaires sous contraintes fréquentielles et temporelles. Application au lanceur flexible

Résumé

Dans la plupart des problèmes de synthèse actuels, la loi de commande obtenue doit répondre simultanément à des critères fréquentiels et temporels en vue de satisfaire un cahier des charges précis. Les derniers développements des techniques de synthèse H-infini de contrôleurs structurés permettent d'obtenir des lois de commande satisfaisant des critères fréquentiels multiples appliqués à plusieurs modèles de synthèse. En revanche, la synthèse de loi de commande satisfaisant une contrainte temporelle sur une sortie ou un état du système considéré est plus complexe car la formulation d'un équivalent fréquentiel est illusoire dans la plupart des cas.

Dans ce travail de thèse, la technique additionnelle OIST est considérée pour ce type de contraintes. Elle consiste à saturer la sortie du contrôleur dès que la contrainte n'est plus vérifiée afin de restreindre l'ensemble des sorties admissibles. Des résultats satisfaisants sont obtenus dans le cas des systèmes à minimum de phase. Initialement formulée pour les systèmes linéaires connus dont l'état est mesuré, la technique OIST peut être généralisée pour permettre de considérer des systèmes incertains dont seulement une partie de l'état est connue. C'est l'extension OISTeR qui est proposée dans ce travail. Elle utilise les données d'un observateur par intervalles pour borner de manière garantie le vecteur d'état. La théorie des observateurs par intervalles a récemment fait l'objet de nombreux travaux. La méthode la plus rapide pour obtenir un observateur par intervalles d'un système donné est de considérer un système intermédiaire coopératif dans de nouvelles coordonnées. Le passage dans ces nouvelles coordonnées s'effectue au moyen d'une matrice de transformation. Les méthodes de détermination actuelles de cette transformation sont faciles à mettre en œuvre mais sont assez peu polyvalentes notamment dans le cas de systèmes de grande dimension ou quand des contraintes de précision sont spécifiées sur l'observateur par intervalles. Une nouvelle technique de détermination de la transformation, intitulée SCorpio est proposée dans ce mémoire. Elle repose sur la reformulation du problème mathématique sous-jacent en problème de synthèse de loi de commande structurée.

L'ensemble des techniques présentées est appliqué au contrôle d'un lanceur flexible durant son vol atmosphérique, en présence de rafales de vent. La difficulté de ce problème repose sur le critère temporel spécifié sur l'angle d'incidence qui doit rester borné afin de minimiser la charge aérodynamique sur les structures. Dans ce mémoire, des solutions sont proposées et illustrées sur un modèle simplifié du lanceur. Des pistes pour la prise en compte de modèles plus complexes sont données.



Identifier les informations à fournir à un opérateur pour améliorer la supervision de systèmes automatisés

Kevin LE GOFF

Thèse soutenue le 13 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 062 - Sciences de la Vie et de la Santé - Aix-Marseille

Titre de la thèse

Agentivité dans les systèmes fortement automatisés

Encadrement

Département Commandes des Systèmes et Dynamique du vol (DCSD)

Encadrant : Bruno Berberian - ONERA

Directeur de thèse : Arnaud Rey - CNRS Marseille

Financement

Direction Générale de l'Armement (DGA) & ONERA

Défi scientifique

Systèmes intelligents

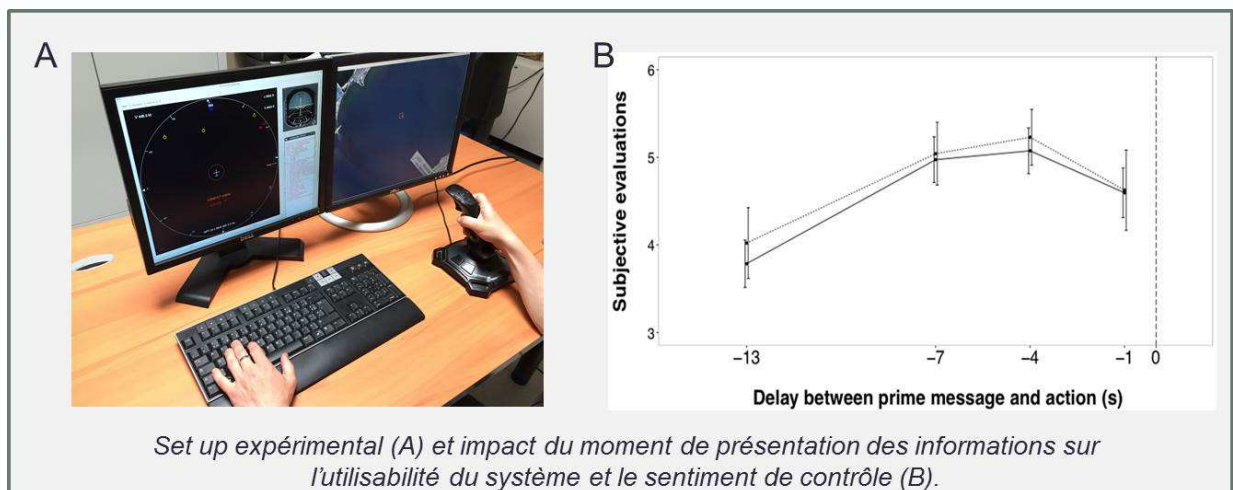
www.onera.fr/pss



Contact : Bruno.Berberian @ onera.fr

Résumé

Le développement des systèmes automatisés a permis d'améliorer de nombreux aspects de notre vie quotidienne. Toutefois, les bénéfices engendrés par l'utilisation croissante de l'automatisation masquent un problème fondamental. En effet, en cas de pannes ou de situations imprévues, les opérateurs présentent souvent des difficultés dans la reprise en main de tels systèmes. Ce phénomène de « sortie de boucle de contrôle » se produit lorsque l'opérateur est incapable de comprendre les intentions du système et de prédire ses actions futures, entraînant ainsi une perte de contrôle. Le but de cette thèse était d'étudier comment le cadre théorique de l'agentivité pouvait nous aider à identifier et évaluer les informations requises pour rendre la supervision de systèmes fortement automatisés plus efficace, pour restaurer un sentiment de contrôle approprié et pour augmenter l'acceptabilité du système par les opérateurs. Pour y parvenir, nous avons réalisé quatre expériences lors desquelles les participants devaient superviser le vol d'un avion sous pilote automatique. Dans un premier temps, nous avons montré que fournir des informations sur les intentions du système augmentait le sentiment de contrôle des participants. Cependant, ce gain d'information ne nous a pas permis d'observer le phénomène de liage intentionnel (Intentional Binding), fréquemment utilisé comme marqueur implicite de l'agentivité (Expérience 1). Nous avons également trouvé que cette information entraînait de meilleures performances pour détecter des décisions non-optimales du système (Expériences 2, 3 et 4), conduisait à un changement dans la façon dont les participants allouaient leurs ressources attentionnelles (Expériences 2 et 3) et aussi augmentait le niveau d'acceptabilité du système (Expériences 3 et 4). Nous avons également montré dans la dernière expérience que le délai entre l'apparition de l'information sur les intentions du système et l'implémentation de son action impactait différemment la performance et les sentiments de contrôle et d'acceptabilité des opérateurs. Pour finir, nous discutons des implications de nos résultats dans le champ des interactions homme-machine. Nous avançons l'idée que le cadre théorique de l'agentivité peut être utile pour élaborer des recommandations concrètes pour la conception de systèmes fortement automatisés permettant à l'opérateur de rester dans la « boucle de contrôle ».



Etudier les illusions d'optique pour mieux comprendre les mécanismes de la perception visuelle

Hester KNOL

Thèse soutenue le 14 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 463 - Sciences du Mouvement Humain - Aix-Marseille

Titre de la thèse

**Viser les illusions : la perception de la taille et son effet sur le
contrôle moteur**

Encadrement

Département Commande des Systèmes et Dynamique du vol (DCSD)

Encadrants : Jean-Christophe Sarrazin - ONERA

Raoul Huys - Université de Toulouse

Directeur de thèse : Viktor Jirsa - Université d'Aix-Marseille

Financement

Région Provence-Alpes-Côte d'Azur & ONERA

Défi scientifique

Systèmes intelligents



Région
Provence
Alpes
Côte d'Azur



www.onera.fr/pss



Contact : Jean-Christophe.Sarrazin @ onera.fr

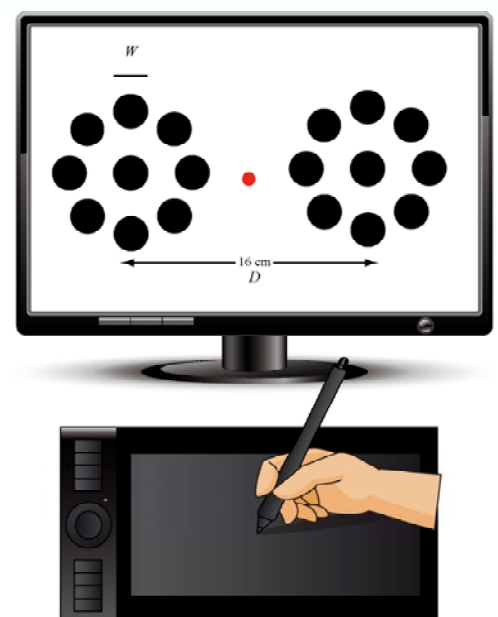
Viser les illusions : la perception de la taille et son effet sur le contrôle moteur

Résumé

L'hypothèse des deux voies visuelles attribue des rôles fonctionnels spécifiques aux réseaux cérébraux ventral et dorsal du système visuel. Ce modèle émet l'hypothèse selon laquelle la voie ventrale sous-tend le traitement de l'information pour la perception consciente (vision-for-perception), alors que la voie dorsale est impliquée dans le traitement de l'information pour l'action (vision-for-action). Cette thèse vise à éclaircir une partie du mystère de la façon dont la perception et l'action s'articulent. La figure d'Ebbinghaus se compose d'un objet incorporé dans un contexte spécifique (par exemple, un cercle central entouré par des cercles plus petits ou plus grands). Dans cette situation, la taille de l'objet perçue diffère généralement de sa taille physique, un phénomène bien connu sous le nom d'illusion Ebbinghaus. Actuellement, il n'existe pas de règle qui permet de contrôler la perception de la taille de l'objet cible (apparaissant comme plus grand ou plus petit) dans l'illusion d'Ebbinghaus et à partir de laquelle on puisse prédire son amplitude. Dans une première étude, nous avons ainsi cherché à quantifier la figure d'Ebbinghaus à partir de ses propriétés géométriques et évalué de façon systématique les effets sur la taille perçue. Après quantification des configurations Ebbinghaus, une démarche de caractérisation des mouvements visuomoteurs a été implémentée sous la forme d'une tâche visuomotrice dans laquelle les mouvements volontaires étaient étudiés sous des contraintes de précision et de vitesse. Pour des mouvements d'atteinte discrets et continus, le comportement était décrit quantitativement et qualitativement en termes de cinématiques et dynamiques sous-jacentes. La caractérisation des mouvements visuo-moteurs et la quantification de la perception des configurations Ebbinghaus ont conduit à concevoir une tâche visuomotrice dont les cibles à atteindre étaient implémentées sous la forme de figures d'Ebbinghaus. Les résultats de cette étude révèlent que les figures d'Ebbinghaus influencent le mouvement. Mais les facteurs géométriques manipulés pour affecter la perception n'influencent cependant pas tous le mouvement.

Grâce à son approche systématique et à ses développements méthodologiques, les travaux de cette thèse pourront servir de référence pour de nouvelles études sur les mécanismes de perception et d'action. Cette thèse a également démontré que les voies ventrale et dorsale ne sont pas strictement distinctes fonctionnellement, et que différentes variables informationnelles sont potentiellement utilisées pour 'la vision pour la perception' et 'la vision pour l'action' indépendamment du fait que certaines variables causent des illusions (perceptuelles).

Expérimentation permettant de caractériser l'influence de la dimension des cibles et de la distance entre cibles sur une tâche visuomotrice



Développer de nouvelles méthodes pour améliorer la détection automatique d'objets dans les images

distinction

2ème place dans la
compétition
Data Fusion Contest
conférence IGARSS
(2015)

Hicham RANDRIANARIVO

Thèse soutenue le 15 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 130 (EDITE) - Informatique, télécommunications et
électronique - Paris

Titre de la thèse

**Apprentissage statistique de classes sémantiques pour
l'interprétation d'images aériennes et satellitaires**

Encadrement

Département traitement de l'Information et Modélisation (DTIM)

Encadrants : Bertrand Le Saux - ONERA

Marin Ferecatu - CNAM Paris

Directeur de thèse : Michel Crucianu - CNAM Paris

Financement

ONERA

Défi scientifique

Systèmes intelligents

www.onera.fr/pss

le cnam

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

Contact : Bertrand.Le_Saux@onera.fr

Résumé

Cette thèse s'intéresse à la problématique de la détection d'objets dans des images panchromatiques très haute résolution. Dans un premier temps nous étudierons des méthodes pour l'apprentissage de détecteurs d'objets appris à partir des informations pouvant être extraite des pixels de l'image. Nous présenterons une méthode de détection d'objets dans des images basée sur le concept de sous-catégories d'une classe sémantique d'objets et l'utilisation d'une procédure de recherche d'exemples négatifs difficiles. Dans une seconde partie nous étudierons la modélisation d'informations contextuelles entre des objets pour l'amélioration de la précision des détecteurs d'objets. Nous présenterons un modèle des relations entre objets ainsi qu'une méthode pour apprendre les paramètres de ce modèle. Nous montrerons enfin comment utiliser ce modèle pour améliorer la précision des détecteurs appris à partir des seules informations d'apparence.



détection de véhicules en imagerie aérienne

Améliorer la fiabilité des moteurs fusée par le développement de nouveaux diagnostics

Alessandra IANNETTI

Thèse soutenue le 30 septembre 2016

Ecole doctorale : ED 422 (STITS) - Sciences et Technologies de l'Information, des Télécommunications et des Systèmes - Paris-Saclay

Titre de la thèse

Méthodes de diagnostic pour les moteurs de fusée à ergols liquides

Encadrement

Département Conception et évaluation des Performances des Systèmes (DCPS)

Encadrant : Julien Marzat - ONERA

Directeur de thèse : Hélène Piet-Lahanier- ONERA

Financement

Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)



Défi scientifique

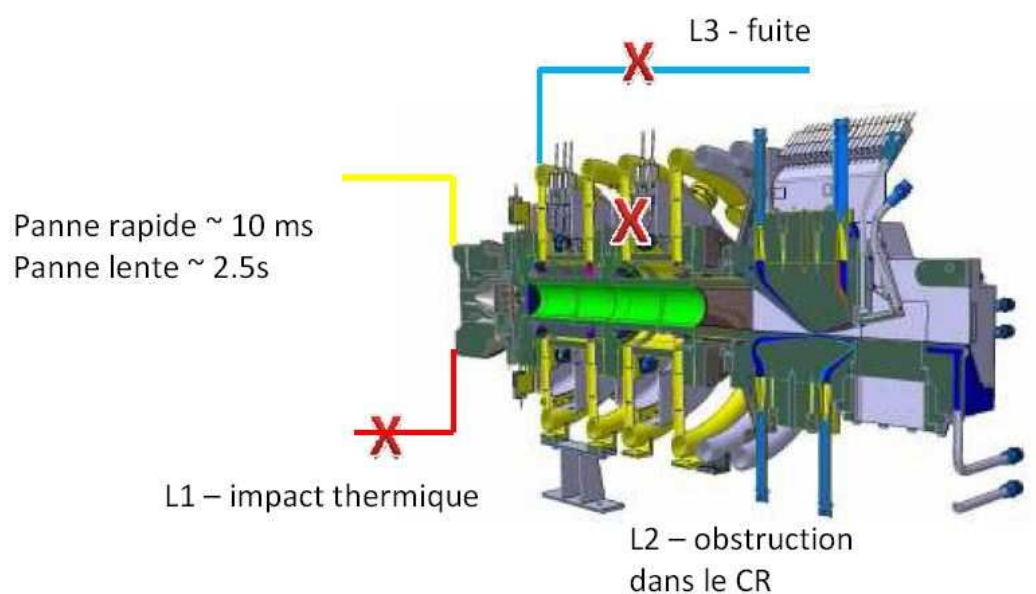
La propulsion dans toute sa complexité

www.onera.fr/pss

Contact : [helene.piet-lahanier @ onera.fr](mailto:helene.piet-lahanier@onera.fr)

Résumé

Cette thèse a pour objectif de démontrer l'intérêt des outils de diagnostic "intelligents" pour application sur les moteurs de fusée. En Europe beaucoup d'efforts ont été faits pour développer quelques techniques innovantes comme les réseaux neuronaux, les méthodes de suivi de raie vibratoire, ou l'identification paramétrique mais peu de résultats sont disponibles quant à la comparaison des performances de différents algorithmes. Un deuxième objectif de la thèse a été celui d'améliorer le système de diagnostic du banc d'essai Mascotte (ONERA/CNES). Il s'agit d'un banc de démonstration pour les moteurs de fusée de type cryogénique représentatif des conditions d'utilisation d'un vrai moteur. Les étapes de la thèse ont été en premier lieu de choisir et d'évaluer des méthodes de diagnostic à base de modèles, en particulier l'identification paramétrique et le filtre de Kalman, et de les appliquer pour le diagnostic d'un système critique du banc Mascotte: le circuit de refroidissement. Après une première validation des nouveaux algorithmes sur des données d'essais disponibles, un benchmark fonctionnel a été mis en place pour pouvoir comparer les performances des algorithmes sur différents types de cas de panne simulés. La dernière étape consiste à intégrer les algorithmes sur les ordinateurs du banc de contrôle de Mascotte pour pouvoir effectuer une évaluation applicative des performances et de leur intégrabilité à l'environnement informatique déjà en place. Un exemple simple de boucle de régulation intégrant l'information du diagnostic est aussi étudié pour analyser l'importance de telles méthodes dans le contexte plus large d'une régulation « intelligente » du banc.



Exemples de pannes détectées sur le banc Mascotte

- L1: impact thermique
- L2 : impact sur tous les paramètres fonctionnels, faible intensité
- L3: impact sur tous les paramètres fonctionnels, forte intensité

Repousser les limites des calculs de propagation des ondes

Marc BAKRY

Thèse soutenue le 03 octobre 2016

Ecole doctorale : ED 574 (EDMH) - Ecole Doctorale de Mathématique
Hadamard - Paris-Saclay

Titre de la thèse

**Fiabilité et optimisation des calculs obtenus par des
formulations intégrales en propagation d'onde - Applications
à l'acoustique et l'électromagnétisme**

Encadrement

Département traitement de l'Information et modélisation (DTIM)

Encadrants : Sébastien Pernet - ONERA

Stéphanie Chaillat - CNRS POEMS

Directeur de thèse : Patrick Ciarlet - ENSTA ParisTech

Financement

Direction Générale de l'Armement (DGA) & ONERA

Défi scientifique

Electromagnétisme et
radar

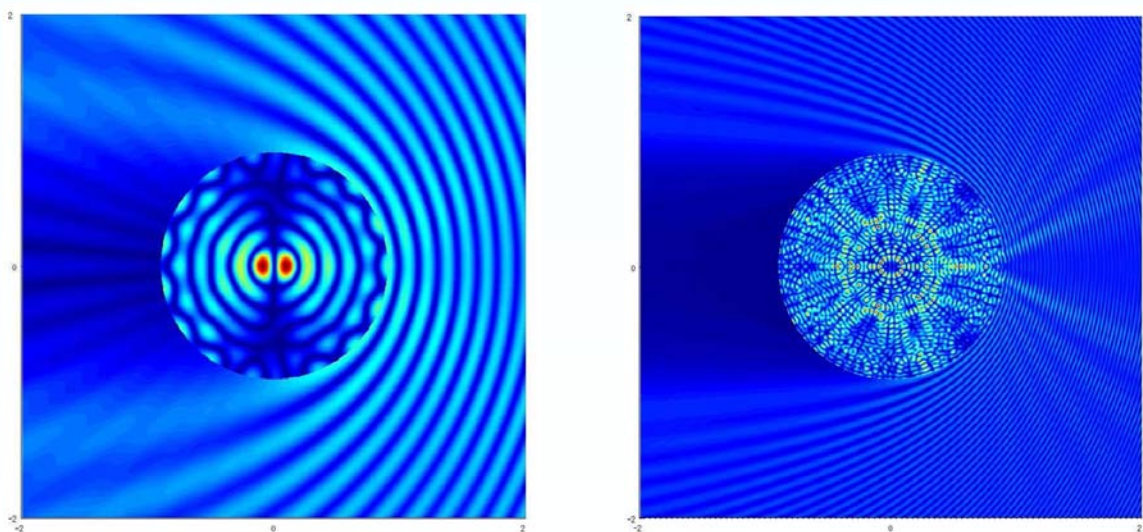
www.onera.fr/pss



Contact : [Sebastien.Pernet @ onera.fr](mailto:Sebastien.Pernet@onera.fr)

Résumé

Dans cette thèse, on se propose de participer à la popularisation des méthodes de résolution de problèmes de propagation d'onde basées sur des formulations intégrales en fournissant des indicateurs d'erreur a posteriori utilisables dans le cadre d'algorithmes de raffinement autoadaptatif. Le développement de tels indicateurs est complexe du fait de la nonlocalité des normes associées aux espaces de Sobolev et des opérateurs entrant en jeu. Des indicateurs de la littérature sont étendus au cas de la propagation d'une onde acoustique. On étend les preuves de convergence quasioptimale (de la littérature) des algorithmes autoadaptatifs associés dans ce cas. On propose alors une nouvelle approche par rapport à la littérature qui consiste à utiliser une technique de localisation des normes, non pas basée sur des inégalités inverses, mais sur l'utilisation d'un opérateur Λ de localisation bien choisi. On peut alors construire des indicateurs d'erreur a posteriori fiables, efficaces, locaux et asymptotiquement exacts par rapport à la norme de Galerkin de l'erreur. On donne ensuite une méthode pour la construction de tels indicateurs. Les applications numériques sur des géométries 2D et 3D confirment l'exactitude asymptotique ainsi que l'optimalité du guidage de l'algorithme autoadaptatif. On étend ensuite ces indicateurs au cas de la propagation d'une onde électromagnétique. Plus précisément, on s'intéresse au cas de l'EFIE. On propose des généralisations des indicateurs de la littérature. On effectue la preuve de convergence quasi-optimale dans le cas d'un indicateur basé sur une localisation de la norme du résidu. On utilise le principe du Λ pour obtenir le premier indicateur d'erreur fiable, efficace et local pour cette équation. On en propose une seconde forme qui est également, théoriquement asymptotiquement exacte.



Calcul précis du potentiel acoustique dans un résonateur par une méthode auto-adaptative pour une moyenne et une haute fréquence.

Développer des nouveaux traitements d'images radar pour cartographier les villes en 3D

distinctions

Seconde Place au
Challenge Copernicus
Masters (2014)

Best Student Paper
Award
USAR (2016)

Flora WEISSGERBER

Thèse soutenue le 29 novembre 2016

Ecole doctorale : ED 130 (EDITE) - Informatique, télécommunications et
électronique - Paris

Titre de la thèse

Traitement cohérents d'images RSO multi-modes multi-
résolutions pour la caractérisation du milieu urbain

Encadrement

Département Electromagnétisme et radar (DEMR)

Encadrant : Nicolas Trouvé - ONERA

Directeurs de thèse : Jean-Marie Nicolas - Télécom ParisTech
Elise Colin-Koeniguer - ONERA

Financement

Direction générale de l'Armement (DGA) & Telecom ParisTech & ONERA

Défi scientifique

Perception artificielle
multimodale

www.onera.fr/pss



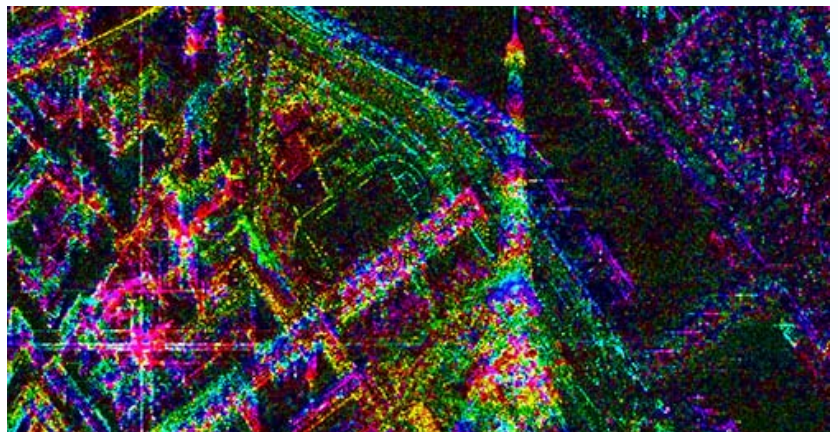
Contact : [Elise.Koeniguer @ onera.fr](mailto:Elise.Koeniguer@onera.fr)

Résumé

Nous nous sommes intéressés à l'étude du milieu urbain par l'imagerie Radar à Synthèse d'Ouverture (RSO), rendue possible par l'amélioration des résolutions des images. Différents modes d'acquisition d'images RSO multivariées sont possibles, comme la polarimétrie qui apporte des informations sur la nature et la géométrie des objets présents sur la scène et l'interférométrie qui permet d'en mesurer la hauteur ou le déplacement entre différentes acquisitions. Cependant, tous ces modes n'ont pas la même résolution. L'objectif de ce travail a été de combiner des images polarimétriques et des images mono-canaux de résolution plus fine pour former des images de résolution fine conservant les propriétés polarimétriques et interférométriques des images originales.

Nous avons commencé par étudier l'estimation des matrices de covariance des images qui permettent l'extraction de paramètres tels que la phase, qui peuvent être reliés à des informations physiques. Nous avons tout d'abord montré que la variance n'est pas un indicateur statistique adapté pour décrire les fluctuations de la phase estimée. Nous avons alors proposé un indicateur basé sur la théorie des statistiques directionnelles qui permet de séparer deux populations de pixels dont les fluctuations de la phase sont différentes ou de comparer des phases mesurées à des phases simulées, quel que soit l'intervalle de définition de la phase. Nous avons modélisé les diffuseurs présents en milieu urbain en une combinaison de diffuseurs ayant un comportement aléatoire et de diffuseurs déterministes, ponctuels et très énergétiques appelés points-brillants. Les algorithmes de raffinement de la résolution des images polarimétriques que nous avons développés sont fondés sur les propriétés spectrales de ces points-brillants. La méthode spectrale choisie permet d'assurer la focalisation des points-brillants et donc le raffinement de la résolution tout en préservant leurs informations polarimétriques et interférométriques. Enfin, nous nous sommes intéressés à la mesure de la hauteur et de la déformation de la Tour Eiffel et de trois autres tours situées sur le Front de Seine, en utilisant une pile temporelle de 98 images TerraSAR-X acquises entre 2008 et 2012.

En mesurant une hauteur monoscopique, nous avons pu mesurer des déformations allant jusqu'à quatre centimètres pour la Tour Eiffel. Ces déformations ne présentent pas de tendance saisonnière contrairement aux déformations mesurées sur la Tour Mirabeau, qui sont minimales en hiver et maximale en été.



*Image réalisée à partir d'acquisitions satellite ; la couleur contient des informations sur la hauteur.
Interferogramme produit à l'aide d'images © TerraSAR-X, en provenance du DLR.*

Développer de nouvelles méthodes pour améliorer la vision par ordinateur

Isabelle LEANG

Thèse soutenue le 15 décembre 2016

Ecole doctorale : ED 158 (ED3C) - Cerveau-Cognition-Comportement - Paris

Titre de la thèse

Fusion en ligne d'algorithmes de suivi visuel d'objet

Encadrement

Département Traitement de l'Information et Modélisation (DTIM)

Encadrants : Stéphane Herbin - ONERA

Benoît Girard - ISIR

Directeur de thèse : Jacques Droulez - ISIR

Financement

ONERA

Défi scientifique

Perception artificielle
multimodale

www.onera.fr/pss

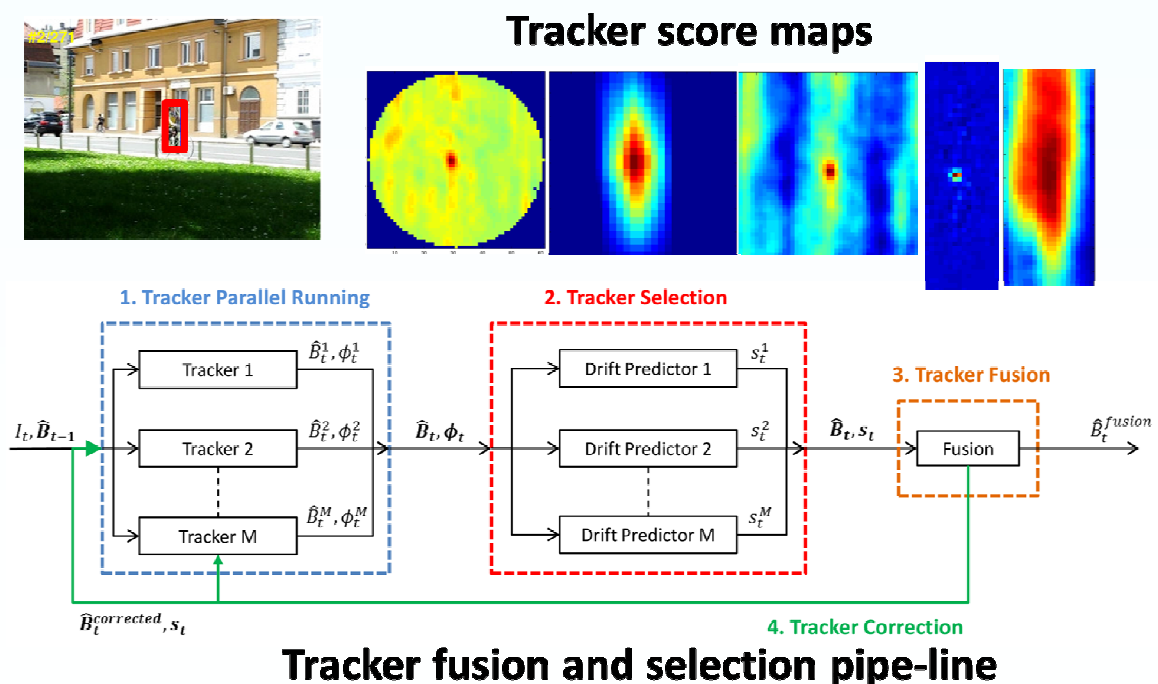


Contact : [Stephane.Herbin @ onera.fr](mailto:Stephane.Herbin@onera.fr)

Résumé

Le suivi visuel d'objet, ou « tracking » en anglais, est une fonction élémentaire de la vision par ordinateur ayant fait l'objet de nombreux travaux. La dérive au cours du temps est l'un des phénomènes les plus critiques à maîtriser, car elle aboutit à la perte définitive de la cible suivie. Malgré les nombreuses approches proposées dans la littérature pour contrer ce phénomène, aucune ne surpasse une autre en terme de robustesse face aux diverses sources de perturbations visuelles : variation d'illumination, occultation, mouvement brusque de caméra, changement d'aspect.

L'objectif de la thèse a été d'exploiter la complémentarité d'un ensemble d'algorithmes de suivi (« trackers ») en développant des stratégies de fusion en ligne capables de les combiner génériquement. La chaîne de fusion proposée a consisté à sélectionner les trackers à partir d'indicateurs de bon fonctionnement, à combiner leurs sorties et à les corriger. La prédiction en ligne de dérive a été étudiée comme un élément clé du mécanisme de sélection. Plusieurs méthodes sont proposées pour chacune des étapes de la chaîne, donnant lieu à 46 configurations de fusion possibles. Évaluées sur 3 bases de données, l'étude a mis en évidence plusieurs résultats principaux : une sélection performante améliore considérablement la robustesse de suivi ; la correction améliore la robustesse mais est sensible à une mauvaise sélection, une mise à jour est alors préférable à une réinitialisation ; il est plus avantageux de combiner un petit nombre de trackers complémentaires et de performances homogènes qu'un grand nombre ; la robustesse de fusion d'un petit nombre de trackers est corrélée à la mesure d'incomplétude, ce qui permet de définir une démarche de sélection de la combinaison de trackers adaptée à un contexte applicatif donné.



Habilitations à Diriger des Recherches soutenues en 2016

GODARD Antoine - Sources paramétriques optiques et applications	168
RIBET Isabelle - Orientation de filières émergentes en détection infrarouge	170
BOURDON Pierre - Technologies laser pour applications militaires	172
GAROCHE Pierre-Loïc - Convex Optimization-based Static Analysis for Control System	174
REDONNET Stéphane - Development of a Hybrid Methodology for the Numerical Simulation in Aeroacoustics, with Application to the Mitigation of Aircraft Noise	176

Antoine GODARD

HDR soutenue le 01 février 2016

Université Paris-Sud

Spécialité : Physique

Sources paramétriques optiques et applications

Composition du jury

François BALEMBOIS

Benoît BOULANGER

Fabien BRETENAKER

Weidong CHEN

François HACHE

Michel LEFEBVRE

Giuseppe LEO

Professeur des Universités, Laboratoire Charles Fabry

Professeur des Universités, Institut Néel

Directeur de Recherche CNRS, Laboratoire Aimé Cotton

Professeur des Universités, Laboratoire de Physico-Chimie de
l'Atmosphère

Directeur de Recherche CNRS, Laboratoire d'Optique et Biosciences

Directeur de Recherche ONERA, Département Mesures Physiques

Professeur des Universités, Laboratoire Matériaux et Phénomènes
Quantiques



Comprendre le monde,
construire l'avenir



Résumé

Les oscillateurs paramétriques optiques (OPO) sont des sources de lumière cohérente basées sur le processus d'optique non linéaire de mélange à trois ondes. Les OPO offrent une grande polyvalence en fonction de l'architecture de source, du matériau non linéaire et du laser de pompe utilisés.

Les activités présentées dans le cadre de cette HDR ont porté sur plusieurs axes de développement des OPO et de leurs applications selon une démarche consistant à mener de front des développements théoriques et numériques approfondis, d'une part, et des études expérimentales et des développements technologiques poussés, d'autre part. Cette double approche a généralement permis de proposer des solutions originales reliées aux contraintes spécifiques de mise en œuvre hors du laboratoire.

Ces activités, dont la plupart ont été menées en collaboration avec des laboratoires académiques et des partenaires industriels, couvrent principalement les thématiques suivantes :

- développement et mise en œuvre de nouvelles architectures d'oscillateurs paramétriques optiques (OPO) ultra-compacts et de grande finesse spectrale pour l'analyse de gaz ;
- développement de codes de calculs et de nouveaux formalismes théoriques appliqués aux OPO et à d'autres phénomènes d'optique non linéaire ;
- mise en œuvre de nouveaux matériaux semi-conducteurs pour l'extension de la gamme spectrale des lasers et OPO ;
- développement de sources optiques infrarouges compactes pour les domaines militaire et aérospatial ;
- étude des corrélations quantiques par absorption à deux photons dans les semi-conducteurs ;
- étude de nouvelles sources paramétriques optiques à impulsions ultracourtes.

Ces différentes activités ont conduit à des publications régulières dans des journaux à comité de lecture ainsi qu'à diverses communications dans les principaux congrès internationaux et placent l'ONERA parmi les acteurs internationaux de tout premier rang dans ces thématiques.

Les développements sur les instruments d'analyse de gaz et les sources paramétriques se poursuivent selon un objectif double :

- prolonger la démarche visant à sortir les systèmes du laboratoire et aller vers l'application via le développement d'instruments complets, en particulier dans le cadre des développements de systèmes lidar et de détection de gaz locale par spectroscopie photoacoustique ;
- étendre le domaine de fonctionnement des OPO (niveau d'énergie, gamme spectrale, régime de fonctionnement...) afin de répondre à un plus vaste panel d'applications.

Quels seront les détecteurs infrarouge de demain ?

Isabelle Ribet

HDR soutenue le 29 mars 2016

Université Paris-Sud

Spécialité : Physique

Orientation de filières émergentes en détection infrarouge

Composition du jury

Pierre CHAVEL	Institut d'Optique
Pierre-Olivier LAGAGE	CEA
Carlo SIRTORI	Université Paris Diderot-Paris 7
Yann BOUCHER	Ecole Nationale d'Ingénieurs de Brest
Philippe CHRISTOL	Université de Montpellier
Riad HAÏDAR	ONERA & Ecole Polytechnique
Philippe BENSUSSAN	Sofradir
Joël DESCHAMPS	ONERA
Jean-Christophe PEYRARD	DGA



Comprendre le monde,
construire l'avenir



Résumé

L'orientation des filières émergentes en détection infrarouge va bien au-delà d'une simple mesure de performances électro-optiques sur des détecteurs infrarouges. Il faut en effet :

- déterminer quelles sont les figures de mérite pertinentes à mesurer, qui dépendent de la filière considérée et des applications visées ;
- mettre en place les moyens expérimentaux permettant de réaliser ces mesures ;
- réaliser les mesures proprement dites et analyser les résultats obtenus ;
- développer les outils de modélisation nécessaires à la compréhension de la physique de la détection et à la prédiction des performances de la filière considérée ;
- proposer des structures optimisées pour la gamme d'applications visées ;
- mettre en place les levées de points durs nécessaires pour amener la filière à maturité technologique ;
- réaliser une inter-comparaison entre les différentes filières infrarouges (filières bien établies et filières émergentes, françaises ou étrangères).

Ce travail nécessite de faire le lien entre, d'un côté, le monde des technologues (laboratoires académiques ou étatiques, industriels) et celui des applications (industriels, opérationnels et donneurs d'ordres).

Ces dernières années, plusieurs bancs de test spécifiques ont été développés, pour la mesure de : réponse spectrale hors bande, réponse angulaire, réponse sous flux, bruit ou encore temps de vie des porteurs minoritaires. Deux modèles microscopiques (couplage optique et transport électronique) ont permis d'analyser les limitations en performances des détecteurs de la filière multi-puits quantiques. Un troisième modèle, macroscopique cette fois, prédit les performances d'un système optronique utilisant une filière émergente comme brique détecteur.

Parmi les filières au cœur de nos travaux, on peut notamment citer les détecteurs à super-réseaux, sur lesquels l'ONERA travaille en étroite collaboration avec l'université de Montpellier, l'université du Nouveau-Mexique et l'industriel suédois IR-Nova.

Pierre BOURDON

HDR soutenue le 26 avril 2016

Université Paris-Saclay

Spécialité : Physique

Technologies laser pour applications militaires

Composition du jury

Pascal BESNARD

Professeur des Universités ENSSAT, Laboratoire FOTON

Benoît BOULANGER

Professeur des Universités ,Institut Néel, Equipe
OPTIMA

Agnès DESFARGES-BERTHELEMOT

Professeur des Universités, XLIM, Département Photonique

Fabien BRETENAKER

Directeur de Recherche CNRS, Laboratoire Aimé Cotton,

Patrick GEORGES

Directeur de Recherche CNRS, IOGS, Laboratoire Charles
Fabry

Michel LEFEBVRE

Directeur de Recherche ONERA, Département Mesures
Physiques

Marijke VANDEWAL

Professeur Associé, Académie Royale Militaire de Belgique,
Département CISS



Comprendre le monde,
construire l'avenir



Résumé

Cette habilitation à diriger les recherches de l'université Paris-Saclay porte sur les activités de recherche menées par P. Bourdon depuis 1995. Le fil directeur de ces travaux est le développement de technologies de sources laser innovantes pour des applications militaires émergentes, principalement les armes laser anti-structures et les contre mesures optroniques (CMO) par laser.

Après un rappel des propriétés fondamentales du laser qui contribuent majoritairement à son attrait pour les applications militaires, les spécificités technologiques de ces applications sont tout d'abord introduites, que ce soit pour les applications offensives, les armes laser forte puissance anti-structures ou l'arme laser basse énergie pour la contre mesure optronique, mais aussi pour les applications majeures et courantes des lasers dans le domaine militaire comme la télémétrie. Les applications plus difficiles d'accès et tournées essentiellement vers la mesure à distance, l'aide à la conduite de tirs et l'aide à l'observation de la scène optronique ainsi que les applications plus spécifiques et moins répandues sont présentées plus brièvement. Enfin, les enjeux principaux auxquels répondent les développements de technologies laser pour applications militaires sont précisés.

Les lasers pour la contre mesure optronique (CMO) pour rendre aveugles des équipements d'observation optroniques, temporairement ou définitivement, sont ensuite abordés. Sont décrits des travaux de développement de sources laser pour cette application, ainsi que les études des effets des lasers sur les capteurs optroniques et la quantification de l'éblouissement laser de caméras et enfin l'éblouissement laser de l'œil humain. Des mesures d'éblouissement laser de détecteurs infrarouge matriciels sont également présentées avant de conclure sur cette application CMO en abordant la problématique des filtres de protection laser, afin d'offrir au lecteur un aperçu des défenses qui peuvent être mises en œuvre pour se protéger des systèmes de CMO adverses.

L'application arme laser anti-structures est ensuite détaillée. Sont tout d'abord évoqués les résultats de simulation d'effets thermiques sur cible des armes laser anti-structures, qui permettent d'évaluer le niveau de puissance des sources laser à mettre en œuvre pour générer à distance des effets thermiques dommageables sur des bâtiments ou des porteurs militaires. Parmi les différentes technologies laser pouvant permettre d'accéder à ces niveaux de puissance, les technologies les plus prometteuses et les défis technologiques associés sont identifiés. Les principaux résultats obtenus sur la montée en puissance des lasers à fibres et les techniques de combinaison cohérente de lasers viennent ensuite illustrer cette partie. Sont enfin introduits les travaux récents visant à appliquer les techniques de combinaison de lasers à des gammes de longueurs d'onde nouvelles comme le moyen infrarouge.

Tous ces travaux et résultats permettent de progresser dans la définition, le dimensionnement, les choix technologiques et la réalisation des architectures laser correspondantes.

Pierre-Loïc GAROCHE

HDR soutenue le 19 septembre 2016
Institut National Polytechnique de Toulouse
Spécialité : Informatique et automatique

**Convex Optimization-based Static Analysis for Control
Systems**

Composition du jury

Éric GOUBAULT	Professeur au LIX à l'École Polytechnique
Ilya KOLMANOVSKY	Professor of Aerospace Engineering at Michigan University, USA
David MONNIAUX	Directeur de recherches au CNRS, Laboratoire Vérimag
Behçet AÇIKMESE	Associate Professor of Aeronautics & Astronautics at University of Washington, USA
Éric FÉRON	Professor of Aerospace Engineering at Georgia Tech, USA
John HAUSER	Associate Professor, Dept. of Electrical and Computer Engineering at University of Colorado Boulder, USA
Didier HENRION	Directeur de recherches au LAAS-CNRS, Université de Toulouse
Matthieu MARTEL	Professeur à l'Université de Perpignan Via Domitia, Laboratoire de Mathématiques et de Physique (LAMPS)
Philippe QUEINNEC	Professeur à l'INPT/IRIT, Université de Toulouse



Université
de Toulouse



Résumé

Ces travaux s'intéressent spécifiquement à la vérification d'implantations d'algorithmes de contrôle comme ceux utilisés dans les avions civils. Ces contrôleurs sont essentiellement conçus en combinant des contrôleurs simples (par exemple linéaires par morceaux) avec des logiques de détection de fautes et de reconfiguration. L'analyse statique de ces systèmes est aujourd'hui difficile car les propriétés invariantes de ces contrôleurs sont souvent super-linéaires, par exemple quadratiques, alors que les méthodes de calcul d'invariants par interprétation abstraite ou de preuve automatique avec des solveurs de satisfiabilité (SMT) traitent assez mal les systèmes ou propriétés non linéaires.

Ces travaux, inspirés des méthodes utilisées en analyse temporelle dans le monde du contrôle, reposent sur la formulation de ces problèmes et leur résolution comme des problèmes d'optimisation convexe dans le cône des matrices définies positives (programmation SDP avec des inégalités linéaires de matrices (LMI) ou polynômes somme de carrés). Ces approches permettent de synthétiser automatiquement des invariants quadratiques ou polynomiaux, capables de capturer le comportement de ces implantations de contrôleurs. Les méthodes proposées s'appliquent tant au niveau modèle qu'au code, et traitent spécifiquement des problématiques liées à l'utilisation d'arithmétique en virgule flottante.

Ces approches sont capables, automatiquement, de calculer une sur-approximation correcte des valeurs minimales et maximales atteintes par le programme, mais également de garantir des propriétés de plus haut niveau, comme par exemple la stabilité ou la robustesse, dès lors qu'elles peuvent être exprimées comme des invariants inductifs sur les états atteignables du système.

On voit se dégager deux axes de perspectives: d'une part approfondir l'analyse de ces systèmes de contrôle en proposant de nouvelles méthodes de calcul d'invariants, en traitant des systèmes algorithmiquement plus complexes, et en exprimant des propriétés de plus haut niveau ; d'autre part l'application de la démarche à d'autres champs comme, par exemple, la validation de code numérique spécialisé.

Stéphane REDONNET

HDR soutenue le 10 octobre 2016
Faculté des Sciences d'Aix-Marseille

**Development of a Hybrid Methodology for the Numerical
Simulation in Aeroacoustics, with Application to the
Mitigation of Aircraft Noise**

Composition du jury

Daniel JUVÉ	Professeur, Ecole Centrale de Lyon
Guillaume CHIAVASSA	Professeur, Ecole Centrale de Marseille
Philippe LAFON	Ingénieur de Recherche Senior, EDF
Jean-Christophe ROBINET	Professeur, Dynfluid / ENSAM
Marc C. JACOB	Professeur, ISAE / SUPAERO
Pierre SAGAUT (tuteur)	Professeur, Université Aix-Marseille



Résumé

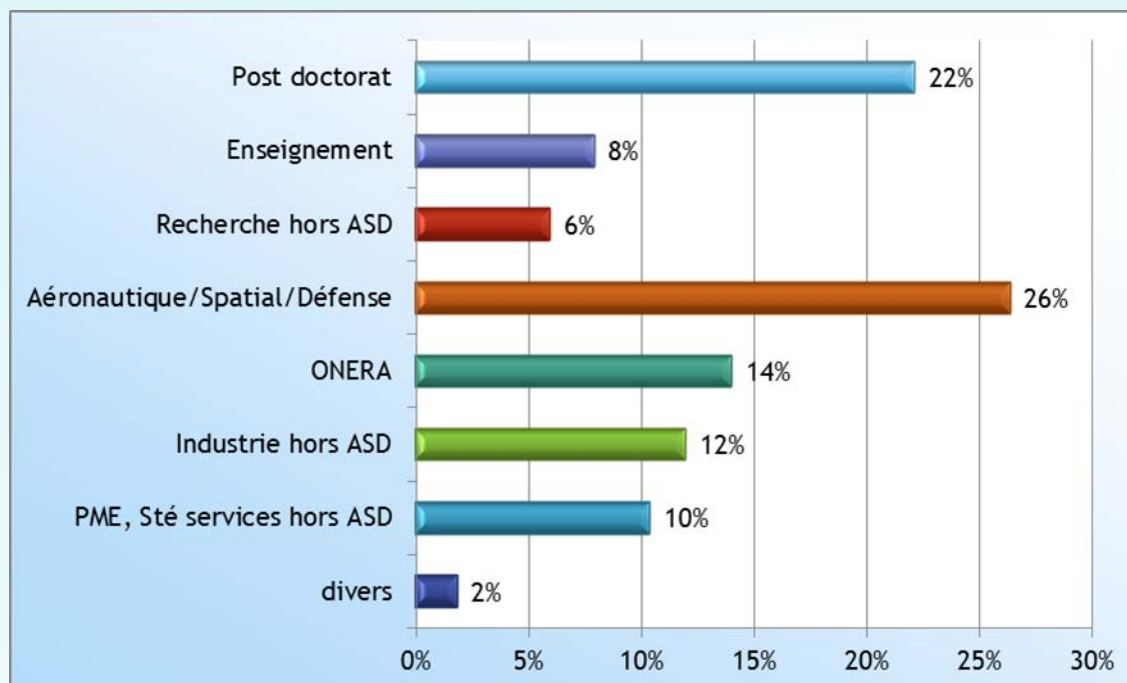
The present R&D activities concerned the numerical simulation in aeroacoustics, and its application to the mitigation of aeronautic noise.

More precisely, with the view of answering the current needs of predicting / reducing the noise emission by civil aircraft, the present works consisted in developing an advanced numerical approach that offers numerically simulating real-life aeroacoustics problems. The latter approach is based on a hybrid philosophy, following which the noise generation, propagation and radiation stages are computed sequentially (as opposed to the direct approach, where they are calculated simultaneously). To this end, the research works first consisted in developing a Computational AeroAcoustics (CAA) method, and associated solver (sAbrinA code). In a second time, the works consisted in the inclusion of such CAA kernel/code within a wider calculation chain, through specific couplings with other numerical techniques/tools of noise generation (e.g. CFD) and/or radiation (e.g. Integral Methods). Finally, the efforts concerned the application of all or part of the resulting calculation chain to numerous noise problems of either fundamental or applied nature.

These R&D activities not only offered answering practical needs of aircraft noise mitigation and/or characterization, but they also paved the way to a more systematic use of advanced hybrid approaches in aeroacoustics, which - to date - constitute the best viable way to address realistic noise problems coming from the aerospace industry.

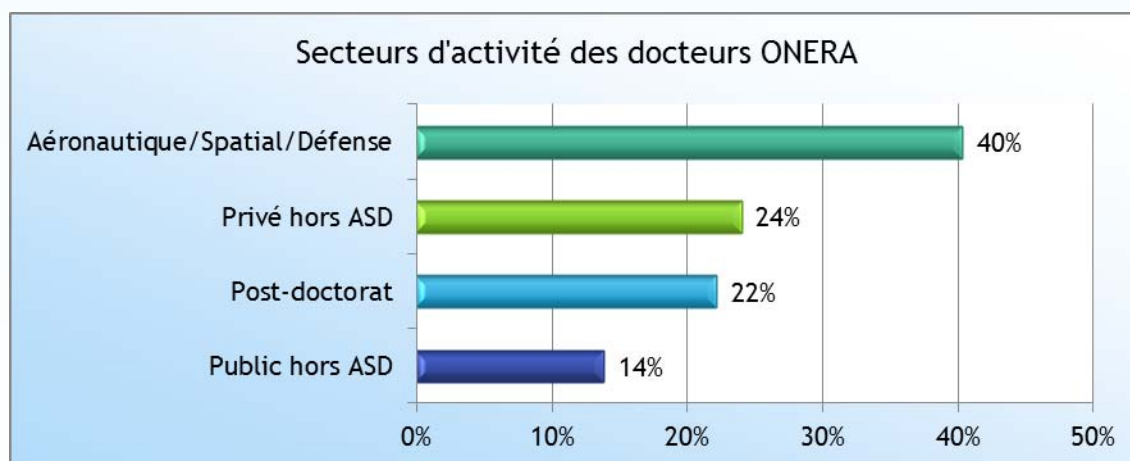
Being conducted at ONERA over roughly fifteen years (PhD thesis included), these research activities were achieved within several frameworks (ONERA internal efforts, national and European projects, international collaborative efforts), sometimes in close collaboration with other key stakeholders of the aerospace sector (e.g. NASA, Airbus, etc.). They led to both fundamental insights and methodological outcomes, which were documented through numerous publications in A-rank journal or communications in international peer-reviewed conferences (more than 70 papers, so far).

Devenir professionnel des docteurs ONERA



Si, à l'issue de leur contrat de doctorat, certains jeunes chercheurs poursuivent leur carrière au sein de l'ONERA, ils s'orientent majoritairement vers l'industrie et la recherche Aéronautique, Spatiale et de Défense, ou encore approfondissent leur formation en post-doctorat.

L'ONERA remplit ainsi sa mission de contribution à la formation des ingénieurs et scientifiques des secteurs Aérospatial et Défense.



* Statistiques sur 1150 docteurs ayant soutenu leur thèse depuis 2000



L'ONERA intervient en amont des grands programmes
d'aéronautique, d'espace et de défense

Avions

Hélicoptères

Propulsion des aéronefs

Transport spatial

Systèmes orbitaux

Missiles

Drones

Systèmes de défense

Sécurité



BP 80100 - 91123 PALAISEAU CEDEX - Tél. : +33 1 80 38 60 60 - Fax : +33 1 80 38 68 89

www.onera.fr

ONERA - Direction Scientifique Générale - mars 2017