

Blanc - SIMI 9 - Sciences de l'ingénierie, matériaux, procédés, énergie (Blanc SIMI 9)

Edition 2011

Projet SONOBL

Sources du bruit de couche limite dans les moyens de transport

Le projet s'intéresse au bruit interne généré par une couche limite turbulente se développant sur un véhicule. L'excitation par la turbulence pariétale est en effet en passe de constituer la source principale de bruit à l'intérieur de l'habitacle lors du régime de croisière des avions ou des voitures. Le caractère aléatoire de la distribution de pression induite par la couche limite possède un grand impact sur le bruit transmis à travers le fuselage et sa densité interspectrale joue un rôle déterminant pour déterminer l'excitation subie par la structure.

L'objectif du projet est double : du point de vue plus fondamental, la question de la contribution de la partie acoustique des fluctuations de pression sera abordé. En particulier, une comparaison détaillée entre une base de données expérimentales bien contrôlées et une simulation (basée sur la calcul direct aéroacoustique) peut permettre de clarifier certaines questions. Une des plus importantes concerne une détermination non-ambigüe des niveaux de pression dans le domaine acoustique. Le rôle des tensions visqueuses et le comportement aux très bas nombres d'onde sera également examiné. Les hypothèses des modèles semi-empiriques concernant cette gamme de nombres d'onde seront revisités. D'un autre côté, plus industriel, la fiabilité des modèles semi-empiriques existants est souvent insuffisante, notamment pour les nombres de Mach autour de 0.8 ou pour les couches limites hors équilibre, pour lesquelles l'hypothèse d'homogénéité spatiale n'est plus valable en raison de la présence d'un gradient de pression ou d'une singularité géométrique. Une étape de validation entre les simulations et les expériences s'avère cruciale pour étendre ensuite le nombre de Mach à 0.8, inclure l'effet d'un gradient de pression intense ou bien la présence d'une petite marche montante ou descendante. Les analyses des bases de données expérimentales ou numériques doivent permettre de fournir aux concepteurs des outils prédictifs pour caractériser ces sources aérodynamiques. Le projet pourra ainsi faire progresser les modèles semi-empiriques pour les fluctuations de pression pariétale sous une couche limite turbulente (notamment dans le domaine acoustique et en présence d'un gradient de pression). Des recommandations pour leur mise en oeuvre industrielle seront fournies.

Partenaires

Airbus AIRBUS OPERATIONS SAS

Dassault DASSAULT AVIATION

LMFA ECOLE CENTRALE DE LYON

DynFluid ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARTS ET METIERS

Renault REGIENOV

Aide versée par l'ANR 335 000 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 160 000 euros

Début et durée février 2012 - 36 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur XAVIER GLOERFELT (ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARTS ET METIERS)

Xavier.Gloerfelt@paris.ensam.fr

Projet DISCERN

Sources directe et indirecte en combustion pour la mesure et la réduction du bruit

Réduction du bruit provenant de la combustion pour les applications aéronautiques
Caractérisation des sources directes et indirectes en combustion pour la mesure et la réduction du bruit

Détermination des sources directes et indirectes en combustion pour la mesure et la réduction du bruit dans le domaine aéronautique

Le projet DISCERN s'intéresse à la question critique des sources de bruit issues de la combustion. L'identification de ces sources par la simulation ou la modélisation reste problématique et il est toujours nécessaire aujourd'hui de tester et valider les nouveaux concepts à l'aide de mesures sur prototypes. La distinction entre le bruit directement émis par la flamme et sa contribution indirecte, liée à la présence d'hétérogénéités dans l'écoulement de gaz brûlés, est envisagée ici simultanément sur les plans expérimentaux, théoriques et numériques. Une configuration à l'échelle du laboratoire est conçue afin de reproduire les processus physiques majeurs rencontrés dans les chambres de combustion de turbines (turbines aéronautiques mais aussi à gaz pour la production d'électricité). Sur le plan numérique, deux stratégies de modélisation sont envisagées, correspondant à deux niveaux de fidélité très différents : la simulation aux grandes échelles (LES) d'une part, et la modélisation d'ordre réduit d'autre part (ROM). Un effort particulier est dirigé vers une analyse très fine de la dynamique de combustion afin de mieux déterminer les sources acoustiques dans l'environnement de la flamme.

Une étude des sources de bruit menée conjointement sur les plans de l'expérimentation, de la simulation numérique et de la modélisation

Le banc expérimental est représentatif de situations pratiques associées aux moteurs de nouvelle génération. Ainsi, l'écoulement est mis en rotation (swirl) et la combustion est fortement prémélangée. De plus, la chambre de combustion est courte et équipée d'une tuyère adaptée à l'étude du bruit de combustion. Les conditions aux limites du système sont contrôlées. De nombreux capteurs et diagnostics sont disponibles de façon synchronisée, permettant une analyse poussée de la dynamique de combustion et des gaz brûlés. La méthode de prédiction la plus précise dans ce contexte est la simulation aux grandes échelles (LES). La littérature montre que les fluctuations de pression à proximité des parois peuvent être correctement prédites par les solveurs LES dans les régimes dominés par les instabilités de combustion (couplages acoustiques forts). La prévision des niveaux de bruit de combustion dans ces systèmes en l'absence d'instabilités reste un challenge et les simulations proposées ici permettent des comparaisons avancées entre expériences et calculs. Les modèles bas-ordre sont développés en s'appuyant sur les résultats expérimentaux et numériques. Après validation, les résultats de calculs sont utilisés pour fournir les données et paramètres nécessaires à l'ajustement des modèles d'ordre réduit.

Résultats

Nous avons développé une base de données expérimentale pour la validation des méthodes de prévision du bruit de combustion. Cette base contient des données directement exploitables pour la comparaison avec les résultats de calculs ou de modélisation. Nous avons mené des simulations

aux grandes échelles extrêmement précises du système expérimental et démontré les capacités prédictives de la LES dans ce domaine. Nous avons identifié les sources de bruit directes et indirectes et amélioré notre compréhension de ces phénomènes. Nous avons proposé une méthodologie bas-ordre pour l'estimation du bruit issu de la combustion. Ces trois succès nous ont permis d'intégrer le projet européen RECORD dans la continuité de DISCERN.

Perspectives

Les travaux réalisés au cours de DISCERN présentent de nombreux aspects novateurs. Nous avons en particulier démontré notre capacité à précisément déterminer la répartition des sources acoustiques dans la chambre de combustion et à optimiser la géométrie de la tuyère associée sur le plan acoustique.

Productions scientifiques et brevets

Les comparaisons entre expérimentation, simulation et modélisation nous ont permis de rédiger plusieurs communications conjointes, comme l'atteste notre liste de publications et communications.

Partenaires

CERFACS CERFACS Centre européen de recherche et de formation avancée en calcul scientifique

EM2C CNRS DR Ile de France Secteur Ouest et Nord

ONERA DSNA ONERA

Aide versée par l'ANR 370 000 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 185 000 euros

Début et durée novembre 2011 - 36 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Sébastien DUCRUIX (CNRS DR Ile de France Secteur Ouest et Nord)

sebastien.ducruix@ecp.fr

Projet SePaCoDe

Étude de la Physique du Décollement et Réalisation de son Contrôle

Contrôle des décollements pour l'amélioration des performances aérodynamiques

Le projet s'intéresse à l'utilisation de 3 plateformes expérimentales pour réaliser le contrôle du décollement sur une rampe. On regardera les effets du nombre de Reynolds. Le contrôle ira jusqu'à un contrôle en boucle fermée.

Amélioration des performances aérodynamiques à l'aide du contrôle d'écoulements

Les performances aérodynamiques des véhicules terrestres et aériens, ainsi que le fonctionnement des machines tournantes et des chambres de combustion sont très fortement affectées par le phénomène de décollement. La séparation des lignes de courant de la paroi engendre une perte de portance, une augmentation de la traînée et des pertes, des vibrations, du bruit et une perte éventuelle de contrôle. Telles situations peuvent être améliorées de façon significative par le contrôle d'écoulement à l'aide d'actionneurs et de capteurs judicieusement placés. L'objectif du projet SePaCoDe était d'apporter une contribution significative à la compréhension et à l'amélioration du contrôle de décollement. Pour cela, 3 équipes spécialistes du sujet ont mis en commun leurs moyens, leur savoir et leur savoir-faire pour aborder ce problème difficile sous ses différents aspects : analyse physique, étude paramétrique, choix d'actionneurs et de capteurs, théorie du contrôle en boucle ouverte et fermée.... Les résultats obtenus montrent la faisabilité des stratégies de contrôle choisies et aboutissent à des réductions importantes de la zone décollée. Ils apportent une compréhension plus profonde de la physique du contrôle de décollement et montrent l'intérêt du contrôle en boucle fermée et de l'approche « Machine Learning ».

Méthodes

expérimentales

SePaCoDe a permis une étude détaillée du décollement se développant sur une rampe à arête vive ou arrondie. Dans un premier temps les deux types de décollement ont été caractérisés expérimentalement à l'aide de différents outils métrologiques (pressions instationnaire, fil et films chauds, visualisations, PIV...). Les mesures de pression pariétale et celles des champs de vitesses ont été utilisées pour décrire les caractéristiques moyennes, turbulentes ainsi que les mécanismes instationnaires. Des vortex générateurs fluidiques utilisant des jets pulsés ont été mis en oeuvre pour effectuer un contrôle en boucle ouverte. L'effet sur les caractéristiques de la zone décollée des différents paramètres de ces actionneurs (fréquence de pulsation, duty cycle, velocity ratio...) a été étudié. Les aspects instationnaires des phases de décollement et de recollement ont été caractérisés. Ce travail a montré la capacité de tel actionneur à réduire significativement la zone décollée. Le contrôle en boucle fermée a été ensuite développé. Le consortium a abouti à un contrôle robuste du décollement avec des résultats très positifs.

Résultats

Une réduction significative de la taille de la zone décollée a été obtenue dans différents cas. Ceci est synonyme d'amélioration importante des performances et d'optimisation énergétique dans des domaines applicatifs tels que les transports terrestres et aériens.

Perspectives

Ce projet a bénéficié de collaborations effectives entre les différents partenaires se traduisant par l'obtention de résultats scientifiques et techniques importants. Le LML et PRISME ont réalisé une expérience conjointe dans la soufflerie de PRISME afin d'étudier les interactions instationnaires

entre l'actionnement et l'écoulement. Dans ce but, le système de PIV haute cadence du LML a été mis en oeuvre conjointement à des mesures de pression instationnaire. Par ailleurs, PPRIME et LML d'une part et PPRIME et PRISME d'autre part ont réalisé des expériences conjointes pour démontrer la faisabilité et l'intérêt de l'approche « Machine Learning » développée par PPRIME pour le contrôle en boucle fermée. Il en résulte que ce contrôle en boucle fermée a été appliqué avec succès à toutes les configurations abordées dans ce projet.

Productions scientifiques et brevets

En termes de valorisation des publications communes et séparées ont été réalisées.

Partenaires

LML CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - DR18 NORD-PAS-DE-CALAIS
ET PICARDIE

Institut Pprime ENS DE MECANIQUE ET D'AEROTECHNIQUE DE POITIERS

Institut PRISME UNIVERSITE D'ORLEANS

Aide versée par l'ANR 380 000 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 190 000 euros

Début et durée décembre 2011 - 36 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Azeddine KOURTA (UNIVERSITE D'ORLEANS)

azeddine.kourta@univ-orleans.fr

Blanc - SIMI 3 - Matériels et logiciels pour les systèmes et les communications (Blanc SIMI 3)

Edition 2012

Projet LimCoS

Synthèse et analyse des systèmes avec informations limitées

LimCoS est un projet interdisciplinaire aux frontières de la théorie de la commande, de la théorie de l'information et des transmissions numériques. L'objectif du projet est d'évaluer l'impact d'une communication imprécise entre les équipements de systèmes asservis. Plus précisément, nous nous focalisons principalement sur le cas des systèmes point-à-point mais le cas des systèmes contrôlés en réseaux est aussi abordé. L'un des premiers objectifs de LimCoS est de modéliser les imperfections des dispositifs de communication et de les prendre en compte à la fois pour l'analyse en performance et pour la synthèse de contrôleurs. Bien que la littérature comporte quelques résultats préliminaires sur ce sujet, il existe une large place pour des concepts innovants et en rupture, qui s'articulent dans ce projet de la manière suivante :

- **Modélisation des éléments d'information.** L'un de nos objectifs est de modéliser les différents dispositifs d'information tels que le codage de la source (qui comporte généralement une étape de quantification non-linéaire), le codage du canal (en tenant compte des mécanismes de correction d'erreurs et des protocoles), le canal de communication et les étapes duale du receveur. Nous voulons modéliser les imperfections de ces éléments et utiliser de nouveaux formalismes hybrides continus/discrets. Par ailleurs, il s'agira de proposer des indices de performances pertinents (incluant les indices classiques H2, H ∞ utilisés en théorie de la commande et les critères de distorsion ou de perte de paquets utilisés par les traiteurs de signaux).
- **Analyse des effets des contraintes d'information sur la performance.** Nous considérerons tout d'abord les lois de commande continues et/ou les schémas d'observation classiques afin d'évaluer leurs pertinences en terme de stabilité et de performance en présence de contraintes d'information. Nous concentrerons essentiellement sur le cas des communications point-à-point entre un contrôleur et un procédé, mais le cas important des dispositifs de commande distribués sera aussi étudié, en exploitant certains résultats issus de la théorie des jeux dynamiques et de la théorie de l'information.
- **Méthodes de synthèse robuste en présence de contraintes d'information.** A partir des caractéristiques données du système, nous voulons développer des schémas de commande et d'observation robustes vis-à-vis des contraintes d'information. Une option intéressante serait de s'inspirer des techniques anti-windup, utilisées pour adoucir les mauvais effets des saturations, pour synthétiser une boucle supplémentaire visant à se prémunir des effets non souhaités dus aux divers phénomènes de contraintes d'information.
- **Développement conjoint des schémas de commande et de communication.** Les architectures de commande et d'observation seront étudiées simultanément en terme non seulement d'objectifs de commande mais aussi de description des protocoles de communication. Il sera intéressant de considérer des algorithmes qui s'adaptent en temps (adaptive sampling), en qualité et/ou en quantité (adaptive quantization) en fonction de la qualité du réseau étudié et des objectifs de commande et d'observation. On s'intéressera aussi à la synthèse du dispositif de compression pour les données utilisées par le contrôleur telles que l'état du système, ce qui est une approche totalement nouvelle en codage de source.

Partenaires

GIPSA-Lab Grenoble Image Parole Signal Automatique

LAAS Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes

LAGEP - UCBL Laboratoire d'Automatique et de Génie des Procédés

LSS Laboratoire des signaux et systèmes

Aide versée par l'ANR 499 647 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 249 500 euros

Début et durée janvier 2013 - 48 mois

Coordinateur du projet :

Madame Sophie TARBOURIECH (Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes)

tarbour@laas.fr

Blanc - SIMI 2 - Science informatique et applications (Blanc SIMI 2)

Edition 2013

Projet AMANDE

Argumentation Multilatérale Avancée pour la DELibération

Argumentation Multilatérale Avancée pour la DELibération

Le projet a pour objectif de fournir les outils formels permettant de concevoir des systèmes de délibération multiparties. L'objectif principal est de définir et d'étudier les propriétés de tels systèmes, de telle manière que les concepteurs que les utilisateurs peuvent identifier les arguments les plus importants, comprendre quelle opinion est actuellement prépondérante, et donc défendre correctement leur point de vue. Il est important d'étudier les fondements théoriques de tels systèmes.

Support et analyse de délibération multiparties

Représentation de connaissances argumentatives, formalisation du raisonnement argumentatif, régulation de débats multiparties

Argumentation formelle, logique, théorie des jeux, simulations à base d'agents

Argumentation formelle, logique, théorie des jeux, simulations à base d'agents

Résultats

- état de l'art sur les méthodes d'agrégation de systèmes d'argumentation
- état de l'art sur les sémantiques graduelles pour l'argumentation abstraite. Ces sémantiques sont bien plus adéquates pour des applications dédiées à la construction collaborative de débats sur internet (de type debategraph) que les sémantiques « classiques » (binaires) de Dung.
- nouvelles approches pour l'agrégation de jugement, basées sur des notions de support de votes, et nous avons également éclairci le lien entre fusion de croyances et agrégation de jugement
- nouvelles approches pour les sémantiques graduelles
- nouveaux opérateurs pour modéliser la dynamique des systèmes d'argumentation
- codages en logique d'opérateurs de dynamique des systèmes d'argumentation, codages qui permettront d'implémenter des méthodes efficaces
- études des possibilités offertes par les approches de model checking pour la vérification de dialogues d'argumentation

Perspectives

Nouvelles sémantiques d'argumentation, études de dynamiques d'argumentation, détection de manipulation

Productions scientifiques et brevets

Publications scientifiques

Partenaires

CRIL Centre de Recherche en Informatique de Lens

IRIT Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

LAMSADE Laboratoire d'Analyse et Modélisation de Systèmes pour l'Aide à la DEcision

LIP6 Laboratoire d'Informatique de Paris 6

Aide versée par l'ANR 320 887 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 160 444 euros

Début et durée décembre 2013 - 48 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Nicolas MAUDET (Laboratoire d'Informatique de Paris 6)

Site internet du projet : <http://amande.lip6.fr/>

Blanc - SIMI 3 - Matériels et logiciels pour les systèmes et les communications (Blanc SIMI 3)

Edition 2013

Projet COMPACS

Computation Aware Control Systems

Un champ d'application important de la technologie embarquée est le domaine des systèmes de commande où un logiciel est exécuté afin de contrôler un processus physique. Traditionnellement, la conception des systèmes de commande embarquée traite de manière disjointe les problèmes liés à la synthèse d'une loi de commande et ceux liés à son implémentation sur une plateforme de calcul. Une approche intégrée où les contraintes dues à des ressources de calcul limitées ou partagées sont prises en compte lors de la synthèse de stratégies de contrôle permettrait le développement de contrôleurs embarqués avec des garanties de sûreté, de stabilité, de performance et optimisant l'utilisation des ressources de calcul disponibles. Cette ligne de recherche, développée dans le projet COMPACS relève du domaine des systèmes cyber-physiques qui vise à améliorer l'intégration d'objets informatiques dans le monde physique.

Plus précisément, le but du projet COMPACS est de développer des approches rigoureuses basées sur l'utilisation de modèles pour la synthèse de contrôleurs conscients des ressources de calcul disponibles. De telles stratégies de commande doivent non seulement être capables de décider quelles actions doivent être effectuées mais aussi à quel moment les tâches de contrôles doivent être exécutées, en se basant sur la disponibilité des unités de calcul et l'état du processus physique. Ces stratégies sont d'un intérêt particulier quand la dynamique du processus physique possède plusieurs échelles de temps et que les ressources de calcul doivent être allouées plus fréquemment pour contrôler la dynamique rapide que la dynamique lente. COMPACS propose d'étudier ce problème dans le cadre de modélisation des systèmes dynamiques hybrides, qui permet une description fidèle de l'hétérogénéité des stratégies de contrôle conscientes des ressources de calcul. Le projet regroupe trois équipes reconnues pour leur expertise dans le domaine des systèmes hybrides, et provenant de trois disciplines différentes (LJK: mathématiques appliquées, CRAN: automatique, Verimag: informatique). Le projet est organisé en deux axes techniques principaux. Le premier axe concerne des problèmes fondamentaux de la théorie de systèmes hybrides, qui auront des applications directes dans le développement de techniques de conception de contrôleurs conscients des ressources de calcul; ces techniques sont au coeur du deuxième axe du projet:

Axe 1: Des problèmes fondamentaux de la théorie des systèmes hybrides seront considérés: systèmes impulsifs, systèmes à échelles de temps multiples, conception conjointe des contrôleurs discrets et continus. Ces problèmes ont été choisis en raison de leurs applications possibles à la conception de contrôleurs conscients des ressources de calcul; mais ils sont aussi importants du point de vue théorique. Ils seront examinés en utilisant des approches de Lyapunov, l'analyse d'atteignabilité, ou une combinaison de ces techniques. Les aspects numériques seront également considérés.

Axe 2: La conception de contrôleurs conscients des ressources de calcul est l'objectif principal du projet. Nous considérerons le problème de décider à quel moment les tâches de contrôle doivent être exécutées, dans le cadre de la commande événementielle qui permet de réduire l'utilisation des ressources de calcul en comparaison à une implémentation périodique classique. Nous considérerons aussi le problème d'ordonnancement et de coordination des tâches de contrôle quand les ressources de calculs sont partagées ou distribuées. En décrivant ces problèmes dans le cadre des systèmes hybrides, nous développerons des solutions basées sur l'utilisation des techniques développées dans le premier axe du projet.

Partenaires

CRAN Centre de Recherche en Automatique de Nancy

LJK-UJF Laboratoire Jean Kuntzmann, Université Joseph Fourier Grenoble

Verimag Laboratoire Verimag

Aide versée par l'ANR 289 312 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 144 661 euros

Début et durée octobre 2013 - 48 mois

Coordinateur du projet :

Antoine GIRARD (Laboratoire Jean Kuntzmann, Université Joseph Fourier Grenoble)

JCJC - SIMI 3 - Matériels et logiciels pour les systèmes et les communications (JCJC SIMI 3)

Edition 2013

Projet SALWARE

Conception de matériel salubre pour lutter contre la contrefaçon et le vol de circuits intégrés

Conception de matériel salubre pour lutter contre la contrefaçon et le vol de circuits intégrés

L'industrie microélectronique est face à l'augmentation des coûts de production des circuits intégrés. Cela entraîne, depuis plusieurs années, une augmentation forte du nombre de sociétés faibles et une délocalisation de la production. Dans ce contexte, le projet SALWARE vise l'étude (théorique et expérimentale) et la conception de matériels salubres pour lutter contre le vol, la copie illégale et la contrefaçon de circuits intégrés.

Les trois principaux objectifs du projet SALWARE

Le premier objectif du projet est de proposer un système d'activation à distance d'un circuit intégré ou d'une IP matérielle. Pour cela deux éléments essentiels seront développés : un moyen d'authentification du matériel à activer délivrant un identifiant unique pour chaque instantiation matérielle et un protocole cryptographique assurant la sécurité de la chaîne d'activation à distance.

Le second objectif du projet est de proposer un système fiable pour bloquer/débloquer un circuit (une IP) sous certaines conditions. Cela est intéressant de pouvoir bloquer un circuit qui n'est pas utilisé de façon autorisée, par exemple sans remplir les conditions d'une licence d'utilisation matérielle.

Enfin, le dernier objectif du projet est de proposer un moyen de transmission de marquage enfoui (watermarking) de propriété intellectuelle dans un circuit intégré qui soit facile d'utilisation (c'est-à-dire facile à concevoir et facile à vérifier).

Méthodes

Pour l'activation à distance des fonctionnalités des IP et des circuits intégrés nous étudions les solutions proposées pour le développement de matériel malicieux (par exemple des chevaux de Troie matériel).

L'authentification du matériel se fait via une fonction physique non clonable dont la caractérisation se fait sur deux jeux de 30 cartes FPGA (Xilinx et Altera)

Résultats

Proposition d'une nouvelle architecture de PUF le TERO-PUF qui peut fournir conjointement les services de PUF et de TRNG. Proposition d'un moyen de vérification de marque de propriété intellectuelle par analyse de canaux cachés (consommation de puissance et rayonnement électromagnétique)

Perspectives

Les retombées industrielles, économiques et sociétales du projet SALWARE sont nombreuses et stratégiques car les conséquences de la contrefaçon et du vol sont très importantes. Pour les entreprises cela représente des pertes de marchés et un dommage potentiel de l'image de marque. Au niveau social cela se traduit directement par une baisse d'activité économique et des conséquences sur l'emploi. Enfin, pour les systèmes cela peut entraîner une dégradation de la

sécurité et une diminution de la fiabilité. Il est donc stratégique pour soutenir l'industrie microélectronique d'encourager et de financer le projet SALWARE qui vise à limiter le vol et la contrefaçon de circuits intégrés et à aider les concepteurs de circuits intégrés à protéger leur propriété intellectuelle par des moyens matériels.

Productions scientifiques et brevets

C. Marchand, L. Bossuet, E. Jung «IP Watermark Verification Based on Power Consumption Analysis». In proceedings of the 27th IEEE International Systems-on-Chip Conference, SOCC 2014, Las Vegas, USA, September 2014.

L. Bossuet «The Fight against Theft, Cloning and Counterfeiting of Integrated Circuits». TRUDEVICE Summer and Training School, Lisbon, Portugal, July 2014.

C. Marchand, L. Bossuet «IP Watermark Verification Based on Power Consumption Analysis». In International CryptArch Workshop 2014, Annecy, France, June 2014

A. Cherkaoui, L. Bossuet, L. Seitz, G. Selander and R. Borgainkar «New Paradigms for Access Control in Constrained Environments». In proceedings of the IEEE International Symposium on reconfigurable Communication-Centric Systems-on-Chip, ReCoSoc 2014, Montpellier, France, Mai 2014.

L. Bossuet «SALWARE - Salutory Hardware to Design Trusted IC». Ecole d'hiver francophone sur les technologies de conception des systèmes embarqués hétérogènes, FETCH 2014, Ottawa, Canada, January 2014. slides

L. Bossuet, X. T. Ngo, Z. Cherif, and V. Fischer «A PUF Based on transient Effect Ring Oscillator and Insensitive to Locking Phenomenon». In IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing, 2013.

L. Bossuet, and D. Hely «SALWARE: Salutory Hardware to Design Trusted IC». In Workshop on Trustworthy Manufacturing and Utilization of Secure Devices, TRUDEVICE 2013, France, 30-31 Mai 2013.

L. Bossuet «Lutte contre le vol, la copie illégale, le reverse-engineering et la contrefaçon de circuits intégrés». Journée sécurité numérique du GDR SoC-SiP, Paris, France, November 2012.

Partenaires

LabHC Laboratoire Hubert Curien, CNRS UMR 5516, Université Jean Monnet de Saint Etienne

Aide versée par l'ANR 167 066 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 87 573 euros

Début et durée octobre 2013 - 42 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Lilian Bossuet (Laboratoire Hubert Curien, CNRS UMR 5516, Université Jean Monnet de Saint Etienne)

lilian.bossuet@univ-st-etienne.fr

Site internet du projet : <http://www.univ-st-etienne.fr/salware/index.html>

Edition 2013

Projet Metaudible

Conception de Metamatériaux absorbants le son dans la gamme audible

La réduction et le contrôle du son est un enjeu majeure de notre société, particulièrement en ce qui concerne le bruit aux basses fréquences. La pollution sonore, inhérente aux activités humaines, a de large répercussion sur la santé comprenant gêne, fatigue prématurée et troubles du sommeil. L'agence européenne pour l'environnement souligne que plus de 30% de la population de l'UE est exposée à ces nuisances. Les normes industrielles et les standards de vie imposent des structures de plus en plus légères et de plus en plus minces pour l'absorption des sons de fréquences plus en plus basses. La manière habituelle de résoudre ce problème est d'utilisation de complexes multicouches, la plupart du temps optimisés, de matériaux poreux. Or, les propriétés dissipatives des matériaux poreux ne reposent que sur les pertes visqueuses et thermiques. Ainsi, bien que particulièrement efficaces à hautes fréquences, ces matériaux souffrent d'un défaut d'absorption à basses fréquences, particulièrement en dessous de la fréquence dite de Biot (typiquement de l'ordre de 1000 Hz). En dessous de cette fréquence, un matériaux poreux est dans le régime visqueux, dans lequel les ondes acoustiques sont diffuses et ne se propagent plus. Durant ces dernières années, de nouvelles structures utilisant des matériaux poreux, telles que les métaporeux, les matériaux à double porosité ou les matériaux à porosité cul de sac, ont été proposées. Ces structures utilisent des mécanismes additionnels d'absorption et de dissipation créés par la présence d'hétérogénéités de volume ou de surface qui localisent l'énergie à l'intérieur de ces structures, et par la même permettent d'augmenter l'absorption de celles-ci. Cependant, cette amélioration n'est notable que dans le régime inertiel pour lequel les ondes acoustiques sont propagatives.

Le projet Metaudible est à la fois théorique et expérimental. Son objectif est de résoudre le problème de l'absorption du son à très basses fréquences en concevant et fabriquant un matériau absorbant très efficace dans cette gamme de fréquences et le plus fin possible. Pour cela, des mécanismes additionnels d'absorption et de dissipation seront utilisés, basés sur des phénomènes de résonances sublongueur d'onde, non-linéaire et de dissipation par contacts. Des structures existantes (les métaporeux) seront améliorées en incorporant des résonateurs sublongueur d'onde optimisés dans un matériau poreux judicieusement choisi, tout ceci couplé avec des irrégularités de surfaces. En outre, de nouveaux métamatériaux (les matériaux métaudibles) seront conçus et fabriqués. Ils seront obtenus en combinant un nouveau matériau matriciel, composé d'un arrangement complexe de résonateurs ou de matériaux porogranulaires, à des résonateurs sublongueur d'onde optimisés, mais de dimension plus importantes, et des irrégularités de surfaces. Ces matériaux seront fabriqués par une imprimante à cire 3D ou par frittage. Des expériences dédiées seront menées sur des bancs d'essai optimisés.

Partenaires

LAUM Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, UMR6613 CNRS/Univ. du Maine

LISMMA Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Mécaniques et des Matériaux, EA2336 CNRS/Supméca

LGCB Laboratoire Génie Civil et Bâtiment

Aide versée par l'ANR 419 662 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 210 000 euros

Début et durée octobre 2013 - 48 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Jean-Philippe Groby (Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, UMR6613 CNRS/Univ. du Maine)

Blanc - SIMI 9 - Sciences de l'Ingénierie, Matériaux, Procédés, Energie (Blanc SIMI 9)

Edition 2013

Projet NEXTFLAME

Flamme Diphasique Expérimentale et Numérique

La principale problématique des outils de CFD actuels pour les chambres de combustion aéronautiques et automobiles avec injection diphasique d'un combustible sous forme de brouillard de gouttes polydispersé réside dans la limitation du caractère prédictif de ces simulations. Alors que l'on a atteint un niveau bien plus élevé dans le cadre de la combustion en phase homogène, les difficultés posées par la présence d'une phase liquide dispersée et de son interaction avec la turbulence et la combustion rendent le problème beaucoup plus complexe. Dans ce contexte, le présent projet associe l'effort de recherche de plusieurs équipes complémentaires afin de couvrir l'ensemble du spectre interdisciplinaire depuis l'analyse numérique et la conception de schémas robustes et précis, en passant par le calcul haute performance via des codes de calcul académiques et industriels, jusqu'à une nouvelle génération de diagnostics optiques pour les écoulements diphasiques. Ces équipes possèdent non seulement une solide expertise reconnue dans le domaine, mais ont aussi l'habitude de collaborer et ont déjà su mener à bien des projets communs interdisciplinaires. L'objectif du projet est double : 1- fournir une base de données complète au niveau numérique et expérimental pour des flammes diphasiques dans des environnements contrôlés permettant d'avoir comme référence des solutions fines validées et d'analyser la physique de ces phénomènes par comparaison, 2- à partir de cette base de données validée, apporter une évaluation et une validation des codes de calcul haute performance qui seront utilisés dans des configurations plus complexes avec des modèles d'ordre réduit, une étape qui manque cruellement pour les applications en combustion diphasique au niveau académique.

Partenaires

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

CNRS CNRS DR IDF SECTEUR OUEST NORD

Aide versée par l'ANR 419 961 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 210 000 euros

Début et durée février 2014 - 48 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Marc MASSOT (CNRS DR IDF SECTEUR OUEST NORD)

marc.massot@ecp.fr

Projet REFINE

Effets de gaz réel sur l'injection fluide: étude numérique et expérimentale

Effets de gaz réel sur l'injection fluide: étude numérique et expérimentale.

Ce projet concerne la thématique de recherche liée à la propulsion dans les secteurs automobile et aérospatial. Le besoin d'une plus grande efficacité énergétique ainsi que des faibles niveaux d'émission conduisent à augmenter la pression, i.e. à atteindre des états supercritiques. L'objectif de REFINE est de construire un banc expérimental bien contrôlé capable d'étudier des injections de fluide sous-, trans- et super-critique et d'y associer des diagnostics expérimentaux et numériques.

Etude des jets sous haute pression

Le mélange est un des plus important phénomène en combustion car il détermine l'efficacité et la stabilité de la combustion en même temps que la caractéristique des transferts thermiques. De plus, la plupart de la compréhension des phénomènes de turbulence et de mélange est issue de résultats expérimentaux ou numériques d'études à basse pression. Un travail similaire doit donc être entrepris pour des écoulements sub-, trans- et super-critique, i.e. avec des effets de gaz réels. En effet ce champ de recherche manque de résultats expérimentaux utiles pour la validation des codes de calcul. Les simulations numériques ont fait de grands progrès récemment, mais elles manquent de cas-tests de référence. Seuls quelques bancs expérimentaux sont capables d'utiliser des fluides supercritiques. Ils sont principalement situés aux USA (Pennsylvania State Univ., Univ. of Florida et AFRL), deux en Allemagne (M51 et P8 au DLR) et un en France à l'ONERA (Mascotte). A part celui de Floride, tous ces bancs sont focalisés sur la combustion ce qui est un phénomène déjà bien complexe en soi. De plus, aucune donnée expérimentale convaincante n'est disponible. L'objectif déclaré de REFINE est remplir ce besoin au moyen d'une expérience la plus simple possible et d'y associer des diagnostics avancés pour délivrer des données les plus justes possibles. Pour atteindre cet objectif, deux laboratoires français, le CORIA - UMR6614 et le GREMI - UMR7344 se sont associés avec l'aide de l'Institut Saint-Louis (ISL). Le projet REFINE devrait fournir une meilleure compréhension de l'atomisation, du mélange et de la dynamique d'un jet sous et supercritique à haute pression. Il est aussi attendu des retombées quant à la modélisation LES (Large-Eddy Simulation).

Les diagnostics

Des diagnostics expérimentaux et numériques vont être considérés dans REFINE avec comme objectif de délivrer une information la plus pertinente possible (vitesse, densité, etc.). Des mesures par rayons X seront réalisés afin d'avoir une donnée expérimentale la moins polluée possible. Des techniques d'ombroscopie, de CBOS (Colored Background Oriented Schlieren) et de simulations numériques (LES) y seront associées.

- L'ombroscopie est une technique souvent utilisée pour obtenir des informations qualitatives et quantitatives dans les processus d'injection, comme par exemple l'interaction du jet avec son environnement, lors d'exposition courte.
- L'utilisation de la technique des rayons X offre une alternative aux méthodes plus conventionnelles de type LIF, PIV, LDA, etc. qui peuvent être perturbées par un gradient d'indice. Dans REFINE, la mesure par rayon X consiste en une radiographie du jet par absorption en utilisant une source X dédiée aux applications supercritiques.
- La technique CBOS a déjà fait ses preuves dans le cas d'écoulements supersoniques. Elle sera testée dans REFINE pour des écoulements supercritiques. Cette technique est une extension des

méthodes Schlieren et permet de visualiser des objets réfringents par distorsion d'un fond coloré.
- Des simulations numériques de type LES seront réalisées au même titre que les diagnostics expérimentaux. Le solveur SiTComB sera utilisé. Il s'agit d'un code de calcul structuré avec IBM dédié aux écoulements compressibles multi-espèces (résolution des équations de Navier-Stokes en LES et DNS) de type gaz parfait ou réel.

Résultats

Résultats en cours.

Perspectives

A court terme: mise en route du banc REFINE et validation des premiers résultats

Productions scientifiques et brevets

Une conférence invitée a été donné par G. Ribert lors de la 5ème Ecole de Combustion du Brésil de l'Institut International du Brésil en 2015. Le sujet évoqué était l'étude de l'injection de gaz réel.

Partenaires

CORIA COmplexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie

GREMI Groupe de Recherches sur l'Energétique des Milieux Ionisés

Aide versée par l'ANR 469 909 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 235 000 euros

Début et durée janvier 2014 - 48 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Guillaume RIBERT (COmplexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie)
ribert@coria.fr

Site internet du projet : <http://www.coria-cfd.fr/index.php/REFINE>

Projet REMEDDIES

Relation Entre Microstructure, Etats de contrainte et Durée De vie De Superalliages

REMEDDIES

Relations entre la microstructure, les contraintes internes et la durée de vie en fatigue d'un superalliage à base de nickel

Enjeux

et

objectifs

Le procédé de grenailage des pièces mécaniques est couramment utilisé pour améliorer leur durée de vie lorsqu'elles sont soumises à des sollicitations thermomécaniques. Dans le cas des superalliages pour disques de turbines aéronautiques, on se demande si ce traitement mécanique est réellement bénéfique au vu de leurs sollicitations en cours de service. Dans ce projet, il s'agit d'étudier la relation entre la microstructure du matériau N18, les niveaux de contraintes résiduelles introduits par le procédé de grenailage et la durée de vie en fatigue d'éprouvettes représentatives du disque de turbine. Afin de dégager des tendances, 4 microstructures modèles sont étudiées. Elles diffèrent par leur taille moyenne de grains (~0,05 mm et ~0.1mm) et leur taille moyenne de précipités gamma prime (~200 nm et ~2000 nm). Le programme de recherche consiste à générer les microstructures, grenailer des échantillons, déterminer des profils de niveaux de contraintes résiduelles, réaliser des essais de fatigue oligocycliques à différentes températures. Un volet numérique est aussi mis en place afin d'introduire les niveaux de contraintes mesurés sur des échantillons de géométrie simple dans un code de calcul permettant de modéliser le comportement de pièces mécaniques possédant des géométries plus complexes et de prévoir leur durée de vie. La détermination des niveaux de contraintes résiduelles par diffraction des rayons X dans des matériaux où la taille de grain n'est ni petite (quelques micromètres), ni grande (de l'ordre de millimètre) est le point ambitieux du projet et demande un travail de développement.

Approches

mises

en

oeuvre

- Les microstructures sont développées spécifiquement pour ce projet à partir de traitements thermiques sur des échantillons prélevés dans une ébauche d'un disque de turbine fourni par SNECMA (groupe Safran).
- La méthode des $\sin^2\psi$ est utilisée en laboratoire et la microdiffraction Laue au synchrotron afin de déterminer les niveaux de contraintes dans des échantillons ayant subi différents traitements thermiques et mécaniques (grenailage, fatigue et maintiens isothermes).
- Des essais de traction et de fatigue oligocyclique sont réalisés sur les différentes microstructures afin d'identifier leur comportement mécanique et de déterminer leur durée de vie pour différents niveaux de sollicitations.
- Les niveaux de contraintes résiduelles déterminés expérimentalement sur des échantillons grenailés sont introduits dans une modélisation de type éléments finis. Leur relaxation en fonction de la température et du nombre de cycles de fatigue est calculé et comparé aux mesures.

Résultats

- les paramètres des traitements thermiques nécessaires à l'obtention de microstructures les plus homogènes possibles en termes de taille de grains et de taille de précipités ont été définis pour l'alliage N18. La principale difficulté a été d'éviter la croissance préférentielle de certains grains (croissance anormale) dans un alliage où la température de solvus des précipités gamma prime

primaires et la température de brulure de l'alliage ne sont séparées que par une quinzaine de degrés. Pour la suite de l'étude, nous avons retenu des microstructures avec une taille de grain moyenne de 40 et 80 micromètres et des tailles de précipités de 200 et 2000nm. - Des mesures de contraintes résiduelles ont été réalisées en laboratoire et au synchrotron sur des échantillons de référence et grenaillés dont la taille de grain moyenne est voisine de 50 micromètres. Pour les échantillons non grenaillés, nous avons réussi à déterminer des niveaux de contraintes résiduelles avec la méthode des $\sin^2\psi$ en laboratoire lorsque la zone irradiée par le faisceau incident sur la surface de l'échantillon possède une surface d'au moins 10mm². Cette taille n'est compatible qu'avec des échantillons possédant une surface plate, en aucun cas avec la surface courbée d'éprouvettes de fatigue de 6mm de diamètre. Deux campagnes de mesure ont été réalisées au synchrotron à Grenoble. La première a consisté à réaliser un essai mécanique in situ pour différentes températures sur des échantillons non grenaillés afin de déterminer les constantes élastiques radiocristallographiques. La seconde a consisté à réaliser des cartographies de champs de contraintes et de déformations sur des sections d'éprouvettes grenaillées et non grenaillées en utilisant la technique de la microdiffraction Laue. L'analyse préliminaire des données montre qu'il est possible de déterminer naturellement l'orientation des grains ainsi que les composantes du tenseur déviatorique à l'intérieur des grains ou d'un grain à l'autre.

Perspectives

La prochaine phase du projet sera consacrée à l'obtention de profil de contraintes résiduelles en fonction de la profondeur pour les quatre microstructures définies plus haut d'une part et à la caractérisation expérimentale de leur état mécanique d'autre part. L'analyse fine des données obtenues par microdiffraction Laue au synchrotron sera poursuivie afin de savoir comment les contraintes de grenaillages s'installent dans et entre les grains de l'alliage. L'exploitation des gradients de rotation devrait aussi permettre de quantifier les densités de dislocations géométriquement nécessaires (GND).

Productions scientifiques et brevets

Pas de productions scientifiques et brevets

Partenaires

IJL Institut Jean Lamour

ONERA PALAISEAU Laboratoire d'Etude des Microstructures

Aide versée par l'ANR 325 000 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 162 500 euros

Début et durée février 2014 - 48 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Mathieu FÈVRE (Laboratoire d'Etude des Microstructures)

Edition 2013

Projet SLENDER

Structures élancées : stabilité, optimisation, contrôle

Ce projet de recherche a pour objectif l'étude et le développement d'applications de structures composites multistables en forme de plaques ou coques, qui peuvent se comporter comme des surfaces qui adaptent leur forme en subissant des grands déplacements et rotations sous l'effet de chargements externes et d'une actuation embarquée. Cette recherche implique l'étude de phénomènes non linéaires complexes qui ont lieu lors des grands déplacements de structures élancées (poutres, arcs, plaques ou coques) afin de développer des modèles et des outils pour la prédiction, la conception et le contrôle de ces phénomènes. Les grandes non linéarités sont le facteur crucial pour comprendre la stabilité ou la perte de stabilité de structures élancées.

Notre objectif est de traiter deux aspects dans ce large domaine :
i. d'abord le développement d'une approche théorique et numérique intégrée pour la conception optimale de plaques ou coques composites stratifiées capables de maintenir plusieurs configurations d'équilibre distinctes, grâce à la combinaison des effets des non linéarités géométriques, de l'anisotropie et de pré-contraintes induites par le gradient des propriétés matériau dans l'épaisseur. L'idée est de commencer par l'étude de modèles analytiques relativement simples pour l'étude de grandes non linéarités afin de saisir les phénomènes fondamentaux et, ensuite, de valider les résultats par des plus fines simulations numériques et par la réalisation d'essais expérimentaux. Ceci peut ouvrir la voie à une modélisation plus fine, ainsi qu'à la conception et l'optimisation de structures multistables plus complexes;
ii. un autre aspect concerne l'étude théorique et la validation expérimentale d'une actuation efficace à base de matériaux actifs, tels que les Alliages à Mémoire de Forme (AMF) pour le contrôle de forme de la structure (passage d'une configuration d'équilibre à une autre) sans besoin de joints ou actionneurs conventionnels.

En synthèse, ce projet est dédié à la modélisation, la conception optimale et le contrôle de forme de structures multistables, c'est-à-dire des structures peuvent maintenir différentes configurations d'équilibre sans le besoin de forces externes. Les domaines d'application sont très variés et se situent à la frontière de l'innovation et de la recherche de pointe : les structures multistables, aussi présentes en Nature, sont les composantes de dispositifs modernes, comme des structures déployables et adaptatives pour l'aéronautique et l'espace, miroirs, écrans minces, etc. Les développements proposés dans ce projet mettent en synergie plusieurs approches et disciplines: modélisation, validation numérique et expérimentale, compréhension des phénomènes physiques, optimisation.

En considération des domaines d'application et des approches envisagées, ce projet peut être évalué dans le cadre du protocole d'accord ANR/FRAE : des liens importants existent avec les thèmes prioritaires I, VI, VIII, IX, ainsi qu'avec le thème III concernant les couplages physiques en jeu.

Finalement, ce projet entend réunir un groupe de jeunes chercheurs, experts dans différents domaines de la mécanique des structures (modélisation, optimisation, élasticité, matériaux actifs, singularités, stabilité,...) afin de construire et renforcer une équipe de recherche basée à l'Institut Jean Le Rond d'Alembert (IJLRdA), Université Pierre et Marie Curie (UPMC). Des collaborations externes sont prévues avec deux collègues, l'une de l'Ecole Nationale Supérieure de Cachan et l'autre de l'Università Roma 1 La Sapienza. Aussi, ce projet donnera contribution au développement des récentes activités expérimentales en mécanique des solides à l'IJLRdA par la réalisation de simples dispositifs de test. Cette activité expérimentale a démarré il y a quelques années dans le domaine de la mécanique des fluides et elle est fortement encouragée par la direction de l'IJLRdA.

Partenaires

IJLRA Institut Jean Le Rond d'Alembert

Aide versée par l'ANR 224 652 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 112 500 euros

Début et durée janvier 2014 - 48 mois

Coordinateur du projet :

Madame Angela VINCENTI (Institut Jean Le Rond d'Alembert)

angela.vincenti@upmc.fr

Efficacité énergétique des procédés et des systèmes (DS0205)

Edition 2014

Projet ANVES

Méthodes d'ordre élevée pour la simulation aux grandes échelles des écoulements dans les systèmes énergétiques

L'objectif de ce projet est le développement de méthodes numériques d'ordre élevées pour la simulation des écoulements turbulents dans des géométries complexes. Le contexte est celui des méthodes éléments finis discontinus appliqués à la simulation aux grandes échelles. Ces méthodes permettent d'envisager la simulation numérique d'écoulements turbulents confinés en préservant un ordre de précision de la méthode quelque soit le maillage et la géométrie. Des efforts particuliers seront fait pour développer des opérateurs de dissipation sélective dédiés à l'utilisation d'un modèle de similarité mixte et au couplage d'une description affinée des écoulements en région de proche paroi avec la simulation des grandes échelles non stationnaires. Des opérateurs de filtrage spécifiques seront développés pour ces méthodes d'ordre élevé, couplées aux modélisation de sous-maille à filtrage explicite.

Partenaires

CORIA Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie

Aide versée par l'ANR 129 428 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 64 714 euros

Début et durée octobre 2014 - 48 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Guido Lodato (Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie)

Edition 2014

Projet HighS-Ti

Microstructures Harmoniques à Hautes Résistances Mécaniques base Titane. Elaboration et Propriétés

La plupart des matériaux de structure sont des alliages métalliques, souvent multi-élémentaires. Ceci est le cas pour certains aciers ou les alliages de titane dont les éléments d'alliage sont rares et/ou disponibles en faibles concentrations dans la croûte terrestre et parfois difficiles à affiner. En effet, le nombre d'éléments utilisables déjà très faible est encore restreint par les risques de toxicité.

Il semble donc urgent de développer de nouvelles méthodologies qui permettront d'utiliser plus efficacement les éléments disponibles afin de concevoir et réaliser de nouveaux matériaux de structure à partir de l'existant, pour éviter que le progrès ne devienne un fardeau pour la nature et l'environnement. Une telle démarche n'est valable que si les matériaux ainsi conçus possèdent des caractéristiques mécaniques supérieures et des performances fiables.

Dans le cadre de la présente proposition, grâce à la versatilité de technologies basée sur la métallurgie des poudres comme par exemple le frittage flash (SPS) et le pressage isostatique à chaud (HIP), un nouveau concept combinant déformation plastique sévère (par broyage contrôlé et superficiel des particules de poudres micrométriques) et procédés de frittage (SPS et HIP) sera utilisé pour concevoir et développer des microstructures dite harmoniques.

La structure harmonique obtenue après frittage/consolidation de la poudre déformée sera constituée d'un réseau 3D continu, le squelette, à grains ultrafins entourant un cœur constitué de gros grains. Cela les rend uniques par rapport aux microstructures bimodales hétérogènes "nano-micro" habituellement produites par diverses voies métallurgiques.

Les matériaux envisagés ici sont le titane pur (Ti), Ti-6-4 (Ti6Al4V) et un β -Ti (Ti15V3Cr3Sn3Al) en raison de leur importance technologique. Après élaboration, une combinaison de techniques avancées de caractérisation à la fois macroscopique (essais quasi-statiques et d'impact) et « méso/micro » (traction in situ sous DRX, traction in situ sous MET) sera menée pour étudier finement les mécanismes élémentaires de déformation et fournir les paramètres d'entrée nécessaires pour les modèles prédictifs de ces structures harmoniques complexes. En effet, les simulations numériques et la modélisation mécanique seront mises en œuvre. En l'occurrence, elles simuleront l'endommagement qui pourrait résulter des incompatibilités de déformation entre le squelette à grains ultrafins et le cœur. Les modèles aideront à comprendre les paramètres critiques et à optimiser les conditions d'élaboration des microstructures.

En plus de la compréhension et de la prédiction du comportement mécanique macroscopique, nous comptons répondre aux questions suivantes (liste non exhaustive):

- Les matériaux à microstructures harmoniques possèdent-ils de meilleures propriétés mécaniques comparées aux mêmes matériaux ayant des microstructures plus classiques et/ou bimodales ?
- Les microstructures harmoniques de Ti pur possèdent-elles des propriétés meilleures que celles du Ti allié (Ti-6-4 ou β -Ti) conventionnel?
- les propriétés de haute résistance et de haute ductilité permettront-elles de réaliser des pièces de structure légères et compactes avec une fiabilité meilleure ?

Si la réponse est oui, alors nous pourrions préserver non seulement les éléments d'addition rares mais aussi diminuer les coûts associés aux traitements thermomécaniques et à l'usinage. Cela contribuera à un certain niveau à:

- économiser les ressources et l'énergie
- réduire les émissions de CO2
- améliorer la recyclabilité
- Découvrir de nouvelles applications et fournir à la société le fruit des travaux de recherche.

Les connaissances qui résulteront de ce projet seront de nature à participer aux initiatives récentes prises au niveau national pour un renouvellement de la métallurgie, tant du point de vue de la recherche fondamentale, du transfert de technologie que de celui de la formation des jeunes scientifiques de tous niveaux.

Partenaires

CEMES Centre d'Elaboration de Microstructures et d'Etude Structural

IJL CNRS DR CENTRE- EST

Pprime Institut Pprime

LSPM Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux

RITS Ritsumeikan University

Aide versée par l'ANR 469 299 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 248 741 euros

Début et durée octobre 2014 - 48 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Guy DIRRAS (Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux)

Projet M-SCOT

Tests multi-échelles en corrosion : application à la prévision de la propagation de la corrosion intergranulaire d'un alliage de référence en aéronautique.

Comme les appareils vieillissent, la maintenance aéronautique représente un coût de plus en plus élevé qu'il devient important de réduire, en proposant des stratégies d'inspection intégrant des outils prédictifs des risques de propagation d'un défaut existant. La présence d'un défaut de corrosion, comme peut le provoquer la corrosion intergranulaire, forme donc un site d'amorçage de rupture en fatigue qui risque d'être très dommageable pour l'intégrité d'une structure avion. La prévision de la vitesse de propagation de ce type de défaut reste un enjeu scientifique non résolu et un obstacle technique clé. La construction du projet M-SCOT est motivée par le besoin important défini par le partenaire industriel de ce projet, AIRBUS Group Innovations, qui souhaite développer des stratégies de R&D permettant de valider des tests afin de statuer sur la nocivité d'un défaut de corrosion intergranulaire et sur la durée de vie restante pour la structure concernée. Dans ce projet M-SCOT, on propose de revisiter en particulier des tests de laboratoire en s'appuyant sur des simulations à l'échelle micro-environnementale. La vitesse de propagation d'un défaut de corrosion intergranulaire, et donc la validation des tests, étant très liée à la microstructure des alliages concernés, le projet M-SCOT s'intéresse à l'alliage emblématique de l'aéronautique, l'alliage d'aluminium 2024. Le comportement en corrosion de ce dernier est en effet plus que largement décrit du point de vue phénoménologique dans la littérature et constitue une cause importante de dommage structural associé au vieillissement des avions civils et militaires. L'objectif final attendu est de pallier le manque de données prédictives pour ce qui concerne la corrosion intergranulaire; cela représente en effet un réel blocage dans la mise en œuvre de la gestion opérationnelle des défauts existants dans les structures, lorsque ceux-ci ont pour origine un phénomène de corrosion. Le plan de travail scientifique et technique a été défini pour couvrir l'ensemble des échelles pertinentes pour ce type de corrosion afin de développer une méthodologie utilisable par les ingénieurs en charge de la maintenance qui soit basée sur la quantification des mécanismes de propagation (essais à l'échelle laboratoire) et sur la simulation numérique de la propagation de la corrosion intergranulaire (modélisation à l'échelle de la microstructure). Les résultats attendus concernent la prévision de la vitesse de corrosion intergranulaire; ils sont issus des essais sur éprouvettes ou d'expériences numériques, menés à l'échelle de la microstructure pour des milieux simulés numériquement, à l'échelle du laboratoire dans des environnements contrôlés et enfin à l'échelle de l'ingénieur dans des environnements normalisés représentatifs de conditions naturelles de corrosion atmosphérique (expositions en milieu marin, en brouillard salin, en immersion-émersion). Les tâches ont été construites, sur la base des compétences des trois partenaires impliqués, de façon à démontrer que la prédiction de la vitesse de corrosion intergranulaire nécessite la comparaison des profondeurs de pénétration moyennes et maximales obtenues lors des essais sur éprouvettes métalliques à la vitesse de propagation instantanée définie à partir de la modélisation. Au-delà des résultats immédiats du projet, le livrable final se présentera comme un guide d'application (pouvant constituer les bases d'une norme) qui aidera les ingénieurs à améliorer et à rationaliser leurs connaissances des tests de corrosion, afin de proposer des règles d'évaluation suivant une démarche reposant sur des lois de tolérance aux dommages. Les tests développés permettront de prédire la performance des pièces de structure qui sera de plus en plus importante d'autant que les matériaux métalliques sont, et seront combinés avec des matériaux composites par assemblages hybrides qui risquent de générer des dommages de corrosion complexes.

AGI AIRBUS Group Innovations

CIRIMAT Centre Inter-universitaire de Recherche et d'Ingénierie des Matériaux

ICB/UMR 6303 Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne

Aide versée par l'ANR 551 928 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 236 553 euros

Début et durée octobre 2014 - 54 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Roland OLTRA (Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne)

Microcombustion Assistée par Plasma et Excès d'Enthalpie

La proposition de recherche concerne les technologies de micro-combustion utilisées dans la production et / ou l'utilisation de l'énergie par des équipements de taille réduite. Le terme microcombustion indique que la combustion a lieu dans de petits espaces de l'ordre de grandeur de quelques millimètres. Typiquement, la microcombustion est étudiée dans des tubes de diamètres compris entre 2 et 6 millimètres où une flamme de diffusion ou bien prémélangée se stabilise dans un écoulement laminaire. A cette échelle, la surface des parois par rapport au volume de l'enceinte augmente de façon drastique conduisant à des situations inhabituelles pour la combustion. La limite basse d'inflammabilité, le diamètre et la vitesse de propagation de la flamme sont contrôlés par des phénomènes qui diffèrent de ceux contrôlant la combustion dans des enceintes plus grandes. Les études existantes, principalement phénoménologiques, dont une menée par le coordinateur du projet actuel, ont mis en évidence de nouveaux mécanismes de stabilisation et de mouvements oscillatoires jamais observés à des échelles plus grandes. Au-delà des limites d'inflammabilité classiques observées pour les flammes très pauvres ou très riches, de nouveaux régimes transitoires ont été observés. A ce stade, la microcombustion souffre d'un manque de recherches fondamentales en termes d'expériences, la modélisation et la simulation numérique. Le but de notre projet est d'étudier la physique des micro-brûleurs à travers quatre directions simultanées:

- Tout d'abord, des expériences seront menées pour mesurer la dynamique de la flamme, les interactions flamme / paroi et l'influence des sources d'énergie externes sur les mécanismes de stabilisation en tube microscopique. Le défi est la mise en place de diagnostics laser dans un tube de quelques millimètres de diamètre afin de quantifier les concentrations de radicaux, la vitesse d'écoulement, la température de paroi et l'emplacement du front de flamme avec un taux d'échantillonnage suffisamment élevé pour suivre les phénomènes instationnaires et transitoires.
- Deuxièmement, les simulations numériques fines (DNS) seront réalisées pour étudier le comportement transitoire observé dans de tels systèmes. Des efforts seront concentrés sur le couplage entre l'écoulement et les parois.
- Troisièmement, l'ajout d'une aide extérieure pour la combustion grâce à l'utilisation de plasma sera étudié à la fois expérimentalement et numériquement. Expérimentalement, le défi consiste à générer un plasma efficace dans des volumes très faibles, pour ensuite mesurer et quantifier l'impact et le gain éventuel apporté par le plasma sur la dynamique des flammes. Numériquement, les développements porteront sur la cinétique de combustion afin de prendre en compte le couplage avec les radicaux émis par le plasma.
- Quatrièmement, la petite taille de la chambre de combustion et le fort couplage entre les murs et l'écoulement donne lieu à des variations rapides de la position de la flamme. Cette situation permettra de développer de nouveaux outils bas ordre visant à prédire le mouvement de la flamme, en prenant en compte les couplages non-linéaires. La richesse, le matériau de la paroi, la vitesse d'écoulement et le diamètre du tube sont parmi les paramètres à prendre en compte pour aborder la dynamique de combustion. Ces outils de prévision seront d'une grande aide pour ouvrir la voie à la conception rapide et efficace de ce type de brûleurs.

Partenaires

INSA CORIA CORIA

EM2C EM2C CNRS UPR288

Aide versée par l'ANR 293 211 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 146 706 euros

Début et durée octobre 2014 - 60 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Franck Richecoeur (EM2C CNRS UPR288)

Edition 2014

Projet MORE4LESS

Modélisation des écoulements particulaires réactifs pour les procédés durables à faible impact énergétique

De nombreux procédés industriels comme la combustion de charbon, le craquage catalytique, les réacteurs de polymérisation en phase gazeuse ou, plus récemment, la gazéification de biomasse et le chemical looping mettent en jeu des écoulements réactifs dans lesquels une phase fluide coexiste avec une phase solide dispersée. Dans un contexte de coût croissant de l'énergie et de transition énergétique, améliorer la maîtrise et la conception de ces procédés représente un défi scientifique et technologique majeur (MORE control 4 LESS environmental footprint). Ainsi, il s'agit avant tout de bien comprendre les différents couplages: hydrodynamiques, chimiques, thermiques, dans ces écoulements et de pouvoir les prédire de façon fiable. L'objectif de MORE4LESS est de bâtir une modélisation multi-échelle des écoulements particulaires réactifs, et de travailler sur le chaînon faible, l'échelle méso, pour construire un modèle Euler/Lagrange non-isotherme avec réactions chimiques pour les écoulements chargés en particules en régime dense et dilué. Ce modèle sera implanté dans un code numérique massivement parallèle nous permettant d'envisager le design de systèmes semi-industriels.

Partenaires

CORIA COMPLEXE DE RECHERCHE INTERPROFESSIONNEL EN AÉROTHERMOCHEMIE, ROUEN

IFPEN IFP ENERGIES NOUVELLES

IMFT INSTITUT DE MÉCANIQUE DES FLUIDES DE TOULOUSE

UBC UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA

Aide versée par l'ANR 464 863 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 232 832 euros

Début et durée octobre 2014 - 60 mois

Coordinateur du projet :

Karine TRUFFIN (IFP ENERGIES NOUVELLES)

Projet OPTIMUM

OPTimisation des assemblages de MUlti-Matériaux par soudage friction linéaire pour les applications aérospatiales

OPTIMUM a pour objectif l'étude expérimentale et numérique des assemblages métalliques réalisés par soudage par friction linéaire (Linear Friction Welding LFW). Une démarche originale et intégrée liant le process d'élaboration, les conséquences sur les évolutions microstructurales et les propriétés d'emplois, notamment vis-à-vis de la prédiction de la durée de vie des assemblages sera mise en place. L'accent sera porté sur les nouvelles nuances d'alliages métalliques ou sur l'assemblage de bi-matériaux. Des techniques de caractérisation innovantes et multi-échelles seront exploitées pour analyser les effets des paramètres du procédé sur l'évolution des microstructures dans la zone de soudure (i.e. capacité à interpréter les mécanismes à l'origine des différentes zones observées de la microstructure). Un outil de simulation numérique par éléments finis du procédé de soudage par friction linéaire prenant en compte les différentes phases intervenant dans la réalisation de l'assemblage et validé par des confrontations poussées avec des données expérimentales issues de l'instrumentation du procédé, sera développé afin d'examiner les variations des champs thermiques, cinématiques et de contraintes lors du soudage. La modélisation numérique du procédé contribuera à l'interprétation des phénomènes physiques mis en jeu à l'origine des évolutions microstructurales (e.g. niveau de température atteint et transformation microstructurale, champs de contraintes et mécanismes d'affinement de la microstructure). Le projet OPTIMUM est structuré en quatre lots principaux. Le premier est dédié à la réalisation des assemblages pour différents couples matériaux à base de titane ou de nickel. Des essais seront menés pour différents paramètres procédé (pression de forgeage, fréquence et amplitude d'oscillations) pour des configurations plan-plan, bi-plan ou tri-plan. Le deuxième lot est dédié à l'analyse physico-chimique et microstructurale de la zone de soudure complétée par des mesures de contraintes résiduelles et des profils de dureté par nanoindentation instrumentée. Le troisième lot concerne le développement d'un outil de simulation thermomécanique du procédé LFW dans l'environnement Forge®. Des confrontations de données expérimentales et numériques tels les gradients de champs thermiques locaux, la géométrie du joint soudé (e.g. taille et géométrie de la bavure), la consommation matière (i.e. réduction de taille des lopins matière après assemblage) permettront de juger de la qualité de l'outil numérique développé. Cet outil sera par la suite exploité pour l'aide à l'interprétation des évolutions microstructurales observées expérimentales (champs mécaniques locaux, vitesses de refroidissement...). Le quatrième lot du projet est dédié à l'étude de la durabilité des joints soudés par l'utilisation des techniques expérimentales non destructives telles que la tomographie, la laminographie pour l'analyse des éventuels défauts induits par le procédé (e.g. porosité). Des essais in situ d'évolution de l'endommagement et/ou de propagation de fissure au moyen d'essais mécaniques séquentiels ou in situ sous faisceau synchrotron seront réalisés.

Partenaires

ACB

AIRBUS GROUP SAS

ARMINES

ARMINES

UTC Laboratoire Roberval de Mécanique

Aide versée par l'ANR 841 972 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 403 778 euros

Début et durée octobre 2014 - 60 mois

Coordinateur du projet :

Madame Salima BOUVIER (Laboratoire Roberval de Mécanique)

Edition 2014

Projet SUB SUPER JET

Modélisation de l'atomisation d'un jet liquide avec transition sous- et super-critique

Le but de ce projet est de développer une approche théorique et numérique pour la simulation des grandes échelles de la fragmentation et l'atomisation de jet liquide pour une large gamme de pressions et de températures et permettant une description de la transition entre des fluides sous-critiques et supercritiques. La transition entre conditions sous-critiques et conditions supercritiques sera considérée à travers un nouveau modèle, capable de faire face à des effets de capillarité, la transition de phase entre un liquide et sa vapeur, ainsi que traiter la dynamique des fluides supercritiques. Ces différents régimes d'injection apparaissent dans les moteurs fusées à ergols liquides ainsi que dans les moteurs Diesel en fonction de la température et de la pression. La situation est probablement également déjà présente dans les moteurs d'avions actuels ou sera atteinte dans l'avenir du fait de l'augmentation de pression de la chambre. Pour des températures et pressions suffisamment basses par rapport au point critique, le fluide subit un processus d'atomisation classique, avec des discontinuités entre les phases liquide et gazeuse, et la formation de gouttes.

Pour des températures et pressions suffisamment basses par rapport au point critique, le fluide subit un processus d'atomisation classique. L'interface de séparation entre phases liquide et gazeuse est discontinue et des gouttelettes apparaissent à la phase finale de la fragmentation. Lorsque la pression est augmentée à des conditions supercritiques, la discontinuité de phase disparaît. Le jet évolue en présence d'une interface continue, le transfert de masse est piloté par les flux turbulents et le mélange est similaire à celui d'un jet à densité variable. Il est proposé de traiter tous ces aspects par LES et DNS. A la connaissance des auteurs, une telle approche unifiée n'a jamais été réalisée car la modélisation de transition de phase dans des conditions d'écoulement arbitraires est un véritable défi scientifique.

Partenaires

CNRS DR12 - IUSTI CNRS délégation Provence et Corse -IUSTI

CNRS - EM2C Laboratoire Energétique Moléculaire et Macroscopique

CERFACS STE CIVILE CERFACS

Aide versée par l'ANR 375 273 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 187 637 euros

Début et durée octobre 2014 - 60 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Thomas Schmitt (Laboratoire Energétique Moléculaire et Macroscopique)

Données massives, connaissances, décision, calcul haute performance et simulation numérique (DS0708)

Edition 2014

Projet TIMBER

Allumage et propagation diphasique dans les foyers multi-brûleurs

Lors du développement de nouveaux moteurs aéronautiques toujours plus performants et moins polluants, il est nécessaire d'assurer la fiabilité du réallumage en haute altitude. Le projet TIMBER regroupe trois laboratoires (CERFACS-CORIA-EM2C) et le groupe SAFRAN pour étudier et simuler précisément l'allumage de foyers annulaires multi-brûleurs tels que ceux que l'on retrouve dans les chambres de combustion aéronautiques. Les simulations envisagées sont, d'une part, conséquentes et nécessiteront l'utilisation des dernières machines massivement parallèles, rendant de tels calculs intensifs réalisables. D'autre part, elles seront profondément multi-physiques de part la richesse des phénomènes physiques impliqués (diphasique, turbulence, combustion, thermique des parois, rayonnement). Plusieurs études expérimentales sur des chambres multi-injecteurs uniques fourniront les données nécessaires pour valider les différents éléments du projet.

Partenaires

INSA CORIA COmplexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie

CNRS - EM2C Laboratoire Energétique Moléculaire et Macroscopique, Combustion

Safran Safran SA

CERFACS STE CIVILE CERFACS

Aide versée par l'ANR 483 890 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 241 945 euros

Début et durée octobre 2014 - 60 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Ronan Vicquelin (Laboratoire Energétique Moléculaire et Macroscopique, Combustion)

Revêtements fonctionnels acoustiques à base de Métamatériaux souples

Les métamatériaux acoustiques constituent une nouvelle génération de matériaux très prometteurs dont les propriétés hors du commun, basées sur des valeurs "exotiques" de leur indice acoustique (nulle, infinie, imaginaire ou encore négative), laissent entrevoir des solutions avancées pour de nombreuses applications telles que le contrôle spatial de champ (imagerie haute résolution et filtrage spatial) ou encore l'ultra-absorption et l'invisibilité acoustique (isolation et furtivité). Parmi les différentes classes de métamatériaux, les milieux localement résonants permettent de contrôler la propagation des ondes de grandes longueurs d'onde, avec de faibles épaisseurs, grâce à des petits résonateurs basse fréquence.

Il y a actuellement un engouement certain pour des applications telles que l'isolation sonore dans le domaine de l'audible et la furtivité en acoustique sous-marine. Par ailleurs, l'instrumentation ultrasonore et l'imagerie représentent également des enjeux de taille. Cependant, beaucoup de métamatériaux acoustiques restent encore à l'état de concepts à l'heure actuelle.

Les techniques de fabrication empruntées au monde de la matière molle ouvrent de nombreuses pistes quant à la réalisation de nouveaux matériaux tant elles sont nombreuses et variées en termes de procédés mis en jeu et de propriétés physico-chimiques des constituants (polymères par exemple). Forts de nos récents développements sur les résonateurs macro-poreux de type mousse de polymère, véritables briques élémentaires de nos métamatériaux acoustiques, nous pouvons sérieusement envisager la fabrication de plusieurs dispositifs acoustiques grâce à la large gamme d'indice acoustique que nous avons atteinte expérimentalement.

Ce projet est un projet pluridisciplinaire entre trois laboratoires bordelais impliquant des experts de la physique des ondes, de la matière molle et de la micro-fluidique. Le consortium collabore activement depuis 5 ans autour des métamatériaux acoustiques obtenus par des techniques de la matière molle. Cette collaboration étroite bénéficie d'une proximité géographique et de compétences complémentaires pour relever de nombreux défis en termes de formulation et de mises en évidence de phénomènes acoustiques complexes. Le défi "matériaux" consiste à développer une nouvelle classe de revêtements acoustiques basés sur des concepts type métamatériaux, faciles à mettre en forme et à produire en grandes quantités. Dans un premier temps, la "méta-matière" pourra se présenter sous la forme d'une dispersion fluide de type peinture qui pourra ensuite être polymérisée sur de grandes surfaces pour obtenir des revêtements souples qui pourront également être structurés par lithographie douce et mis en forme par moulage. Dans ce projet, les possibilités de synthèse et de structuration de nos résonateurs sous forme de dispositifs acoustiques sont très larges grâce aux nombreuses techniques qui seront employées.

Le défi "physique des ondes" concerne la conception et la démonstration de fonctions acoustiques ciblées. Les fonctions choisies, en lien avec des ruptures technologiques très attendues dans le domaine, auront pour vocation première l'absorption par des revêtements sub-longueur d'onde dans un contexte d'isolation et de furtivité, puis le contrôle spatial de champ pour le filtrage spatial, la modulation de front d'onde et l'invisibilité acoustique.

Le déroulement du programme BRENNUS est le suivant:

1. Chimie et synthèse de micro-résonateurs selon divers critères (géométrie, traitement de surface, production de masse) et formulation de la matrice hôte
2. Structuration et mise en forme des métamatériaux en utilisant des techniques de matière molle dans le but de réaliser des revêtements acoustiques souples

3. Réalisation de trois types de démonstrateurs:
- a. Revêtements sub-longueur d'onde pour l'isolation et la furtivité
 - b. Revêtements de transducteurs ultrasonores pour le filtrage spatial
 - c. Couches anisotropes pour capes d'invisibilité

Partenaires

CRPP Centre de Recherche Paul Pascal

I2M Institut de Mécanique et d'Ingénierie

LOF Laboratoire du Futur

Aide versée par l'ANR 460 120 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 230 060 euros

Début et durée octobre 2015 - 42 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Olivier PONCELET (Institut de Mécanique et d'Ingénierie)

Projet FA2SCINAE

Fabrication Additive et FAAtigue de Structures Cellulaires Intégrées en Aeronautique

La fabrication additive appliquée aux pièces métalliques est en train de franchir un cap. On commence à ne plus simplement fabriquer des formes, mais aussi à garantir des propriétés mécaniques. Parmi les propriétés cruciales dans un domaine tel que l'aéronautique, la tenue à la fatigue demeure cependant encore peu étudiée. Cette tenue à la fatigue est un paramètre d'autant plus limitant que les pièces intègrent des morphologies complexes telles que des structures cellulaires, complexité de forme qui constitue l'un des atouts affichés de la fabrication additive.

Dans ce contexte, le projet FA2SCINAE vise à lever les verrous liés à la tenue en fatigue de pièces intégrant des structures cellulaires et obtenues par fabrication additive, en se concentrant sur une technologie (EBM) et un matériau (alliage de titane TA6V, alliage aéronautique par excellence). Il mettra en œuvre de façon la plus couplée possible une approche « académique » et une approche « applicative » du problème.

L'approche académique concerne l'étude en fatigue de structures cellulaires seules. Ces structures seront élaborées sur la machine EBM de Grenoble INP. Elles seront caractérisées microstructuralement et mécaniquement (tâche 1). Les mécanismes de fatigue seront identifiés et des préconisations vis-à-vis de la résistance à la fatigue seront émises, en termes par exemple de densité limite, de tailles des poutres, de microstructures obtenues. Seront étudiés également l'impact de post-traitements visant à modifier la qualité de surface ou la qualité métallurgique des poutres constituant ces structures cellulaires (tâche 2). Les tâches 1 et 2 seront au cœur d'une thèse pilotée par l'INSA Lyon en collaboration étroite avec Grenoble INP.

L'approche applicative se placera dans un contexte global de conception ou de re-conception de pièces aéronautiques dans une optique d'allègement. On utilisera comme fil rouge deux cas d'études fournis par deux utilisateurs finaux du domaine aéronautique, Airbus et Zodiac, pour des pièces de structures soumises notamment à des sollicitations de fatigue. Les deux cahiers des charges correspondront respectivement à une pièce de structure extérieure de type attache (manille de mât réacteur ou chapes) et une pièce d'équipement intérieur (pièce de siège de cockpit hélicoptère). Des approches d'optimisation de forme et de dimensionnement amèneront à intégrer à ces pièces des parties en structures cellulaires (tâche 3). Les contraintes d'optimisation devront bien sûr intégrer les préconisations issues de la tâche 1, concernant la résistance à la fatigue.

La société Poly-Shape se chargera de la fabrication par EBM des pièces intégrant ces structures cellulaires (tâche 4), avant leur traitement de finition et leurs tests en situation chez les utilisateurs finaux Airbus et Zodiac (tâche 5). Pour les tâches « applicatives », le lien entre les partenaires académiques et industriels sera renforcé par deux post-docs.

Ce projet débouchera sur des préconisations en termes de conception, de type de structures cellulaires utilisables, de post-traitements, d'essais de qualifications, et ce pour la technologie EBM et l'alliage TA6V. Par ailleurs, les résultats développés dans les parties dédiées à l'optimisation topologique et à la re-conception pourront s'appliquer à d'autres techniques de fabrication additive, et à d'autres matériaux.

AIOP AIRBUS Operation SAS

Grenoble INP G-SCOP

INSA Lyon MAériaux Ingénierie et Science

Poly-Shape Poly-Shape

Grenoble INP SIMAP

ZSFR ZODIAC Seats France

Aide versée par l'ANR 651 421 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 325 910,50 euros

Début et durée octobre 2015 - 48 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Rémy DENDIEVEL (SIMAP)

Edition 2015

Projet MAGIC

Agentivité médiée pour la conception et l'évaluation des interfaces homme-système

Au cours des 50 dernières années, les mutations technologiques à l’œuvre ont profondément modifié l’interaction de l’homme à son environnement. L’influence de l’automatisation est aujourd’hui perçue dans tous les aspects de la vie quotidienne et non plus seulement dans le monde de l’industrie. Cette automatisation a certainement permis de rendre des aspects de la vie plus faciles, plus rapides et plus sûrs . Cependant, de nombreux travaux ont également souligné les conséquences négatives en matière de sécurité et de performance introduite par l’automatisation des systèmes. Ce phénomène de sortie de boucle de contrôle (« OOL performance problem ») se traduit par une série de difficultés rencontrées par l’opérateur en cas de défaillance. Parmi ces difficultés, on peut citer un temps de réaction plus élevé pour diagnostiquer une panne, décider si une intervention est nécessaire et pour déterminer les étapes à suivre pour rétablir la situation.

Ce problème d’efficacité lors des situations de reprise en main est un point critique dans la conception de tels systèmes et de nombreuses tragédies, plus ou moins récentes, montrent la difficulté pour l’opérateur humain de superviser un engin fortement automatisé. Malgré plusieurs décennies de recherches, ce phénomène reste à la fois difficile à circonscrire et à traiter. L’objectif de ce projet est d’améliorer notre compréhension du phénomène de sortie de boucle. En ce sens, le projet MAGIC visera à identifier (1) les corrélats neuro-fonctionnels du phénomène de sortie de boucle, (2) les principes d’échanges homme-machine permettant de compenser ce phénomène. Une approche multi-niveaux (comportemental et cérébral) est proposé afin de caractériser ce phénomène tant d’un point de vue physiologique que psychologique. Afin d’identifier les corrélats neuro-fonctionnels du phénomène de sortie de boucle, nous nous appuyerons sur les récentes avancées dans le domaine des neurosciences quant à la caractérisation des mécanismes sous-tendant le monitoring de notre propres actions et ceux relatifs aux états de vigilance et au processus attentionnel. En particulier, nous chercherons dans un premier temps à identifier les mécanismes cérébraux impliqués dans le monitoring d’action produite par un agent externe (humain ou artificiel) et à caractériser la dégradation de ce mécanisme lors du phénomène de sortie de boucle. Dans un second temps, nous chercherons à identifier les états mentaux favorisant l’apparition d’un tel phénomène. En particulier, à travers l’étude de la dégradation des mécanismes attentionnels et de vigilance précédant l’apparition des épisodes de sortie de boucle, nous chercherons à identifier la dynamique qui entraîne l’apparition d’un tel phénomène. Les résultats obtenus nous permettront d’identifier à la fois des marqueurs et des précurseurs physiologiques du phénomène de sortie de boucle. Afin de proposer des principes de conception permettant de compenser ce phénomène de sortie de boucle, nous nous appuyerons sur les mécanismes sous-tendant le contrôle et la compréhension d’action conjointe afin de concevoir des systèmes automatisés plus collaboratifs. En particulier, nous proposons d’utiliser les principes proposés par le cadre théorique de l’"agency" (Wegner, 2002) afin de concevoir des systèmes plus prédictibles, et ainsi plus facilement contrôlables et acceptables par l’opérateur humain. En ce sens, notre projet visera à comprendre (1) comment concevoir des systèmes plus prédictibles, (2) quelle est la relation entre la prédictibilité des systèmes et le phénomène de sortie de boucle, (3) comment remettre l’opérateur dans la boucle de contrôle lorsque ce phénomène de sortie de boucle apparaît.

Les retombées attendues de ce projet seront tant fondamentales (compréhension des mécanismes de supervision, caractérisation du phénomène de sortie de boucle) qu’appliquées (augmentation de la sécurité, outils de monitoring de l’état pilote, briques pour les futures interfaces Cerveau Machine),

Partenaires

ONERA Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales

Aide versée par l'ANR 274 999 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 137 436,50 euros

Début et durée janvier 2016 - 42 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Bruno Berberian (Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales)

Interactions humain-machine, objets connectés, contenus numériques, données massives et connaissance (DS0707)

Edition 2015

Projet AIRTIUS

Etude, design et implémentation expérimentale d'un espace tangible pour les interactions pilotes-système dans le cockpit du futur

Les cockpits des avions commerciaux intègrent des panels composés d'écrans pour afficher les paramètres des différents systèmes et de nombreux contrôleurs physiques (boutons, sélecteurs, ...) pour interagir avec ces paramètres. On observe une évolution de ces cockpits vers une agrégation des systèmes, une fusion des affichages, et une dématérialisation progressive des interfaces pilotes-systèmes. De nouveaux concepts tendent à remplacer les dispositifs actuels par un nombre réduit d'écrans tactiles. L'enjeu pour les industriels est de répondre à la complexité croissante des systèmes avec une plus grande flexibilité et de moindres coûts. Par exemple, l'écran unique tactile du démonstrateur ODICIS de Thales permet une organisation dynamique des interfaces sur un support numérique générique, adaptable à différents programmes avion et hélicoptère, civil ou militaire.

Après avoir largement exploré voire promu le tactile dans ce domaine, nous en voyons cependant les limites pour un cadre d'usage critique. Contrairement aux dispositifs physiques actuels, dont la perception et la manipulation passent aussi par le sens du toucher et la proprioception, les interfaces tactiles sont difficiles à utiliser sans les yeux ou en situation d'instabilité de l'aéronef. Pour des systèmes critiques, il est pourtant crucial de garantir l'usage en contexte dégradé: fumée dans le cockpit, turbulences, mais aussi stress ou surcharge cognitive des pilotes. De plus, comparée à une pleine utilisation de l'espace physique, l'interaction sur surface tactile ne favorise pas la construction d'une vision collaborative par les pilotes. Nous faisons l'hypothèse qu'une approche mixte des interfaces, intégrant au tactile des objets physiques et des interactions dans l'espace physique, prendrait mieux en compte les capacités sensorimotrices des pilotes et permettrait une meilleure collaboration, et par là permettrait d'identifier et de traiter les problèmes potentiels posés par le tout tactile. L'objectif scientifique central du projet est de construire et d'évaluer cette hypothèse, à travers l'exploration de dispositifs d'interaction mixte pour le cockpit. Nous nous intéressons par conséquent aux technologies haptiques, tangibles et organiques. L'haptique complète l'interaction tactile par l'envoi de signaux aux récepteurs sensoriels cutanés (vibration, pression, texture, ...). L'interaction tangible ajoute une dimension sensorielle proprio-kinesthésique ainsi qu'une meilleure conscience partagée de la situation. Enfin, le paradigme d'interaction organique, où c'est la surface qui se déforme dynamiquement pour adapter les interactions au contexte, intègre une contrainte inhérente au cockpit d'éviter la présence d'objets non fixés. L'objectif technique du projet est de développer l'interaction mixte en contexte critique. Il implique la réalisation de prototypes d'interaction pour le cockpit, répondant aux besoins de performance, de sécurité et de flexibilité. Le projet s'appuiera donc sur la réalisation d'une plateforme de simulation et de test, basée sur des interfaces cockpit tactiles, à laquelle seront intégrés des dispositifs et interactions physiques. Celle-ci permettra le recueil de données quantitatives et qualitatives sur les technologies mises en œuvre et la définition des propriétés et dimensions pertinentes en contexte critique. Le projet se donne ainsi les moyens de mesurer et de comparer l'impact des choix technologiques et de renseigner la criticité et la faisabilité de ces nouvelles technologies d'interface en termes de sécurité et de performance. Les résultats académiques et techniques attendus, une meilleure compréhension des paradigmes d'interaction mixte en contexte critique, seront exploitables par l'industrie. Ils visent à augmenter le niveau de maturité technologique (TRL) de ce type d'interaction dans le cockpit. La nature du consortium, laboratoires au sein de grandes écoles aéronautiques et PME innovantes, est en ce sens particulièrement adaptée.

Partenaires

Astrolab Astrolab

ENAC Ecole Nationale de l'Aviation Civile

Ingenuity i/o Ingenuity i/o

ISAE-Supaéro INST SUP AERONAUTIQUE ET ESPACE

INTACTILE SAS

Aide versée par l'ANR 564 907 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 282 453,50 euros

Début et durée octobre 2015 - 36 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur jean-luc VINOT (Ecole Nationale de l'Aviation Civile)

Edition 2015

Projet Coverif

Vers une combinaison de l'interprétation abstraite et de la programmation par contraintes pour la vérification de propriétés critiques pour des programmes embarqués avec des calculs en virgule flottante

Pouvoir vérifier la correction et la robustesse des programmes et systèmes devient un enjeu majeur dans une société où les applications embarquées sont de plus en plus nombreuses et où leur caractère critique ne cesse d'augmenter. C'est notamment un enjeu crucial pour le calcul basé sur l'arithmétique des nombres à virgule flottante, qui a des comportements assez inhabituels et qui est de plus en plus utilisée dans les logiciels embarqués. Notons par exemple le phénomène de "catastrophic cancellation" qui invalide la plupart des chiffres significatifs d'un résultat ou encore, des suites numériques dont le point de convergence est très différent sur les réels et sur les flottants. Un problème vient aussi de la difficulté à relier le calcul sur les flottants avec un calcul "idéalisé" qui serait effectué avec des nombres réels, la référence de fait lors de la conception du programme. Pour certaines valeurs d'entrée, le flot de contrôle lié aux réels peut ainsi passer dans une branche de la conditionnelle tandis qu'il passe par l'autre pour les flottants. S'assurer qu'un code, malgré cette divergence de flot de contrôle calcule tout ce qu'il est censé calculer, avec une erreur minimale, est l'objet de l'analyse de robustesse, ou de continuité. Le développement d'un ensemble de techniques et d'outils pour vérifier l'exactitude, la correction et la robustesse est donc un challenge important dans le domaine des logiciels embarqués critiques. L'objectif de ce projet est de contribuer à relever ce défi en explorant de nouvelles méthodes basées sur une collaboration fine entre interprétation abstraite (IA) et programmation par contraintes (PPC). Plus précisément, il s'agit de repousser les limites inhérentes à ces deux techniques, d'améliorer la précision des estimations, de permettre une vérification plus complète des programmes utilisant des calculs sur les flottants, et de rendre ainsi plus robustes les décisions critiques liées à ces calculs. Une des originalités de ce projet est de combiner les deux approches, pour permettre à la preuve de robustesse de bénéficier d'une précision accrue, par l'utilisation de techniques PPC, et le cas échéant, pour exhiber des cas non robustes. Il s'agit aussi de marier les forces des deux techniques : la PPC propose des mécanismes algorithmiques puissants, mais chers en temps de calcul, pour atteindre des domaines d'une précision arbitraire fixée. L'IA n'offre pas de contrôle fin sur la précision atteinte, mais a développé de nombreux domaines abstraits qui capturent très rapidement des invariants de programme de formes diverses. En intégrant certains mécanismes de la PPC (arbre de recherche, heuristiques) dans des domaines abstraits, on pourra, en présence de fausses alarmes, raffiner le domaine abstrait en se basant sur une notion de précision. La première difficulté à résoudre est d'asseoir les bases théoriques d'un analyseur basé sur deux paradigmes substantiellement différents. Lorsque les interactions entre PPC et IA seront bien formalisées, le deuxième verrou que nous visons à lever est de gérer des contraintes de formes générales et des domaines abstraits potentiellement non-linéaires. Enfin, un verrou important du projet concerne l'analyse de robustesse de systèmes plus généraux que les programmes, par exemple les systèmes hybrides, qui modélisent les programmes de contrôle commande. Les résultats des recherches menées dans ce projet seront validés sur des exemples réalistes issus du monde industriel, afin d'en déterminer l'intérêt et la pertinence. L'utilisation d'exemples réels est un des points clés de la validation des approches explorées : de par la complexité dans le pire des cas des problèmes traités, les techniques proposées ne traitent de manière acceptable que des sous classes de problèmes. Ainsi, les solutions adoptées restent souvent liées aux problèmes ciblés.

LIX Laboratoire d'Informatique de l'Ecole Polytechnique

LINA Laboratoire d'informatique de Nantes Atlantique

I3S Laboratoire d'Informatique, Signaux et Systèmes de Sophia Antipolis

UPMC Université Pierre et Marie Curie

Aide versée par l'ANR 751 167 euros

Dont un cofinancement par la FRAE de 375 583,50 euros

Début et durée octobre 2015 - 48 mois

Coordinateur du projet :

Monsieur Eric Goubault (Laboratoire d'Informatique de l'Ecole Polytechnique)