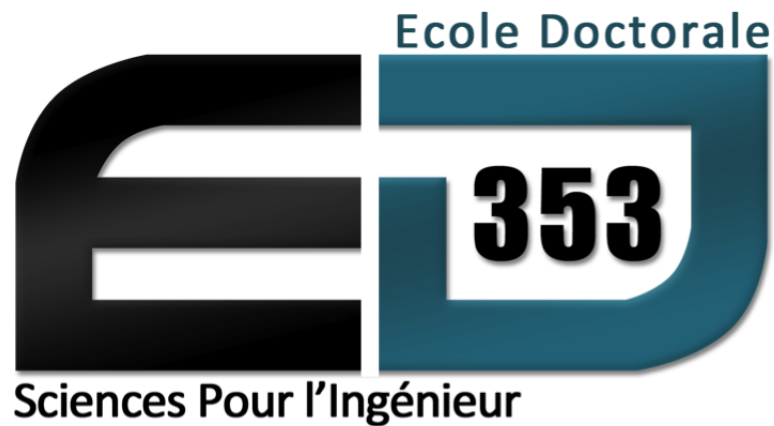




École Doctorale 353  
Sciences pour l'Ingénieur : Mécanique, Physique,  
Micro et Nanoélectronique



# Journée des Doctorants



**Le 27 Mai 2015**

Département de Mécanique-Énergétique de Polytech Marseille  
Technopôle de Château-Gombert, 5 rue Enrico Fermi  
13453 Marseille



# Programme de la journée

08h45 - 09h00	Intervention du directeur de l'École Doctorale
09h00 - 10h00	<b>Jean VIRIEUX</b> , Université Joseph Fourier <i>L'imagerie sismique haute résolution</i>
10h00 - 10h15	Pause en salle café
10h15 - 11h00	Présentations orales de la session I
11h00 - 12h15	Posters de la session I (salle café)
12h15 - 13h45	Pause déjeuner en salle café
14h00 - 14h45	<b>Gilles JOUBERT</b> , Société A-NSE <i>Exposé sur le dirigeable A-NSE</i>
14h45 - 15h30	<b>Renaud PIOLLET</b> , Société Tyrix Aerospace <i>Le système Argodrone</i>
15h30 - 16h15	Présentations orales de la session II
16h15 - 17h30	Posters de la session II (salle café)
17h30	<b>Remise des prix dans l'Amphithéâtre</b>

**Jean Virieux** - Université Joseph Fourier

## **L'imagerie sismique haute résolution**

Les défis variés que nos sociétés rencontrent pour la découverte des ressources et leur gestion (ainsi que celle des déchets ultimes), pour la réduction des effets des catastrophes naturelles et pour la compréhension du système Terre réclament des imageries de grande résolution de la Terre comme système hétérogène. Des acquisitions variées de mesures physiques (onde sismique, onde électromagnétique, pesanteur ...) de plus en plus performantes d'une part, des outils de traitement et de modélisation d'autre part sont mis en œuvre par le monde académique et par le monde industriel sur différentes cibles de la Terre global à la proche surface en passant par les structures lithosphériques ou crustales. L'explosion actuelle des données en volume et en qualité permet de pousser les limites de l'imagerie terrestre pour découvrir des détails avec une résolution spatiale exceptionnelle. Pour cela, l'exploitation sous forme hiérarchique de tout le signal sismique est nécessaire et permet de reconstruire divers paramètres physiques pour des interprétations de plus en plus fines. Des illustrations pour les ondes sismiques détailleront ces avancées récentes.

## Biographie

Jean Virieux, professeur à l'Université Joseph Fourier et membre de l'Institut Universitaire de France, est un sismologue travaillant à l'Institut des Sciences de la Terre (ISTerre). Sa thèse dont le titre est "Seismes : rupture et ondes" a été soutenue en 1986 à l'Université Paris 7 sous la direction du Pr. R. Madariaga. Ses thèmes de recherche s'axent sur la propagation des ondes sismiques en milieu hétérogène pour mieux comprendre la rupture lors d'un séisme ou pour caractériser les structures où se propagent les ondes. Les techniques d'imagerie développées essaient d'exploiter l'ensemble de l'information enregistrée par les sismographes à la surface de la Terre.

# Session Drones et Dirigeables (14h00-15h30)

## Gilles Joubert - Société A-NSE

L'entreprise A-NSE conçoit, réalise et commercialise des machines "plus légères que l'air" : des dirigeables et ballons captifs. Dans une première partie, l'entreprise est brièvement évoquée, puis les machines en services chez A-NSE sont présentées, avant de détailler certains projets en cours. Une seconde partie s'attache à décrire les problématiques de R&D en jeu dans ce domaine, ainsi que les tâches en cours. La troisième partie évoque l'apport du doctorat dans l'activité de R&D d'une petite entreprise en cours de développement.

**A propos de l'intervenant :** Monsieur Joubert est ingénieur diplômé de l'ENSHMG (Hydraulique-Mécanique de Grenoble) et de l'Université de Karlsruhe en Allemagne. Il est également titulaire d'un Doctorat effectué à l'ONERA et soutenu en 2012 sur le contrôle des écoulements sur profils en décrochage dynamique. Il occupe un poste d'ingénieur R&D chez A-NSE depuis fin 2012.

## Renaud Piollet - Société Tyrix Aerospace

Cette présentation aura pour thème le système Argodrone, le marché des drones et le développement d'un drone civil au sein d'une start up.

**A propos de l'intervenant :** Monsieur Piollet est ingénieur diplômé des Arts et Métiers. Il a occupé différents postes en R&D ou management chez Alcatel Space, Airbus ainsi que des sociétés de conseil et d'ingénierie. Il est actuellement directeur technique de Tyrix Aerospace.

# Session I

10h15 - 11h00

**Aurore Girardot**  
*résumé p. 14*

Endommagement d'une structure composite soumise à un chargement mécanique élevé, constant et de longue durée

---

**Yixian Zhou**  
*résumé p. 16*

Models for grain and gas ejection dynamics following the rupture of a nuclear fuel rod

---

**Anaïs Le Floch**  
*résumé p. 18*

Piégeage du tritium au sein de colis de déchets

---

**Boris Burgarella**  
*résumé p. 20*

Modélisation et homogénéisation de composites thermoplastiques à fibres courtes

---

**Jean-François Louf**  
*résumé p. 22*

Hydraulic signals induced by bending in artificial and natural branches : link with mechanoperception and long-distance signaling in trees

---

**Umberto Quaranta**  
*résumé p. 24*

Instabilités d'un sillage tourbillonnaire de rotor

---

**Emma Lubeigt**  
*résumé p. 26*

Ultrasonic imaging in liquid sodium : topological energy for damages detection

---

**Carlos Baqueiro Basto**  
*résumé p. 28*

Qu'est-ce que le micromélange ?

---



<b>Mariam Ouattara</b> <i>résumé p. 30</i>	Caractérisation expérimentale de gouttes et de l'aire interfaciale dans les systèmes d'extraction liquide-liquide par la technique arc-en-ciel
<b>Gabriel Eyer</b> <i>résumé p. 32</i>	Rupture en compression des composites
<b>Alexandre Moutte</b> <i>résumé p. 34</i>	Etude de jets turbulents à masse volumique variable
<b>Mathieu Souzy</b> <i>résumé p. 36</i>	Intensification du transfert en suspension cisailée
<b>Hao Liu</b> <i>résumé p. 38</i>	La méthode multigrilles Local Defect Correction en vue de la simulation de l'interface pastille-gaine (IPG)
<b>Florian Brunier-Coulin</b> <i>résumé p. 40</i>	Etude des mécanismes élémentaires d'érosion d'un sol cohésif
<b>Aloïs De Rivas</b> <i>résumé p. 42</i>	L'évaporation de spray dense comme processus de mélange
<b>Jocelyn Roze</b> <i>résumé p. 44</i>	L'influence des mouvements posturaux des violoncellistes sur leur expressivité musicale
<b>Matthieu de Genaro</b> <i>résumé p. 46</i>	Un modèle de propagation des grands feux de forêts avec suivi d'interface et maillage adaptatif
<b>Sébastien Bodard</b> <i>résumé p. 48</i>	Etude de la transition combustion-déflagration-détonation dans les milieux pulvérulents initiée par un impact à faible vitesse

---

<b>Marina Voisin</b> <i>résumé p. 50</i>	Tenue aux chocs d'une adhérence moléculaire renforcée : définition des essais
<b>Cécile Lachize</b> <i>résumé p. 52</i>	Etude d'écoulements turbulents inter-disques au voisinage du point critique d'un fluide ( $SF_6$ )
<b>Nathalie Giraud</b> <i>résumé p. 54</i>	Un modèle de réseau pour la propagation d'un incendie dans une structure massivement multi-compartimentée
<b>Mathilde Griveaux</b> <i>résumé p. 56</i>	Imagerie sismique en contexte fluide/solide : Etude numérique et expérimentale à partir de benchmarks expérimentaux en laboratoire en environnement complexe
<b>Marianna Pepona</b> <i>résumé p. 58</i>	An immersed Boundary-Lattice Boltzmann method for incompressible flows through moving porous media

---

## Session II

15h30 - 16h15

- 
- Rafik Lankri**  
*résumé p. 60* Application de la méthode Level-set/VOF pour la simulation numérique de la forme d'une goutte sessile : de l'impact jusqu'à l'équilibre
- 
- Guillaume Martrou**  
*résumé p. 62* Dynamique d'interfaces chargées et application aux biomatériaux
- 
- Volodymyr Iurasov**  
*résumé p. 64* Application du pompage énergétique par absorbeur dynamique non-linéaire à la double paroi
- 
- Quentin Gaubert**  
*résumé p. 66* Caractérisation et modélisation des phénomènes gouvernant le séchage par atomisation de suspensions colloïdales
- 
- Ahmed Kacem**  
*résumé p. 68* Simulation prédictive de la combustion de plaques de PMMA
- 
- Dario Cozza**  
*résumé p. 70* Optical optimization of  $Cu_2ZnSnSe_4$  solar cells by numerical simulation
- 
- Jafar Muhammad**  
*résumé p. 72* **Al-** Etude expérimentale et numérique de l'écoulement au sein d'un distributeur de micro-irrigation
- 
- Adrien Bou**  
*résumé p. 74* Electrodes multi-couches de type oxyde/métal/oxyde à transparence accordable
- 
- Anna Borich**  
*résumé p. 76* Modeling of an underexpanded gas jet into the sodium of secondary/tertiary heat exchangers in Sodium Fast Reactors

---

**Baptiste Bérenguier** Méthodes de mesures optiques adaptées au carbure  
*résumé p. 78* de silicium

---

**Jonathan Gubspun** Capsule dynamics in confined flows  
*résumé p. 80*

---

**Etienne Quiniou** Spectroscopie sans contact de durée de vie en tem-  
*résumé p. 82* pérature pour la détermination des contaminants  
présents dans le silicium destiné à la réalisation de  
cellules photovoltaïques

---

**Cedric Montet** Vers la caractérisation d'agrégats de nanoparticules  
*résumé p. 84* par diffusion statique de la lumière

---

**Jose Marcio Pereira** Efficient use of simulating tools in the determina-  
**Figueira** tion of critical flight conditions for helicopter ope-  
*résumé p. 86* rational flight envelope

---

**François Thierry** Choice of Quantum dots for hybrid solar cells  
*résumé p. 88*

---

**Damien Furfaro** A simple HLLC-type Riemann solver for compres-  
*résumé p. 90* sible non-equilibrium multiphase flows

---

**Mariam Dème Dan-** Etude et réalisation de capteurs de température sur  
**koco** support souple  
*résumé p. 92*

---

**Muhammad Rizqie** Hydrodynamic of a self-propelled body  
**Arbie**  
*résumé p. 94*

---

**Victor Malherbe**      Effet des radiations sur les dispositifs en technologies CMOS Bulk et FDSOI jusqu'au noeud 14 nm  
*résumé p. 96*

---

**Jean Eric Mathonet**      Ecoulement des milieux granulaires assisté par vibration : Application au remplissage des moules de presse  
*résumé p. 98*

---

**Dino Michelin**      Système récupérateur d'énergie électromagnétique RF  
*résumé p. 100*

---

**Wei Zhu**      Etude de suspensions denses de particules sous écoulement  
*résumé p. 102*

---

**Jorge Contreras**      Numerical investigation of soot formation and radiative heat transfer in ethylene microgravity laminar boundary layer diffusion flames (LBLDFs)  
*résumé p. 104*

---

**Marc Lacruche**      Injection de fautes laser sur cellules SRAM et influence de la durée d'impulsion  
*résumé p. 106*

---





# Endommagement d'une structure composite soumise à un chargement mécanique élevé, constant et de longue durée

**A. Girardot** <sup>† 1,2</sup>      **Encadrants :** *N. Lahellec* <sup>2</sup>, *C. Hochard* <sup>2</sup>, *S. Le Roch* <sup>1</sup>

Un des modes de ruine des matériaux composites est la microfissuration de la matrice, qui peut être modélisée dans le cadre de la mécanique de l'endommagement.

Il est connu que l'endommagement évolue sous des chargements monotones ou bien cyclés, mais son évolution sous chargements constants est moins bien connue.

L'objectif de ce poster est donc de présenter, dans le cadre de chargements mécaniques élevés, constants et de longues durées, l'évolution de cet endommagement sur des stratifiés carbone/époxy, et plus particulièrement les modalités de propagation de fissures transverses.

Les résultats de la première campagne d'essais sont exposés. Ils permettent d'identifier les paramètres matériaux et de comprendre les différents processus d'endommagement sur des éprouvettes stratifiées.

Enfin, la réalisation d'un banc d'essais nécessaire aux essais longs termes est proposée. Ce dispositif permet de caractériser les phénomènes de fluage et de relaxation des contraintes.

## Publications, conférences, brevets... :

- GIRARDOT A., LAHELLEC N., HOCHARD HC., LE ROCH S., Endommagement d'une structure composite soumise à un chargement mécanique élevé, constant et de longue durée, **Journées Nationales des Composites**, 2015 (à venir)
- GIRARDOT A., LAHELLEC N., HOCHARD HC., LE ROCH S., Endommagement d'une structure composite soumise à un chargement mécanique élevé, constant et de longue durée, *CFM*, 2015 (à venir)

---

<sup>†</sup> girardot@lma.cnrs-mrs.fr

<sup>1</sup>CEA

<sup>2</sup>Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA), UPR 7051





# Models for grain and gas ejection dynamics following the rupture of a nuclear fuel rod

Y. Zhou <sup>† 1</sup>

Encadrants : P. Aussilous <sup>1</sup>, P. Ruyer<sup>2</sup>

Suite à l'éjection violente d'une grappe de commande dans un réacteur nucléaire à eau pressurisée, un risque de rupture d'un crayon de combustible peut être provoqué. Le combustible nucléaire fragmenté et gaz chaud peut entrer en contact avec le fluide caloporteur. On s'attend à un transfert thermique violent des particules de combustible vers l'eau, ce qui peut avoir des conséquences pour la sûreté. La violence de ce transfert dépend, en partie de la dynamique des particules depuis le crayon vers le réfrigérant, d'où vient ce sujet de thèse.

Nous étudions des milieux composés d'une collection granulaire dense et d'un gaz, s'écoulant d'un espace confiné vers un espace libre. Pour mieux cerner le problème, nous avons combiné les différentes approches. A l'échelle macroscopique : nous avons fait des études de similitude grâce auxquelles nous avons conçu et exploité une expérience au laboratoire pour reproduire le même régime que le cas accidentel. En parallèle, à l'échelle microscopique : nous avons simulé la dynamique de contact des milieux granulaires par éléments discrets à l'aide d'un logiciel *LMGC90*. Les résultats de simulation nous ont servit à comprendre les mécanismes principaux du problème.

En perspective, nous allons faire des expériences pour déterminer le rôle joué par les paramètres principaux (pression, débit de gaz, géométrie de l'orifice ...). Nous cherchons, *in fine* à déterminer la rhéologie du milieu pour en déduire une loi pour le débit.

## Publications, conférences, brevets... :

- ZHOU Y., AUSSILLOUS P., RUYER P., Discharge flow of a bidisperse granular media from a silo : discrete-particle simulations, *Physical Review Letters*, (en rédaction)
- 10<sup>th</sup> Annual European Rheology Conference, (poster)

---

<sup>†</sup> zhouyixian0622@gmail.com

<sup>1</sup>Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI), UMR 7343

<sup>2</sup>IRSN



## Piégeage du tritium au sein de colis de déchets

**A. Le Floch** <sup>† 1</sup>

**Encadrants :** *K. Liger*<sup>1</sup>, *P. Guichardon*<sup>1</sup>

Le tritium, isotope radioactif de l'hydrogène est actuellement utilisé dans le cadre d'études sur la fusion nucléaire. Avec la mise en fonctionnement de la machine ITER (International Tokamak Experimental Reactor) à l'horizon 2020, la quantité de déchets radioactifs tritiés augmentera fortement. De par sa mobilité le tritium est difficile à confiner dans un fût de déchets et les critères d'acceptabilité de l'ANDRA (Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs) étant stricts pour ce qui concerne le taux de dégazage des colis de déchets tritiés, il est nécessaire de trouver des solutions adaptées pour le stockage de ces déchets radioactifs tritiés. L'une des solutions est de piéger le tritium au sein des fûts de déchets. Ce dernier peut se trouver sous trois formes dans les colis : sous forme d'eau tritiée HTO ou T<sub>2</sub>O, sous forme gazeuse HT ou T<sub>2</sub> ou lié à la matière organique (Organic Bounded Tritium) OBT. Après une explication de l'étude expérimentale du phénomène de piégeage, une modélisation de la compétition piégeage du tritium-diffusion du tritium, permettant de déterminer le taux de rejet en tritium dans l'atmosphère, sera présentée.

### Publications, conférences, brevets... :

- *Congrès International sur la Gestion des Déchets (SARDINIA)*, 2015 (à venir)

---

<sup>†</sup> [anais.le-floch@centrale-marseille.fr](mailto:anais.le-floch@centrale-marseille.fr)

<sup>1</sup>Laboratoire de Mécanique, Modélisation et Procédés Propres (M2P2), UMR 7340



## Modélisation et homogénéisation de composites thermoplastiques à fibres courtes

**B. Burgarella** <sup>† 1</sup> **Encadrants :** *N. Lahellec* <sup>1</sup>, *F. Lebon* <sup>1</sup>, *N. Billon* <sup>2</sup>, *A. Maurel* <sup>1</sup>, *J.-L. Bouvard* <sup>2</sup>

Ces dernières années, les composites ont pris de plus en plus de parts de marché, les principaux matériaux composites vendus sont les composites à fibre longue, mais un nouveau type de matériau composite est en train de faire surface : les composites à fibre courtes et matrice thermoplastique. Ces derniers ont des propriétés mécaniques inférieures aux composites classiques, mais présentent l'avantage de pouvoir être injectés, et donc utilisés pour la fabrication de pièces en grande série. L'objectif de cette thèse est donc d'étudier le comportement de ces composites. Pour cela, deux matrices seront étudiées : du PEEK (PolyEtherEtherKetone), et du PSU (PolySulfone) qui sont respectivement semi-cristallines, et amorphe. Ces matrices seront renforcées par des fibres de verre. Au cours de la thèse, une loi de comportement phénoménologique sera développée à partir d'essais sur éprouvettes et simulations numériques sur VER. Ce poster présente les outils qui seront utilisés pendant cette thèse, ainsi qu'une première approche de modélisation.

### Publications, conférences, brevets... :

- BURGARELLA B., LAHELLEC N., MAUREL-PANTEL A., HOCHARD C., LEBON F., *Journées Nationales des Composites*, 2015

---

<sup>†</sup> burgarella@lma.cnrs-mrs.fr

<sup>1</sup>Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA), UPR 7051

<sup>2</sup>CEMEF



# Hydraulic signals induced by bending in artificial and natural branches : link with mechanoperception and long-distance signaling in trees

**J.-F. Louf** <sup>† 1</sup>

**Encadrants :** G.

Guéna<sup>1</sup>, O. Pouliquen<sup>1</sup>, E. Badel<sup>2</sup>, H. Cochard<sup>2</sup>, B. Mouliat<sup>2</sup>, Y. Forterre<sup>1</sup>

Dans la nature les plantes perçoivent des déformations mécaniques qui affectent leur croissance. Ainsi, à l'échelle de l'arbre, la flexion d'une branche engendre un arrêt de croissance à distance de la zone sollicitée, suggérant l'existence d'un signal d'information. Pour tenter de comprendre ce phénomène plusieurs hypothèses ont été émises. L'une d'entre elle suggère un mécanisme d'origine purement mécanique. L'idée est la suivante. Une branche est un milieu élastique gorgé d'eau, et une déformation de celui-ci génère une onde de surpression capable de se propager dans la plante. Récemment des scientifiques de l'INRA ont observé pour la première fois une surpression lors de la flexion de jeunes arbres, ce qui soulève d'intéressantes questions. D'un point de vue physique, il est naturel de penser que la déformation d'un milieu élastique gorgé d'eau génère des mouvements d'eau. Cependant selon la théorie linéaire des poutres, une flexion va mettre en compression une partie de la branche et en extension l'autre partie, laissant le volume total inchangé, et ne prédisant donc aucune surpression. Pour tenter de comprendre ce phénomène notre approche a été d'élaborer une branche biomimétique fabriquée en élastomère et d'étudier sa réponse en flexion. Nous avons ensuite proposé un model énergétique simple et confronté nos résultats à des branches naturelles.

## Publications, conférences, brevets... :

- LOUF J.-F., GUENA G., BADEL E., FORTERRE Y., *PNAS*, 2015 (à venir)
- LOUF J.-F., GUENA G., BADEL E., FORTERRE Y., *APS Division of Fluid Dynamics*, 2015
- LOUF J.-F., GUENA G., BADEL E., FORTERRE Y., *Condensed Matter Days*, 2015
- LOUF J.-F., GUENA G., BADEL E., FORTERRE Y., *Rencontres du Non-linéaire*, 2015
- LOUF J.-F., GUENA G., BADEL E., FORTERRE Y., *7<sup>th</sup> Plant Biomechanics Conference*, 2012

---

<sup>†</sup> jean-françois.louf@univ-amu.fr

<sup>1</sup>Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI), UMR 7343

<sup>2</sup>Institut National de Recherche Agronomique (INRA)





## Instabilités d'un sillage tourbillonnaire de rotor

H. U. Quaranta <sup>† 1,2</sup>

Encadrants : T. Leweke <sup>1</sup>, S. Le Dizès <sup>1</sup>

Tout dispositif utilisant un rotor (Hélicoptère, éolienne . . . ) génère derrière celui-ci un sillage tourbillonnaire hélicoïdal. Ce sillage peut être modélisé par un système d'un ou plusieurs filaments de vorticité helicoïdaux imbriqués. Il développe, sous l'action de différents forçages, des instabilités variées qui peuvent être prédites par la théorie. Ces instabilités peuvent être de grande longueur d'onde et induire des déplacements globaux du vortex, ou de faible longueur d'onde et locales. La compréhension de ces modes est un enjeu pour la recherche aussi bien que pour l'industrie puisqu'ils sont susceptibles dans certaines conditions de provoquer la transition vers des états d'écoulements préjudiciables voire dangereux pour les appareils, comme par exemple l'état d'anneau tourbillonnaire (VRS) pour les hélicoptères. Ce travail se base essentiellement sur des expérimentations en canal hydrodynamique associées au développement d'un modèle pour les différents régimes.

### Publications, conférences, brevets. . . :

- QUARANTA H. U., BOLNOT H., LEWEKE T., Long-wave instability of a helical vortex, *Journal of Fluid Mechanics*, 2015 (soumis)
- QUARANTA H. U., LEWEKE T., Long-wave instability of a helical vortex filament, *International Conference on Bifurcations and Instabilities in Fluid Dynamics*, 2015 (à venir)
- QUARANTA H. U., LEWEKE T., Long-wave instability of a helical vortex, *Book of Abstracts of the 10<sup>th</sup> European Fluid Mechanics Conference*, 2014
- LEWEKE T., QUARANTA H. U., BOLNOT H., BLANCO-RODRIGUEZ F. J., LE DIZES S., Long and short-wave instabilities in helical vortices, *J. of Physics : Conference Series*, 2014
- QUARANTA H. U., LEWEKE T., Long-wave instability of a helical vortex, *Book of Abstracts of the 10<sup>th</sup> PhD Seminar on Wind Energy in Europe*, 2014
- LEWEKE T., BOLNOT H., QUARANTA H. U., LE DIZES S., Local and global pairing in helical vortex systems, *Proceedings of the International Conference on Aerodynamics of Offshore Wind Energy Systems and Wakes*, 2013

---

<sup>†</sup>quaranta@irphe.univ-mrs.fr

<sup>1</sup>Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibres (IRPHE), UMR 7342

<sup>2</sup>Airbus Helicopters



# Ultrasonic imaging in liquid sodium : topological energy for damages detection

***E. Lubeigt*** <sup>† 1</sup>                      **Encadrants :** *S. Mensah*<sup>1</sup>, *J.-F. Chai*<sup>1</sup>, *S. Rakotonarivo*<sup>1</sup>, *G. Gobillot*<sup>2</sup>

Au sein de la thématique de la visualisation sous sodium, l'objectif de ce travail de thèse est de développer une méthodologie ultrasonore d'imagerie et de détection de défauts. Il s'agit de mettre en œuvre des techniques de traitement du signal pour analyser et interpréter les données acquises lors des contrôles périodiques du réacteur. L'approche présentée est basée sur l'exploitation de l'information a priori disponible et se décompose en trois étapes. Premièrement, il s'agit de mettre en évidence la réponse acoustique de la perturbation en effectuant la différence de deux signaux : celui mesuré sur la pièce avec un défaut et celui mesuré sur la pièce saine (signal de référence). Ensuite, ce signal différence, contenant la signature acoustique du défaut, est rétro-propagé dans un modèle numérique de la pièce de référence. Cette étape de simulation permet de focaliser l'énergie au lieu du défaut. Enfin, il s'agit de créer une image de la pièce inspectée en calculant l'énergie topologique. Cette opération, similaire à une convolution, met en évidence la position du défaut sur l'image avec une précision de l'ordre de la longueur d'onde. Dans un premier temps, cette méthode a été testée expérimentalement et numériquement dans un milieu homogène et isotrope. L'objectif est de l'appliquer au milieu complexe des soudures ; dans un réacteur, les soudures sont des zones critiques et très surveillées.

---

<sup>†</sup> emma.lubeigt@cea.fr

<sup>1</sup>Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA), UPR 7051

<sup>2</sup>CEA



## Qu'est-ce que le micromélange

*C. Baqueiro*<sup>† 1</sup>

**Encadrants :** *P. Guchardon*<sup>1</sup>, *N. Ibaseta*<sup>1</sup>

Explication de la théorie de micromélange, Présentation de l'état de l'art et objectif de la thèse.

## Publications, conférences, brevets... :

- *Congrès International sur la Gestion des Déchets (SARDINIA)*, 2015 (à venir)

---

<sup>†</sup> carlos-ricardo.BAQUEIRO-BASTO@etu.univ-amu.fr

<sup>1</sup>Laboratoire de Mécanique, Modélisation et Procédés Propres (M2P2), UMR 7340



# Caractérisation expérimentale de gouttes et de l'aire interfaciale dans les systèmes d'extraction liquide-liquide par la technique arc-en-ciel

*M. Ouattara* <sup>† 1</sup>

**Encadrants :** *F. Onofri* <sup>1</sup>, *F. Lamadie* <sup>2</sup>

Afin d'améliorer les procédés d'extraction liquide-liquide mis en œuvre lors du retraitement des combustibles usés, il est important de déterminer les paramètres fondamentaux des émulsions que sont : la distribution en taille des gouttes, l'aire interfaciale des deux phases (dispersée et continue), la teneur des gouttes en soluté (solution cationique à extraire) ou en précipité. Parmi les méthodes de mesure non intrusives potentielles, la réfractométrie arc-en-ciel offre le double avantage de mesurer simultanément les diamètres et les indices de réfraction. Elle permet donc d'accéder à la majorité de ces paramètres d'intérêt en une seule mesure. L'objet de ce travail de thèse est d'évaluer ses performances sur un ensemble de fluides et de configurations représentatives des dispositifs industriels et de laboratoire. Dans cette communication nous présentons les premiers résultats obtenus sur des gouttes uniques en ascension dans un dispositif expérimental dédié. Au cours de ces essais, les erreurs expérimentales étaient comprises entre  $2.5 \times 10^{-5}$  et  $7.9 \times 10^{-5}$  pour la mesure de l'indice de réfraction et entre 25 et 40  $\mu\text{m}$  pour la mesure du diamètre. Fort de ces premiers résultats, la méthode va être étendue à des cas plus complexes (nuages de gouttes, gouttes déformées, colonne à section cylindrique...) afin de préciser son intérêt pour la mise au point de nouveaux procédés d'extraction.

---

<sup>†</sup> mariam.ouattara@cea.fr

<sup>1</sup>Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI), UMR 7343

<sup>2</sup>CEA





## Rupture en compression des composites

G. Eyer<sup>† 1</sup>

Encadrant : C. Hochard<sup>1</sup>

Le dimensionnement des structures composites passe par des modèles numériques toujours plus complexes dont la qualité découle de la capacité à reproduire le comportement du matériau. Pour les composites stratifiés, le comportement en compression dans la direction des fibres s'avère complexe et reste encore mal identifié. Une des principales difficultés pour ce type de sollicitation est la partie expérimentale notamment à cause des effets de structure (flambage et concentrations de contrainte) qui précipitent la ruine des éprouvettes. C'est dans ce cadre que nous proposons une étude expérimentale comportant deux volets. Le premier s'intéresse à la mesure de la résistance en compression sur des éprouvettes saines à travers différents essais (compression pure sur tubes et sur plaques). Il est montré que le comportement jusqu'à rupture est bien identifié. Le second volet vise à montrer que l'endommagement (micro-fissuration de la résine) affecte significativement la résistance en compression sens fibre. Ces résultats permettront une meilleure compréhension de la rupture des stratifiés pour des chargements complexes.

### Publications, conférences, brevets... :

- EYER G., MONTAGNIER O., J.-P. CHARLES, HOCHARD C., Design of a composite tube for pure compressive test, *Materials & Design* (soumis)
- EYER G., HOCHARD C., MONTAGNIER O., J.-P. CHARLES, Effect of transverse damage on compressive strength in fiber direction for CFRP, *International Conference on Composites Materials*, 2015
- EYER G., HOCHARD C., MONTAGNIER O., J.-P. CHARLES, Influence de l'alignement des fibres sur la rupture des composites en compression sens fibre, *Journées Nationales des Composites*, 2015
- EYER G., HOCHARD C., MONTAGNIER O., J.-P. CHARLES, Laminate fatigue damage and fiber fracture, *International Conference on Fatigue of Composites*, 2015
- MONTAGNIER O., J.-P. CHARLES, EYER G., MAZEROLLE F., LAHELLEC N., Test and simulation of composite sandwich structure with a notch up to failure, *European Conference on Composite Materials*, 2014
- EYER G., HOCHARD C., MONTAGNIER O., J.-P. CHARLES, Effect of transverse damage on compressive strength in fiber direction for CFRP, *European Conference on Composite Materials*, 2014
- EYER G., MONTAGNIER O., J.-P. CHARLES, HOCHARD C., Effet de l'endommagement transverse sur la résistance en compression sens fibre d'un composite carbone/epoxy, *Comptes rendus des JNC*, 2013

---

<sup>†</sup>eyer@lma.cnrs-mrs.fr

<sup>1</sup>Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA), UPR 7051



## Etude de jets turbulents à masse volumique variable

*A. Moutte* <sup>† 1</sup>

**Encadrants :** *M. Amielh* <sup>1</sup>, *F. Anselmet* <sup>1</sup>

L'objectif de ce travail est d'analyser l'impact de variations de masse volumique sur la structure fine de la turbulence dans un jet d'hélium s'épanouissant dans de l'air ambiant, et est en grande partie expérimental. Ces mesures ont pour objectif, dans un premier temps, d'apporter une meilleure compréhension des modifications induites par la présence de gradients de masse volumique sur les propriétés générales de la turbulence et plus particulièrement en s'intéressant aux propriétés du mélange à petite échelle (micro-mélange). Dans un second temps, elles auront pour objectif de préciser un certain nombre de points vis-à-vis d'hypothèses qui sont couramment utilisées dans les modèles de modélisation numérique de la combustion turbulente.

### Publications, conférences, brevets... :

- MOUTTE A., Congrès de recherche Inter Ecoles Centrales , 2015 (à venir)
- MOUTTE A., AMIELH M., ANSELMET F., Valorisation scientifique en école primaire : étude de la pile de Volta, école de Cruis, 2015
- MOUTTE A., Mobilité internationale au Royal Military College (Canada)

---

<sup>†</sup>moutte@irphe.univ-mrs.fr

<sup>1</sup>Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibres (IRPHE), UMR 7342



## Intensification du transfert en suspension cisailée

*M. Souzy* <sup>† 1</sup>

**Encadrants :** *B. Metzger* <sup>1</sup>, *N. C. Abid*<sup>1</sup>

Savoir mélanger efficacement des fluides visqueux est un processus d'une grande importance dans nombre d'applications industrielles : activités de verrerie, polymères fondus, pétrole brut... Nous nous intéressons ici aux propriétés de mélange dans des suspensions de particules solides. Les suspensions constituent en effet un système quasi-unique où le mélange s'opère de façon spontanée à bas nombre de Reynolds. Du fait des collisions successives entre les particules induites lors de la mise en écoulement d'une suspension, chaque particule au sein du fluide est soumise à une série de déplacements aléatoires. Les particules jouent dans le fluide le rôle d'autant de petits "agitateurs" et confèrent à l'écoulement une composante stochastique génératrice de mélange. Les différents mécanismes menant à l'intensification des propriétés de mélange dans les suspensions de particules cisillées à bas nombre de Reynolds sont présentés et illustrés au sein de ce poster.

### Publications, conférences, brevets... :

- SOUZY M. & AL., super-diffusion in sheared suspensions, *Physics of Fluids*, **27.4** : **041705**, 2015
- SOUZY M., METZGER B., ABID N. C., VILLERMAUX E. PHAM P., *CFM*, 2015

---

<sup>†</sup> mathieu.souzy@etu.univ-amu.fr

<sup>1</sup>Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI), UMR 7343



# La méthode multigrilles Local Defect Correction en vue de la simulation de l'interaction pastille-gaine (IPG)

**H. Liu** <sup>† 1,2</sup>

**Encadrants :** *I. Ramière* <sup>2</sup>, *F. Lebon* <sup>1</sup>

L'interaction pastille-gaine (IPG) se produit lors de l'irradiation dans les Réacteurs à Eau sous Pression (REP). La gaine qui est la première barrière de confinement des produits de fission. Son intégrité doit être garantie notamment vis-à-vis de phénomène de rupture. Nous proposons d'utiliser la méthode multigrille Local Defect Correction (LDC) dans le cadre de simuler précisément le phénomène d'IPG. Nous ajoutons récursivement des locaux sous-niveaux autour les zones où une haute précision est demandée jusqu'à la plus fine grille à la précision demandée. Afin de détecter automatiquement les zones à raffiner, nous couplons la méthode LDC avec l'estimateur d'erreur a posteriori de type Zienkiewicz et Zhu. Les résultats numériques du cas test 2D élastique montre l'efficacité de la méthode LDC et la limite de l'estimateur d'erreur a posteriori de type Zienkiewicz et Zhu.

## Publications, conférences, brevets... :

- LIU H., RAMIERE I., LEBON F., Local Defect Correction Method coupled with the Zienkiewicz-Zhu *a posteriori* error estimator in elastostatics Solid Mechanics, 17<sup>th</sup> *Copper Mountain Conference on Multigrid Methods*, 2015
- RAMIERE I., BARBIE L., LIU H., LEBON F., Local Comparison between a local multigrid method and H-Adaptative Methods in solid mechanics, 4<sup>th</sup> *European Seminar on Computing (ESCO)*, 2014

---

<sup>†</sup>hao.liu@cea.fr

<sup>1</sup>Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA), UPR 7051

<sup>2</sup>CEA Cadarache





## Etude des mécanismes élémentaires d'érosion d'un sol cohésif

*F. Brunier-Coulin* <sup>† 1</sup>

Encadrant : *P. Philippe* <sup>1</sup>

Les mécanismes élémentaires mis en jeu lors de l'érosion de surface d'un sol cohésif par un écoulement fluide demandent à être mieux connus dans le but d'améliorer la modélisation locale de l'érosion. Cette étude se propose d'analyser le, ou les, mécanisme(s) d'érosion par une approche expérimentale visant à mettre au point des matériaux modèles, pour ensuite les soumettre à des sollicitations hydrodynamiques et mécaniques contrôlées. Dans un premier temps, l'utilisation de matériaux pour lesquels il est possible de faire varier spécifiquement et continûment certaines caractéristiques permettra de déterminer les propriétés ayant une incidence forte sur la résistance à l'érosion et devant être introduites dans des modèles d'érosion. Ensuite, l'analyse plus locale du processus d'érosion permettra d'identifier les mécanismes par lesquels l'action mécanique d'un écoulement fluide conduit à l'arrachement des particules constitutives d'un matériau cohérent.

### Publications, conférences, brevets... :

- BRUNIER-COULIN F., CUELLAR P., PHILIPPE P., *CFM*, 2015 (à venir)
- BRUNIER-COULIN F., CUELLAR P., PHILIPPE P., *INTERCOH*, 2015 (à venir)

---

<sup>†</sup> [florian.brunier@irstea.fr](mailto:florian.brunier@irstea.fr)

<sup>1</sup>IRSTEA, Le Tholonet



# L'évaporation de spray dense comme processus de mélange

**A. De Rivas** <sup>† 1</sup>

**Encadrant : E. Villermaux** <sup>1</sup>

Les sprays denses se rencontrent dans la nature (nuages, souffle d'une baleine) ou encore dans des procédés industriels comme les panaches des tours de refroidissement ou dans les rues de New York, ainsi que dans des applications de combustion. On explore dans cette étude le processus par lequel un amas dense de gouttes (spray) s'évapore dans un air sec et étiré. Le spray est formé par une atomisation pneumatique dans un réservoir. En sortie, il forme un panache par l'instabilité de cisaillement qui se développent à ses bords, formant ainsi de longues structures étirées (filaments) familières du mélange de scalaire passif. Mais, contrairement au scalaire passif, ces filaments disparaissent à temps fini de part l'évaporation des gouttes en bordure du filament. Les expériences montrent aussi que le temps de vie d'une goutte emprisonnée dans un filament est bien plus grand que si elle était isolée dans un environnement calme (2 ordres de grandeur d'écart). Par analogie avec le mélange, on montre que le temps de vie de ces structures étirées à un taux  $\gamma$  est  $t_v = \frac{1}{\gamma} \ln\left(\frac{1+\phi}{\phi}\right)$ ; où  $\phi$  est un paramètre incluant les propriétés thermodynamiques et de diffusion de la vapeur dans la phase diluée.

## Publications, conférences, brevets... :

- DE RIVAS A., VILLERMAUX E., Evaporation of dense spray as a mixing process, *American Physics Society*, 2014

---

<sup>†</sup>dérvias@irphe.univ-mrs.fr

<sup>1</sup>Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibres (IRPHE), UMR 7342



# L'influence des mouvements posturaux des violoncellistes sur leur expressivité musicale

**J. Roze** <sup>† 1</sup>

**Encadrant** : *S. Ystad* <sup>1</sup>

Ce poster présente les résultats préliminaires d'une expérience, visant à mieux comprendre l'influence des mouvements posturaux des violoncellistes sur leur expressivité musicale. Les mouvements de 8 sujets violoncellistes professionnels ont été enregistrés à l'aide d'une plate-forme de force pour la posture globale, et d'un système de motion capture 3D pour la cinématique articulaire. Les contributions spécifiques liées au torse et à la tête ont été analysées grâce à 4 conditions posturales de jeu : (a) Une condition de jeu normale sans contraintes, (b) Une condition de jeu immobilisée mentalement, (c) Une condition de jeu contraignant physiquement le buste à l'aide d'un harnais de course, et (d) une dernière condition consistant à ajouter une minerve à la précédente pour limiter les déplacements de tête. Dans chacune des conditions, les violoncellistes doivent jouer une partition de la façon la plus expressive possible. Nous investiguons ici l'influence de ces contraintes sur les caractéristiques posturales globales, et sur les descripteurs acoustiques pertinents pour l'expressivité. Les premiers résultats révèlent la mise en œuvre de stratégies d'adaptation ou synergies, fonctions des conditions posturales, ainsi que l'importance du couplage tronc-tête dans la production des paramètres acoustiques, tels que le rythme, la dynamique ou le timbre.

## Publications, conférences, brevets... :

- *Computer Music Multidisciplinary Research*, 2015 (à venir)
- *International Conference on the Multimodal Experience of Music*, 2015

---

<sup>†</sup>roze@lma.cnrs-mrs.fr

<sup>1</sup>Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA), UPR 7051



## Un modèle de propagation des grands feux de forêts avec suivi d'interface et maillage adaptatif

*M. de Gennaro* <sup>† 1</sup> **Encadrants :** *Y. Billaud* <sup>1</sup>, *M. El Hajj*, *Y. Pizzo* <sup>1</sup>, *B. Porterie* <sup>1</sup>

On présente les derniers développements d'un modèle de réseau pour la propagation d'un incendie sur de grands domaines forestiers. Ces développements sont destinés à prendre en compte la nature fortement hétérogène et amorphe de la végétation, ses propriétés d'inflammabilité et de combustibilité, les conditions météorologiques en temps réel et l'action des moyens de lutte, tout en conservant le caractère opérationnel du modèle, en termes de temps de calcul et d'allocation mémoire. Une méthode de suivi d'interface, basée sur la génération "à la volée" d'un réseau amorphe, a été implémentée. Le modèle est par ailleurs capable de prendre en compte les effets de largage aérien de produit retardant, ainsi que ceux d'une coupure de combustible.

### Publications, conférences, brevets... :

- DE GENNARO M., BILLAUD Y., KAISS A., PIZZO Y., ZEKRI N., EL HAJJ M., PORTERIE B., Méthode adaptative de suivi de fronts de feux de forêts, *GDR feux*, 2014
- DE GENNARO M., BILLAUD Y., KAISS A., PIZZO Y., ZEKRI N., EL HAJJ M., PORTERIE B., Coupling a meshless front-tracking method with a hybrid model of wildfire spread across heterogeneous landscapes, 71<sup>st</sup> *ICFFR*

---

<sup>†</sup> matthieu.degennaro@sfr.fr

<sup>1</sup>Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI), UMR 7343





# Etude de la transition combustion-déflagration-détonation dans les milieux pulvérulents initiée par un impact à faible vitesse

*S. Bodard*<sup>1,2</sup>

Encadrant : *E. Daniel*<sup>1</sup>

Dans le contexte de la sécurisation des munitions, comprendre la transition combustion-déflagration-détonation (TCoDD) est essentiel. Cependant, afin de progresser dans la compréhension de ce phénomène, il est nécessaire de se focaliser sur certains mécanismes. Lors de la TCoDD dans les milieux pulvérulents, initiée par un impact à faible vitesse, le mécanisme de compaction joue un rôle prédominant.

La présente thèse se concentre tout d'abord sur la compaction dynamique de poudres inertes pour se focaliser sur les effets mécaniques prenant place dans la TCoDD. Les aspects expérimentaux et numériques sont tous deux considérés. Un montage expérimental est mis en place permettant de générer des compactions 1D. Il est constitué d'un conteneur rempli de la poudre étudiée, fermé à une extrémité par un piston et ayant une face transparente en polycarbonate. Un projectile est lancé avec un lanceur à gaz comprimé, et impacte la tige du piston. Des caméras ultra-rapides sont utilisées afin d'enregistrer les essais. Le champ de vitesse est alors déterminé par corrélation d'images. Un modèle multiphasique de compaction a été implémenté. Les effets granulaires sont pris en compte à travers une équation d'état granulaire déterminée expérimentalement à l'aide d'une compaction quasi-statique. Avec l'ajout des frictions grain/paroi, les résultats expérimentaux et numériques sont en très bon accord.

Le montage expérimental va maintenant être utilisé pour l'étude de la TCoDD.

## Publications, conférences, brevets. . . :

- BODARD S., LAPEBIE E., SAUREL R., DANIEL E., TOSELLO R., LAFONTAINE E., 19<sup>th</sup> *Biennial Conference of the APS Topical Group on Shock Compression of Condensed Matter*, 2015 (à venir)
- BODARD S., *Journées de la détonique*, 2015 (à venir)
- BODARD S., *Journées de la chimie*, 2014
- BODARD S., *Journées de la détonique*, 2013

---

<sup>1</sup>Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI), UMR 7343

<sup>2</sup>CEA, Gramat



## Tenue aux chocs d'une adhérence moléculaire renforcée : définition des essais

**M. Voisin** <sup>† 1</sup>      **Encadrants :** *N. CochetEAU* <sup>1</sup>, *A. Maurel-Pantel* <sup>1</sup>, *F. Lebon* <sup>1</sup>, *S. Alt Zaid* <sup>2</sup>, *Y. Salaun* <sup>3</sup>

Le collage par adhérence moléculaire consiste à adhérer deux surfaces entre elles sans l'utilisation de matière adhésive ou autres matériaux. Des assemblages complexes de verre de Silice sont réalisés par cette procédure ; ils ont l'avantage d'avoir de très bonnes propriétés optiques dues au contact direct entre les deux surfaces en verre. Cette application permet la fabrication de découpeurs d'images, actuellement utilisés pour l'optique terrestre dans les télescopes. Étendue à l'optique spatiale, cette technologie amènerait à de nouvelles observations. Or, les contraintes d'utilisation dans le spatial sont différentes de celles sur terre.

Durant les opérations de lancement ou de déploiement, un satellite peut être exposé à un environnement de chocs énergétiques. Les dispositifs pyrotechniques tels que les boulons explosifs par exemple génèrent lors de leur fonctionnement des chocs mécaniques qui se caractérisent par de très forts niveaux d'accélération à très hautes fréquences. Ces chocs peuvent causer des problèmes au niveau des équipements du satellite. L'étude de ce type de chocs permettra de valider la possible utilisation de l'adhérence moléculaire renforcée dans un satellite.

Une définition de l'environnement spatial et des spécificités de chocs que peut subir un assemblage dans un satellite sont présentées dans le poster. Une description de trois essais est proposée. Ces essais permettront de caractériser la tenue mécanique aux chocs de l'adhérence moléculaire renforcée.

### Publications, conférences, brevets... :

- VOISIN M., COCHETEAU N., MAUREL-PANTEL A., LEBON F., ALT ZAID S., SALAUN Y., Experimental characterization and numerical modelling of direct bonding interface, *Conference Mechanics and Materials in Design*, 2015 (à venir)
- COCHETEAU N., VOISIN M., MAUREL-PANTEL A., LEBON F., ALT ZAID S., SALAUN Y., Confrontation of some multiscale modelling approaches to predict fracture initiation and propagation of fused silica direct bonding (en rédaction)

---

<sup>†</sup>voisin@lma.cnrs-mrs.fr

<sup>1</sup>Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA), UPR 7051

<sup>2</sup>CNES, Toulouse

<sup>3</sup>Winlight Optics, Pertuis



# Etude d'écoulements turbulents inter-disques au voisinage du point critique d'un fluide ( $SF_6$ )

C. Lachize <sup>† 1</sup>

Encadrants : G. Verhille <sup>1</sup>, P. Le Gal<sup>1</sup>

Le projet de thèse s'inscrit dans le cadre des travaux réalisés en collaboration entre l'IRPHE, le CNES et SNECMA Vernon sur les phénomènes physiques rencontrés dans les cavités fluides aux dos et face avant des rouets des turbopompes des moteurs cryotechniques du lanceur Ariane. Il s'agit de faire apparaître, expérimentalement, une instabilité axiale dans une cavité rotor/stator avec circulation fluide, reproduisant ainsi le comportement d'un système d'équilibrage axial. Pour respecter les régimes d'écoulements du cas industriel, un banc d'essai utilisant le  $SF_6$  au voisinage de son point critique a été aménagé au laboratoire. En effet, travailler dans cette région thermodynamique particulière permet de profiter à la fois de la divergence de la compressibilité isotherme et de la vitesse du son. Le montage complet du banc a été finalisé fin 2014 et les essais sur l'excitation de l'instabilité sont en cours. Un volet fondamental a également été développé avec une étude expérimentale en  $SF_6$  au sein d'une cavité rotor/stator lisses à grand rapport d'aspect. Les paramètres variables ont été : la densité et le taux de rotation du rotor ce qui a permis de faire varier le taux de turbulence induit mais aussi la compressibilité du  $SF_6$ . Les résultats de fluctuations de pression sur le stator ont mis en évidence la présence de trois modes azimutaux associés à des structures hydrodynamiques grandes échelles.

## Publications, conférences, brevets... :

- LACHIZE C., VERHILLE G., LE GAL P., Large scale dynamics in a turbulent rotor/stator cavity flow (à venir)
- LACHIZE C., *Congrès Français de Mécanique*, 2015 (à venir)
- LACHIZE C., *Euromech Colloquium on the Dimensionality of Turbulence*, 2014
- Présentations à l'occasion des Journées Doctorants CNES (2013) et SAFRAN (2014)
- LACHIZE C., *Rencontre du non-linéaire* (poster), 2013

---

<sup>†</sup>lachize@irphe.univ-mrs.fr

<sup>1</sup>Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibres (IRPHE), UMR 7342



# Un modèle de réseau pour la propagation d'un incendie dans une structure massivement multi-compartmentée

**N. Giraud** <sup>† 1</sup>      **Encadrants :** *C. Lallemand*<sup>1</sup>, *P. Boulet*<sup>1</sup>, *J.-C. Loraud*<sup>1</sup>, *Y. Pizzo*<sup>1</sup>, *B. Porterie*<sup>1</sup>

Un modèle de réseau semi-physique a été développé pour simuler la propagation d'un feu dans un ensemble comportant un très grand nombre de compartiments. Dans ce modèle, les différentes phases de développement d'un incendie et les temps de transmission du feu entre locaux par les parois et les ouvertures sont calculées à partir de fonctions de densité de probabilité. Les valeurs moyennes et les écarts types de ces pdfs sont évalués de manière déterministe à l'aide d'un code à zone prenant en compte les effets de la charge calorifique, du volume, et de l'isolation thermique du local sur le profil de feu. Appliqué à un navire complet composé de 143 locaux et 7 ponts, on montre que le modèle permet de calculer la propagation d'un feu en un temps de calcul très inférieur au temps réel. Cette étude de faisabilité doit maintenant être complétée par la prise en compte de la transmission du feu par les gaines de ventilation et par une analyse de sensibilité permettant de hiérarchiser les paramètres du modèle.

## Publications, conférences, brevets... :

- PIZZO Y., BILLAUD Y., GIRAUD N., LALLEMAND C., KAISS A., KADOCH B., KACEM A., SUARD S., BOULET P., PORTERIE B., Evaluation des flux de chaleur mis en jeux lors de la combustion stationnaire de plaques thermiquement épaisses de PMMA, *JITH*, 2013
- PIZZO Y., GIRAUD N., LALLEMAND C., KAISS A., PORTERIE B., Refroidissement par film d'eau d'une paroi exposée à un flux incident, *JITH*, 2013
- PIZZO Y., GIRAUD N., BILLAUD Y., LALLEMAND C., KAISS A., KACEM A., KADOCH B., SUARD S., BOULET P., PORTERIE B., Evaluation des flux de chaleur mis en jeux lors de la combustion stationnaire de plaques thermiquement épaisses de PMMA, *CFM*, 2013
- PIZZO Y., GIRAUD N., BILLAUD Y., KAISS A., BOULET P., Flux de chaleur mis en jeux lors de la dégradation thermique d'une plaque de PMMA, *GDR feux*, 2013

---

<sup>†</sup> nathalie.giraud@etu.univ-amu.fr

<sup>1</sup>Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI), UMR 7343





# Imagerie sismique en contexte fluide/solide : Etude numérique et expérimentale à partir de benchmarks expérimentaux en laboratoire en environnement complexe

**M. Griveaux** <sup>† 1</sup> **Encadrants :** *D. Komatitsch* <sup>1</sup>, *N. Favretto-Cristini* <sup>1</sup>, *P. Cristini* <sup>1</sup>

De nombreuses méthodes numériques (différences finies, éléments de frontière, éléments finis, etc.) sont utilisées afin de modéliser la propagation des ondes dans des milieux fluide et/ou élastique. La simulation en 3D de milieux complexes (éléments diffractants, fortes pentes, zones d'ombre, etc.) reste un verrou scientifique en imagerie sismique. Peu de recherches ont été effectuées afin de qualifier et de valider les résultats obtenus par de telles méthodes numériques.

C'est dans ce cadre que le projet international Benchie a été initié, avec pour objectif de valider et de confronter différentes méthodes numériques avec des données expérimentales obtenues en laboratoire.

Cette thèse est divisée en deux axes principaux. Le premier axe a pour objectif de résoudre le problème direct avec la méthode des éléments finis spectraux en 3D (en temps). Les résultats ainsi obtenus seront comparés aux données expérimentales et à deux autres méthodes numériques (intégrales de Kirchhoff et différences finies). Le deuxième axe concerne la résolution du problème inverse par inversion complète de la forme d'onde en 3D (en temps).

---

<sup>†</sup>griveaux@lma.cnrs-mrs.fr

<sup>1</sup>Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA), UPR 7051



# An immersed Boundary - Lattice Boltzmann method for incompressible flows through moving porous media

*M. Pepona* <sup>† 1</sup>

**Encadrant :** *P. Bontoux* <sup>1</sup>

A numerical framework based on the Immersed Boundary and the Lattice Boltzmann method is proposed to simulate the fluid flow through moving porous media. It is based on the formulation of Guo and Zhao which includes the porosity in the classical B.G.K. implementation, augmented by the Darcy-Forchheimer force terms. Various methods of implementing a porous medium of complex geometry are tested, based on the Immersed Boundary method. The boundaries can be either curved, i.e. non conformal to the Cartesian lattice, or moving/deformable over the fixed lattice. The basic idea consists of imposing the porous boundary conditions through a system of singular forces, defining the boundary of the medium. The communication between fluid and porous media are ensured by interpolation and spreading using mollifiers. Several academical configurations are examined (square and circular cylinder), to validate the numerical implementations on literature studies. A special care is dedicated to comparing the flow topology, both inside the cylinder, and in the wake of the cylinder (recirculation bubble). Both stationary and moving media will be considered, focussing on the numerical issues raised by tackling such complex configurations. One application of the present work concerns the flow control around bluff bodies using moving porous media. Within this context, the drag-reducing properties of such passive actuator will be studied, as well as the effect of shape-adaptation/reconfiguration on the wake.

---

<sup>†</sup> marianna.pepona12@alumni.imperial.ac.uk

<sup>1</sup>Laboratoire de Mécanique, Modélisation et Procédés Propres (M2P2), UMR 7340



# Application de la méthode Level-set/VOF pour la simulation numérique de la forme d'une goutte sessile : de l'impact jusqu'à l'équilibre

*R. Lankri* <sup>† 1,3</sup>

**Encadrants :** *S. Chikh* <sup>2</sup>, *L. Tadriss* <sup>3</sup>

L'objectif de ce travail est d'étudier numériquement l'évolution de la forme d'une goutte sessile de l'état initial jusqu'à l'état d'équilibre en présence d'une ligne de contact mobile. Le couplage VOF/Level-Set a été testé pour suivre la dynamique de l'interface libre séparant deux phases non miscible ; la goutte à l'état liquide et le gaz de l'environnement. Afin d'éliminer la singularité de la contrainte exercée sur la ligne de contact triple, une condition aux limites de type glissement (condition de Navier) a été appliquée sur toute la surface solide et la tension interfaciale est calculée en utilisant le modèle CSF (Continuum Surface Force). Tant que la loi de glissement est utilisée, l'état d'équilibre de la goutte est atteint en imposant une vitesse à la ligne de contact par le modèle formulé par Ren et al. sur toutes les grilles du maillage traversant la ligne de contact. Les résultats de la simulation ont montré l'efficacité du couplage VOF/Level-Set dans la conservation de la masse avec une perte de moins de 1% et un bon suivi des courbures de l'interface liquide-gaz. Dans cette étude, l'influence de plusieurs paramètres géométriques et physiques sur l'étalement et le recul de la ligne de contact ont été traités tels que, la gravité, la mouillabilité de la surface, la taille de la goutte, la longueur capillaire et la viscosité.

## Publications, conférences, brevets... :

- LANKRI R., CHIKH S., TADRIST L., Suivi de la forme d'une goutte sessile par la méthode VOF/Level-set, *Journée d'Etude sur l'Aérodynamique*, 2015

---

<sup>†</sup> rafik\_adz@yahoo.fr

<sup>1</sup>Laboratoire des Systèmes Energétiques, EMP Alger

<sup>1</sup>Laboratoire des Transports Polyphasiques & Milieux Poreux (LTPMP), Alger

<sup>3</sup>Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI), UMR 7343



# Dynamique d'interfaces chargées et application aux biomatériaux

*G. Martrou* <sup>† 1</sup>

**Encadrants :** *M. Léonetti*<sup>1</sup>, *T. Trimaille*

Dans un certain nombre de procédés industriels impliquant une interface liquide/liquide, liquide/gaz ou poudre/air, un champ électrique intense est appliqué afin de déstabiliser l'interface pour la structurer (pattern) ou produire des jets (singularité puis éjection d'un filament liquide) ou bien un mélange. Notre approche est expérimentale et vise une meilleure compréhension des mécanismes mis en jeu lors de la déstabilisation de l'interface fluide-fluide par un champ électrique intense. Deux points importants ont été étudiés jusqu'à présent.

Le premier est la déstabilisation d'une interface liquide dans une géométrie plan/pointe lorsqu'un champ lui est appliqué. Sous un fort champ, un phénomène inattendu se produit, la création d'une cloche liquide stable joignant les deux électrodes.

Le second est la formation de fibres de polymères grâce à une méthode appelée électrospinning. Dans cette dernière, on applique un fort champ à un fluide (polymère+solvant) en sortie d'un tube capillaire avec le but d'étirer et d'accélérer le jet. Ces deux phénomènes ensemble permettent d'évaporer le solvant et de ne laisser qu'un jet de polymère se déposer à la surface du collecteur.

L'électrospinning est souvent effectué sur un collecteur solide. Notre étude consiste à réaliser cette opération directement dans un bain liquide afin de fonctionnaliser les fibres en un seul procédé.

## Publications, conférences, brevets... :

- MARTROU G., On fluid electrostatic bell (en cours de rédaction)
- MARTROU G., *Congrès de recherche Inter Ecoles Centrales*, 2014

---

<sup>†</sup>guillaume.martrou@gmail.com

<sup>1</sup>Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibres (IRPHE), UMR 7342





# Application du pompage énergétique par absorbeur dynamique non-linéaire à la double paroi

*V. Iurasov* <sup>† 1</sup>

Encadrants : *P.-O. Mattei* <sup>1</sup>, *R. Cote* <sup>1</sup>

Le sujet de cette thèse se situe à l'intersection des deux domaines d'application des absorbeurs dynamiques non linéaires. L'idée est ici de développer un absorbeur vibroacoustique non linéaire pour limiter le rayonnement acoustique d'une paroi excitée par une onde sonore. Le travail est réalisé dans le cadre d'une précédente collaboration entre le Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique de Marseille et Saint-Gobain Recherche. La structure de cet absorbeur dynamique non linéaire et les détails de son utilisation feront l'objet d'une demande de brevet et restent confidentiels tant que la demande n'est pas publiée.

Un premier travail réalisé lors du stage de Rémi Ponçot a permis de mettre au point un absorbeur dynamique non linéaire et de montrer que cet absorbeur permettait de réduire l'amplitude vibratoire d'un système de deux poutres encastrees-libres couplées, excité par un pot vibrant. Le dispositif a permis d'obtenir une limitation du niveau vibratoire d'au moins 10 dB sur les deux premiers modes vibratoires du système.

La thèse comme la continuation de l'application des absorbeurs dynamiques non-linéaires pour des systèmes différentes comporte à la fois des aspects théoriques et numériques sur la modélisation des phénomènes non linéaires, dissipatifs et vibroacoustiques ainsi que des aspects expérimentaux.

---

<sup>†</sup>iurasov90@gmail.com

<sup>1</sup>Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA), UPR 7051



# Caractérisation et modélisation des phénomènes gouvernant le séchage par atomisation de suspensions colloïdales

**Q. Gaubert** <sup>† 1</sup>

**Encadrants : F. Onifri**<sup>1</sup>

Introduction et présentation du contexte scientifiques avec problématiques  
Présentation du séchage par atomisation et modélisation de l'évaporation  
par la loi en  $D^2$  Méthodes expérimentales de diagnostics Dispositif de  
lévitation acoustique Conclusion et Perspectives

---

<sup>†</sup> [quentin.gaubert@etu.univ-amu.fr](mailto:quentin.gaubert@etu.univ-amu.fr)

<sup>1</sup>Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI), UMR 7343



## Simulation prédictive de la combustion de plaques de PMMA

**A. Kacem** <sup>† 1,2</sup>      **Encadrants :** *M. Mense*<sup>1</sup>, *Y. Pizzo*<sup>1</sup>, *S. Suard*<sup>2</sup>, *G. Boyer*<sup>2</sup>, *B. Porterie*<sup>1</sup>

La principale difficulté pour réaliser une simulation dite prédictive du développement d'un incendie est de quantifier le débit de pyrolyse du combustible. Un des objectifs est donc de correctement simuler les phénomènes fortement couplés qui ont lieu dans les phases gazeuse et solide. Dans le cadre de cette étude, on étudie tout d'abord la pyrolyse de plaques épaisses de PMMA. Plusieurs approches de modélisation sont comparées selon que la pyrolyse est surfacique ou volumique, le solide est opaque ou semi-transparent, a un comportement gris ou spectral. Il est montré que le modèle de pyrolyse volumique incluant pyrolyse volumique, le caractère spectral du rayonnement au sein du solide conduit au meilleur accord avec l'expérience. La seconde partie de l'étude concerne le couplage entre phases. Le modèle de pyrolyse est implémenté dans le code à champs ISIS de l'IRSN. Les résultats de validation obtenus pour une plaque carrée de PMMA de 20 cm de côté sont analysés en termes de taux de pyrolyse, de flux à la surface et de température dans la flamme.

### Publications, conférences, brevets... :

- PIZZO Y., LALLEMAND C., KACEM A., KAISS A., GERARDIN J., ACEM Z., BOULET P., B. PORTERIE B., Steady and transient pyrolysis of thick clear PMMA slabs, *Combustion and Flame*, 2015
- KACEM A., PIZZO Y., BOYER G., SUARD S., PORTERIE B., Comparative Evaluation of Clear PMMA Pyrolysis Models, *Mediterranean Combustion Symposium*, 2015
- KACEM A., MENSE M., PIZZO Y., SUARD S., BOYER G., PORTERIE B., Simulation prédictive de la combustion de plaques de PMMA, *JITH*, 2015
- PIZZO Y., GIRAUD N., BILLAUD Y., LALLEMAND C., KAISS A., KACEM A., KADOCH B., SUARD S., BOULET P., PORTERIE B., Evaluation des flux de chaleur mis en jeu lors de la combustion stationnaire de plaques thermiquement épaisses de PMMA, *CFM*, 2013
- SUARD S., KACEM A., MARTIN H., PORTERIE B., Simulations prédictives d'un feu d'hydrocarbure en milieu ouvert et confiné, *CFM*, 2013

---

<sup>†</sup>ahmed.irsni@gmail.com

<sup>1</sup>Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI), UMR 7343

<sup>2</sup>Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN)



# Optical optimizations of $Cu_2ZnSnSe_4$ solar cells by numerical simulation

**D. Cozza** <sup>† 1</sup>

**Encadrants :** C. M.

Ruiz<sup>1</sup>, D. Duché<sup>1</sup>, M. Neuschitzer<sup>1</sup>, F. Saucedo<sup>1</sup>, J.J. Simon<sup>1</sup>, L. Escoubas<sup>1</sup>

Kesterite based solar cells are an interesting alternative to other thin film photovoltaic technologies due to promising performances combined to earth-abundant elements composition. The most efficient kesterite solar cells to-date with  $\eta = 12.6\%$  have been fabricated using the solid solution  $Cu_2ZnSn(S, Se)_4$  (*CZTSSe*), which exhibits an intermediate band gap ( $E_g$ ) relative to the pure selenide  $Cu_2ZnSnSe_4$  (*CZTSe*,  $E_g \approx 1.0$  eV) and the pure sulfide  $Cu_2ZnSnS_4$  (*CZTS*,  $E_g \approx 1.5$  eV). Modelling and simulation are a cheap and quick way to predict the design configurations, in terms of optimal layers thickness, that can maximize the performances of the device. The full device simulation includes an optical and electrical part that can be handled separately in order find the origin of efficiency limitations and then to optimize these two aspects independently. In this work we focus on the optical optimization with the aim of maximizing the number of photons that reach the absorber, and consequently increasing the maximum  $J_{sc}$  achievable by the device. We employed the TMM method for the optical simulation and the software SCAPS for the electrical simulation. The baseline was defined in order to reproduce a real *CZTSe* solar cell fabricated by PVD – selenization of sputtered metallic stacks - at the IREC laboratory in Barcelona (Spain).

## Publications, conférences, brevets... :

- Bientôt, stay tuned!

---

<sup>†</sup>darlo.cozza@im2np.fr

<sup>1</sup>Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence (IM2NP), UMR 7334





# Etude expérimentale et numérique de l'écoulement au sein d'un distributeur de micro-irrigation

**J. Al-Muhammad** † <sup>1,2</sup>

**Encadrants :** *S. Tomas*<sup>2</sup>, *F. Anselmet* <sup>1</sup>

Le colmatage physique du système du micro-irrigation est causé par des particules en suspension dans l'eau d'irrigation. Souvent de taille inférieure à un micromètre, les grosses sont piégées par le système de filtration, ces particules peuvent s'agglomérer et s'accrocher à la paroi jusqu'à colmater le distributeur. Afin de comprendre le phénomène de colmatage, il faut d'abord caractériser l'écoulement dans le labyrinthe de goutteur. En effet, le nombre de Reynolds, basé sur la vitesse moyenne et le diamètre de labyrinthe, est faible dans le labyrinthe ; il ne dépasse pas 1000. Cela signifie que l'écoulement est laminaire, mais selon plusieurs articles, le nombre de Reynolds critique pour un tube, dont la géométrie est ondulée et le diamètre de l'ordre de millimètre est de 350. Le colmatage de goutteur est influencé par la structure du labyrinthe, c'est-à-dire la largeur et la hauteur de dent ou chicane. L'objectif de ma recherche est pour modéliser l'écoulement à l'intérieur du goutteur par des modèles de turbulence. Plusieurs modèles ont été choisis,  $k$ -epsilon standard et  $k$ -epsilon RNG ainsi que des modèles à bas nombre de Reynolds comme le modèle d'Abid , Launder-sharma. Une expérimentation de Velocimétrie par Images de particules (PIV) a été développée pour visualiser l'écoulement. Cette expérience nous permet de valider le choix du modèle et de comprendre, en même temps, l'écoulement réel dans le labyrinthe. Le modèle choisi sera utilisé pour l'optimisation de la géométrie du labyrinthe afin d'éviter le colmatage. Cette optimisation sera fait en diminuant la zone à basse vitesse où le colmatage se produit essentiellement.

## Publications, conférences, brevets. . . :

- AL-MUHAMMAD J., TOMAS S., AIT-MOUHEB N., AMIELH M., ANSELMET F.,  $\mu$ -PIV characterization of the flow in a milli-labyrinth-channel used in micro-irrigation, 17<sup>th</sup> *international Symposium on Application of Laser Techniques to Fluid Mechanics*, 2014.
- AL-MUHAMMAD J., TOMAS S., ANSELMET F., Modeling a weak turbulent flow in a narrow and wavy channel : case of micro-irrigation , 21<sup>ème</sup> *Congrès Français de Mécanique*, 2013
- AL-MUHAMMAD J., *Congrès de recherche Inter Ecoles Centrales*, 2014

---

†almuhammadj@gmail.com

<sup>1</sup>Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibres (IRPHE), UMR 7342

<sup>2</sup>IRSETA, Montpellier



## Electrodes multi-couches de type oxyde/métal/oxyde à transparence accordable

**A. Bou** <sup>† 1,2</sup> **Encadrants :** *P. Torchio*<sup>1</sup>, *D. Barakel*<sup>1</sup>, *P.-Y. Thoulon*<sup>2</sup>, *M. Ricci*<sup>2</sup>

Des travaux expérimentaux et numériques réalisés sur des multicouches de type oxyde | métal | oxyde sont présentés. L'étude optique et électrique d'une structure  $TiOx | Ag | TiOx$  est en particulier décrite. La transmission, la réflexion et l'absorption de telles électrodes sont mesurées pour différentes épaisseurs d'oxydes - 0 à 50 nm - et d'argent - 7 à 25 nm. La détermination des épaisseurs est établie de façon contradictoire entre une mesure par microbalance à quartz lors du dépôt, une mesure par profilométrie mécanique et un modèle ellipsométrique permettant de déterminer chaque épaisseur au sein de la tricouche. On peut alors calculer les propriétés optiques d'un échantillon et les comparer aux valeurs expérimentales. Ainsi, il est possible de mettre en évidence du point de vue électrique et optique l'influence de chaque couche, et plus particulièrement celle de la couche d'argent dont la morphologie joue un rôle clef à ces épaisseurs.

### Publications, conférences, brevets... :

- BOU A., TORCHIO P., BARAKEL D., GUILLOU A., AYACHI B., THOULON P.-Y., RICCI M., Optical and electrical properties of structured multilayer with tunable transparency rate, *J. Phys. D. Appl. Phys.*, **48** : **205102**, 2015
- MANAI L., REZGUI B.D., BOU A., BARAKEL D., TORCHIO P., ZAGHOUBANI R.B. & AL., Enhanced light trapping using plasmonic nanoparticles, *J. Phys. Conf. Ser.*, **596** : **012002**, 2015
- MOUCHAAL Y., LOUARN G., KHELIL A., MORSLI M., STEPHANT N., BOU A. & AL., Broadening of the transmission range of dielectric/metal multilayer structures by using different metals, *Vacuum.*, **111** : **32–41**, 2015
- BOU A., TORCHIO P., BARAKEL D., THIERRY F., THOULON P.-Y., RICCI M., Numerical and experimental study of  $SnOx | Ag | SnOx$  multilayer as indium-free transparent electrode for organic solar cells, *F.H. Teherani, D.C. Look, D.J. Rogers (Eds.), Oxide-Based Mater. Devices V, SPIE* : p. **898706**, 2014 : .
- BOU A., TORCHIO P., BARAKEL D., THIERRY F., SANGAR A., THOULON P.-Y., RICCI M., Indium tin oxide-free transparent and conductive electrode based on  $SnOx | Ag | SnOx$  for organic solar cells, *J. Appl. Phys.*, **116** : **023105**, 2014
- BOU A., TORCHIO P., VEDRAINE S., BARAKEL D., LUCAS B., BERNEDE J.-C. & AL., Numerical optimization of multilayer electrodes without indium for use in organic solar cells, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells.*, **125** : **310–317**, 2014
- ABACHI T., CATTIN L., LOUARN G., LARE Y., BOU A., MAKHA M. & AL., Highly flexible, conductive and transparent  $MoO_3/Ag/MoO_3$  multilayer electrode for organic photovoltaic cells, *Thin Solid Films*, **545** : **438–444**, 2013

---

<sup>†</sup>adrien.bou@crosslux.com

<sup>1</sup>Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence (IM2NP), UMR 7334

<sup>2</sup>Crosslux



# Modeling of an underexpanded gas jet into the sodium of secondary/tertiary heat exchangers in Sodium Fast Reactors

*A. Borich* <sup>† 1</sup>

Encadrants : *A. Allou*<sup>1</sup>, *J.-D. Parisse*<sup>2</sup>

In secondary/tertiary heat exchangers of nuclear sodium cooled fast neutron reactors a leak induces the development of an underexpanded gas jet into the sodium. The consequences could be a localized damage of the internal structures encountered by the jet. The safety studies of Energy Conversion Systems require to have devoted computational tools. The goal of the thesis consists in the development of a multi-physics model able to reproduce the radial distribution of pressure within an impingement gas jet and the spatial boundaries of the jet area. That task implies to deal with the presence of a large pressure and temperature gradients that adds lots of challenging for numerical code to converge. In order to validate behavior of the diphasic media at high supersonic speeds the model is set with several numerical simulation of the shock wave passing through the diphasic medium (in a shock tube). The obtained numerical results should be compared with the results of the experiment carried by A. Chauvin, IUSTI laboratory. Afterwards the new model will be applied to numerical simulations of underexpanded gas jet flowing into a liquid.

## Publications, conférences, brevets. . . :

- 11<sup>th</sup> *International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics*, 2015
- *Journées scientifiques du CEA Cadarache*, 2014

---

<sup>†</sup>anna.borich@cea.fr

<sup>1</sup>CEA Cadarache

<sup>2</sup>Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI), UMR 7343



## Méthodes de mesures optiques adaptées au carbure de silicium

**B. Bérenquier** <sup>† 1</sup> **Encadrants :** *O. Palais*<sup>1</sup>, *L. Ottaviani*<sup>1</sup>, *A. Lyoussi*<sup>1</sup>

En tant que matériau semi-conducteur grand gap, le Carbure de Silicium commence à entrer dans la production industrielle de composants électroniques haute tension, haute fréquence ou bien résistant aux environnements sévères (radiations haute énergie et températures élevées). Les premiers photo-détecteurs UV ont été commercialisés par la société SGLux tandis que ST Microelectronics propose un transistor MOSFET.

Toutefois, la physique du carbure de silicium est encore moins bien connue que celle du silicium. De nombreux paramètres doivent encore être étudiés à l'échelle du matériau lui-même afin d'optimiser le design des composants. Ceux-ci doivent également être caractérisés.

La présente thèse aborde ces deux aspects, articulés autour du thème de la photonique et de la mesure optique :

- Un système de mesure du rendement quantique en température des photodiodes en carbure de silicium a été développé et utilisé pour caractériser les composants produits par nos partenaires. L'étude a porté sur le comportement en température et après irradiation de photodiodes UV en *SiC* – *4H* et de cellules solaires en *3C* – *SiC/Si*.
- Un banc de mesure de durée de vie par déphasage micro-onde a été monté et adapté au carbure de silicium (éclairage UV, sondes micro-ondes adaptées) Les premiers résultats obtenus sont en cours d'interprétation.

### Publications, conférences, brevets... :

- KALININA E.V., LEBEDEV A.A., BOGDANOVA E. & AL., Irradiation of *4H* – *SiC* UV detectors with heavy ions, *Semiconductors*, Vol. 49 : 540-546, DOI : 10.1134/S1063782615040132, 2015
- BERENQUIER B., OTTAVIANI L., BIONDO S. & AL., *4H* – *SiC* P+N UV Photodiodes : Influence of Temperature and Irradiation, *MRS Online Proceedings Library*, Vol. 1693, DOI : 10.1557/opl.2014.565, 2014
- TOURE M., BERENQUIER B., OTTAVIANI L. & AL., New *3C* Silicon Carbide on Silicon Hetero-Junction Solar Cells for UV Collection enhancement, *MRS Online Proceedings Library*, Vol. 1693, DOI : 10.1557/opl.2014.611, 2014
- BERENQUIER B., OTTAVIANI L., BIONDO S., LAZAR M., MILESI F., PALAIS O., TORREGROSSA F., LYOUSSI A., KALININA E., LEBEDEV A., *4H* – *SiC* P+N UV Photodiodes for Space Applications, *Materials Science Forum*, Vol. 821-823 : 644-647, 2014 (submitted)

---

<sup>†</sup>baptiste.berenguer@im2np.fr

<sup>1</sup>Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence (IM2NP), UMR 7334





## Capsule dynamics in confined flows

**J. Gubspun** <sup>† 1</sup>      **Encadrants :** *J. Deschamps*<sup>1</sup>, *M. Georgelin*, *M. Léonetti*<sup>1</sup>

The objective is to study experimentally microcapsule dynamics in confined flows. The microcapsules are made of cross-linked proteins, the human serum albumin (HSA) with concentrations from 5% to 30% (w/v). Their size vary from 50 to 1000  $\mu\text{m}$ . Capsules are injected in Poiseuille flows generated within microfluidics channels with two different cross sections : cylindrical or square.

The measurement of geometrical characteristics of deformed microcapsules coupled with numerical simulations leads to the determination of the surface shear modulus. This mechanical characteristic increases strongly with both the size and the protein concentration of the capsule.

An original optical system is dedicated to the simultaneous observation of the side and the front view of the capsules to get its whole shape. These reveal radial wrinkles all around capsules membrane. The formation threshold and the evolution of these wrinkles are studied as function of the velocity, the size and the confinement.

Finally the flow is seeded with microparticles to measure the induced flow of a capsule in a cylindrical capillary by particle tracking velocimetry. The perturbation zone is then deduced and compared with numerical simulation of a rigid body flowing in a capillary.

### Publications, conférences, brevets... :

- GUBSPUN J., GIRES P.-Y., SALSAC A.-V., DESCHAMPS J., GEORGELIN M., LEONETTI M., LECLERC E., EDWARDS-LEVY F., BARTHES-BIESEL D., 2015 (under preparation)
- GUBSPUN J., DESCHAMPS J., GEORGELIN M. LEONETTI M., *Journal of Fluid Mechanics*, 2015 (under preparation)
- GIRES P.-Y., GUBSPUN J., SALSAC A.-V., DESCHAMPS J., GEORGELIN M., LEONETTI M., LECLERC E., EDWARDS-LEVY F., BARTHES-BIESEL D., *DYNACAPS*, 2014

---

<sup>†</sup>j.gubspun@gmail.com

<sup>1</sup>Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibres (IRPHE), UMR 7342



# Spectroscopie sans contact de durée de vie en température pour la détermination des contaminants présents dans le silicium destiné à la réalisation de cellules photovoltaïques

*E. Quiniou* <sup>† 1</sup>

Encadrants : *O. Palais*<sup>1</sup>, *D. Barakel*<sup>1</sup>

La forte croissance du photovoltaïque ces dernières années s'accompagne d'une demande toujours plus soutenue en matière première. Malgré le développement de nouvelles filières, la technologie au silicium domine toujours le marché avec la possibilité de forts rendements de conversion pour un coût maîtrisé. Malgré l'amélioration des architectures, consommant moins de matière, et le développement de nouvelles filières d'élaboration, ce matériau conserve de nombreuses impuretés (dopants, éléments légers et métalliques). Ces impuretés sont à même de dégrader le rendement de conversion suivant leurs natures et leurs concentrations. Il est donc primordial de détecter ces impuretés dès les premières étapes de fabrication pour appliquer un traitement permettant de neutraliser les impuretés présentes. L'identification peut se faire à l'aide de la détermination de la section efficace de capture de chaque impureté ( $\sigma$ ) et de son niveau piège ( $Et$ ) dans la bande interdite du semiconducteur, caractéristique de chaque impureté. C'est généralement la DLTS (Deep Level Transient Spectroscopy) qui est utilisé pour obtenir ces grandeurs mais cette technique nécessite un composant de test et dont la sensibilité est limitée. Dans le but d'améliorer ce type de caractérisation, des techniques sans contact, comme la  $\mu W - PS$  (MicroWave Phase Shift), ont été développées pour offrir une meilleure sensibilité et surtout n'occasionner aucune modification des échantillons analysés. Cette technique repose sur la mesure de la durée de vie des porteurs qui reflète la nature de l'impureté grâce à la statistique SRH. Notre étude s'intéresse à la dynamique de variation de la durée de vie avec la température dans le but d'identifier les impuretés tant qualitativement que quantitativement.

---

<sup>†</sup>quiniou.etienne@gmail.com

<sup>1</sup>Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence (IM2NP), UMR 7334



# Vers la caractérisation d'agrégats de nanoparticules par diffusion statique de la lumière

C. Montet<sup>† 1</sup>

Encadrants : M. Wozniak<sup>1</sup>, F. Onofri<sup>1</sup>

Le but de ces travaux est de déterminer la taille et la morphologie d'agrégats fractals par la méthode de diffusion statique de la lumière (SLS). Cette méthode consiste à éclairer, à l'aide d'un faisceau laser, une cuve contenant des particules en suspension dans de l'eau. La lumière diffusée par ces particules est ensuite enregistrée sur une large plage angulaire, par un photomultiplicateur positionné sur un banc goniométrique. Un diagramme de diffusion est ainsi obtenu. A l'aide de modèle théorique (théorie de Mie) et de méthode d'inversion (moindres carrés), il est possible de remonter à la taille des particules. La plupart des appareils basés sur ce type de système utilise des cuves fixes et sont limités à des particules de tailles moyennes et de formes simples. Durant ces dernières années, un modèle a été développé pour inverser les propriétés optiques d'agrégats fractals synthétiques. Pour pouvoir faire une comparaison avec des données expérimentales, un système SLS est en cours de développement. Ce système utilise des cuves cylindriques amovibles et permet une détection sous le plan de diffusion conventionnel. Ceci, couplé avec la forme elliptique du faisceau, permet de minimiser les réflexions spéculaires et de s'affranchir de la phase de calibration du volume de mesure. Ce système étant en phase de calibration, seules des particules sphériques sont testées.

## Publications, conférences, brevets. . . :

- MONTET C., WOZNIAK M., SENTIS M., ONOFRI F., On the Routine of Characterization of Nanoparticles by Static Light Scattering, *10<sup>th</sup> Int. Conf. on Laser-Light and Interactions with Particles (LIP2014)*, **PC-31**, 2014.
- ONOFRI F., PELCE C., BARBOSA S., MONTET C., MEISTER L., BIZI M., On the size and morphological characterization of needle-shaped TiO<sub>2</sub> nanoparticles in suspension, *Proc. SPIE 9232, International Conference on Optical Particle Characterization*, doi :**10.1117/12.2063938**, 2014
- MONTET C., SENTIS M., WOZNIAK M., ACOSTA-ALBAC P.-E., ONOFRI F., Vers la caractérisation d'agrégats de nanoparticules par diffusion statique de la lumière, *14<sup>ème</sup> Congrès Francophone des Techniques Lasers pour la mécanique des fluides*, **AM-3**, 2014.
- PELCE C., ONOFRI F., MEISTER L., MONTET C., PELCE P., BARBOSA S., SENTIS M., BIZI M., Caractérisation de la Taille et de la Morphologie de Nanofils De TiO<sub>2</sub> en Suspension, *14<sup>ème</sup> Congrès Francophone de Techniques Laser*, **GR-4**, 2014.

---

<sup>†</sup>cedric.montet@etu.univ-amu.fr

<sup>1</sup>Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI), UMR 7343



# Efficient use of simulating tools in the determination of critical flight conditions for helicopter operational flight envelope

*J. M. Pereira Figueira* <sup>† 1,3</sup>   **Encadrants :** *A. Taghizad*<sup>2</sup>, *M. Abid*<sup>1</sup>

The helicopter land-based limitations are not valid in the shipboard operations due to ship air wake/turbulence, ship motion, confined landing areas and visual cue limitations (and due to the combined effects of these factors). The execution of sea flight tests is actually the only available procedure to establish Ship/Helicopter Operating Limits (SHOLs). ONERA, The French Aerospace Lab, was looking for models to support maritime operations of helicopters since the 90s. In this context, the objective of this work is to use these models to establish a methodology to predict helicopter maritime operating limits. In this thesis the following approach is adopted : use offline simulation tools based on a human pilot model to predict the SHOLs. The research is actually focused on the development of a human pilot model using the so-called SYCOS (SYnthesis through COnstrained Simulation) pilot model, which includes a linear time-invariant inverse and a crossover model. In November 2014, a pilot-in-the-loop flight test was incorporated in the ONERA (Salon de Provence) simulation Center facility (namely, PycsHel), in order to allow a preliminary adjustment of the human pilot model in land-based tasks. Another man-in-the-loop flight test simulation is scheduled for the end of 2015 to perform final adjustments of the human pilot and handling quality prediction models in order to develop SHOLs to be used during the development and validation process of the project.

## Publications, conférences, brevets... :

- FIGUEIRA, J. M. P., TAGHIZAD, A. and ABID, M., Model of Helicopter Pilot's Controls Activity for Shipboard Operations, 41<sup>st</sup> *European Rotorcraft Forum*, 2015 (à venir)

---

<sup>†</sup> jose\_marcio.pereira\_figueira@onera.fr

<sup>1</sup>Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibres (IRPHE), UMR 7342

<sup>2</sup>Department of Systems Controls and Flight Dynamics, ONERA Salon de Provence

<sup>3</sup>Brazilian Air Force Research and Flight Tests Institute (IPEV)





## Choice of Quantum dots for hybrid solar cells

**F. Thierry** <sup>† 1</sup> **Encadrants :** *J. Le Rouzo*<sup>1</sup>, *F. Flory*<sup>1</sup>, *G. Berginc*<sup>1</sup>, *L. Escoubas*<sup>1</sup>

Le poster présentera la démarche mise au point pour choisir les matériaux constituant la couche active d'une cellule solaire hybride organique-inorganique afin de fournir le rendement de conversion de l'énergie solaire le plus élevé possible. Pour cela on s'appuie sur des modèles simples d'évaluation de l'efficacité de différents types de cellules solaires. Le composé inorganique est choisi comme étant des boîtes quantiques semiconductrices et l'on utilise le phénomène de confinement pour obtenir un alignement favorable des bandes électroniques des matériaux de la cellule. Différentes possibilités seront discutées en fonction des propriétés de nombreux matériaux provenant de données issues de la littérature.

### Publications, conférences, brevets... :

- THIERRY F., LE ROUZO J., FLORY F., BERGINC G., ESCOUBAS L., *JNP*, 2015
- BOU A., TORCHIO P., BARAKEL D., THIERRY F., SANGAR A., THOULON P.-Y., RICCI M., *JAP*, 2014
- THIERRY F., LE ROUZO J., FLORY F., BERGINC G., ESCOUBAS L., *SPIE Optics + Photonics*, 2014
- BOU A., TORCHIO P., BARAKEL D., THIERRY F., SANGAR A., THOULON P.-Y., RICCI M., *SPIE Photonics West*, 2014

---

<sup>†</sup>francois.thierry@im2np.fr

<sup>1</sup>Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence (IM2NP), UMR 7334



# A simple HLLC-type Riemann solver for compressible non-equilibrium multiphase flows

**D. Furfaro** <sup>† 1</sup>

**Encadrant : R. Saurel**<sup>1</sup>

Un solveur de Riemann de type HLLC a été obtenu dans le cadre d'écoulements diphasiques compressibles en déséquilibre de vitesses et de pressions. Il fait évoluer 4 ondes par phase, c'est-à-dire les trois ondes conventionnelles plus une onde dite "interfaciale". Inspirée par la Méthode des Equations Discrètes (*Abgrall et Saurel, 2003*), cette vitesse d'onde ( $uI$ ) est supposée fonction uniquement des états initiaux et se calcule ainsi facilement à partir de ces états. Il en est de même pour la pression d'interface  $pI$ . Les variables interfaciales  $uI$  et  $pI$  sont ainsi localement constantes dans le cadre de l'étude du problème de Riemann. Il n'y a ainsi aucune difficulté à exprimer le système d'EDPs non conservatives sous une forme localement conservative. A l'aide des vitesses d'onde HLLC conventionnelles et de l'onde interfaciale supplémentaire, le problème de Riemann faisant intervenir 4 ondes par phase est résolu selon la même stratégie que celle adoptée par *Toro et al. (1994)* pour les équations d'Euler. Comme  $uI$  et  $pI$  sont fonctions uniquement des données initiales du problème de Riemann, le problème de Riemann diphasique est réduit à deux problèmes de Riemann indépendants constitués uniquement de 4 ondes chacun. Ce solveur a été étendu aux écoulements multiphasiques et implémenté dans un code 3D non-structuré.

## Publications, conférences, brevets. . . :

- FURFARO D., SAUREL R., Modeling droplet phase change in the presence of a multi-component gas mixture, *Appl. Math. Comput.*, 2015 (in press)
- FURFARO D., SAUREL R., A simple HLLC-type Riemann solver for compressible non-equilibrium two-phase flows, *Computers and Fluids*, **111**, **159-178**, 2015
- FURFARO D., SAUREL R., A simple HLLC-type Riemann solver for compressible non-equilibrium two-phase flows, *CEMRACS : Numerical modeling of plasmas*, 2014

---

<sup>†</sup>damien.furfaro@rs2n.eu

<sup>1</sup>Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI), UMR 7343



## Etude et réalisation de capteurs de température sur support souple

**M.D. Dankoco** <sup>† 1</sup>      **Encadrants :** *E. Bénevent*<sup>1</sup>, *E. Bergeret*<sup>1</sup>, *L. Gallais*<sup>1</sup>, *M. Bendahan*<sup>1</sup>

Je présente sur le poster l'étude préliminaire effectuée sur des capteurs de température réalisés par ablation laser sur support souple pour mesurer la température du corps humain. Ces capteurs sont composés d'un substrat de Kapton d'une épaisseur de 75  $\mu\text{m}$ , d'une couche d'accroche de titane (*Ti*) de 5nm et d'un matériau sensible. Les trois matériaux sensibles utilisés pour cette étude sont le platine (*Pt*), l'argent (*Ag*) et le cuivre (*Cu*) avec respectivement une épaisseur de 100 nm, 200 nm et 200 nm. Les techniques de fabrication utilisées sont la pulvérisation RF magnétron pour le dépôt des matériaux sensibles et l'ablation laser pour la réalisation des motifs des capteurs. Les capteurs ont été étudiés sur une plage de température comprise entre 0°C et 100°C. La variation de la résistance observée sur cette plage de test a permis d'évaluer la sensibilité de chaque capteur. Les sensibilités des trois capteurs avec comme matériaux sensibles *Pt*, *Ag* et *Cu* sont respectivement  $2.07 \times 10^{-3} \text{°C}^{-1}$ ,  $4.1 \times 10^{-3} \text{°C}^{-1}$ ,  $2.4 \times 10^{-3} \text{°C}^{-1}$ . Les courbes représentatives du comportement de ces matériaux en fonction de la température sont quasi linéaires. Les résultats obtenus montrent que des capteurs de température peuvent être réalisés sur support souple à moindre coût par ablation laser. Les capteurs ainsi obtenus atteignent les performances du capteur de référence en *Pt* réalisé par photolithographie.

### Publications, conférences, brevets... :

- DANKOCO M.D., TEFAY G. Y., BENEVENT E., BENDAHAN M., Flexible temperature sensor realized by inkjet process, 8<sup>th</sup> *International Symposium on Flexible Organic Electronics*, 2015 (à venir)
- DANKOCO M.D., BENEVENT E., BERGERET E., GALLAIS L., BENDAHAN M., Etude et réalisation de capteurs de température sur support souple, *E-MRS, Matériaux et Applications aux Dispositifs Capteurs*, 2014
- DANKOCO M.D., BENEVENT E., BERGERET E., GALLAIS L., BENDAHAN M., Temperature sensor on flexible substrate patterned by laser ablation, 10<sup>th</sup> *International Conference on Advanced Semiconductor Devices and Microsystems*, 2014
- DANKOCO M.D., BENEVENT E., BERGERET E., GUERIN M., GALLAIS L., BENDAHAN M., Study and realization of temperature sensor on flexible substrate, *Innovative Printed Smart Objects Conference (IPSO)*, 2013

---

<sup>†</sup>mariam-deme.dankoco@im2np.fr

<sup>1</sup>Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence (IM2NP), UMR 7334



## Hydrodynamic of a self-propelled body

*M. R. Arbie* <sup>† 1</sup>

**Encadrants :** *U. Ehrenstein*<sup>1</sup>, *C. Eloy*<sup>1</sup>

Energetic cost of a swimming body is an important question which has not been established yet. Aquatic animals have been studied as a reference. In order to gain a deeper insight in this particular problem, a careful examination of the forces involved in the hydrodynamics of a swimming body is required. Therefore, both the boundary layer and the far field regime needs to be analyzed. As a first part, we analyzed the wake instability produced by a force doublet which consists of drag and thrust. Examination of a wake pattern produced by a swimming body can be a good approach in order to be able to determine the dynamics of the swimming body itself. A self-propelled body moving with a constant velocity, such that its drag and thrust are in equilibrium, generates a far field wake which can be seen as a wake produced by a dipole force. *Afanasyef* (2004) derived the formula of vorticity field produced by a doublet from which we can deduce the velocity profile. A locally parallel linear stability analysis is performed by solving the linearized Navier-Stokes eigenvalue problem using a mapping to account for the infinite boundary in the transverse direction. The boundary between absolutely and convectively unstable profiles is computed in the parameter plane by using the cusp-map method for complex frequencies and wavenumbers.

---

<sup>†</sup> arbie@irphe.univ-mrs.fr

<sup>1</sup>Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibres (IRPHE), UMR 7342





# Effet des radiations sur les dispositifs en technologies CMOS Bulk et FDSOI jusqu'au noeud 14 nm

V. Malherbe <sup>† 1</sup>

Encadrant : J.-L. Aufran<sup>1</sup>

Les travaux présentés sont axés sur la modélisation et la simulation des effets des particules ionisantes sur les circuits CMOS en technologies Bulk et FDSOI. Connaissant l'environnement radiatif (terrestre, spatial...) auquel sont soumis les circuits, les mécanismes sous-jacents aux événements singuliers sont étudiés au niveau "dispositif" à l'aide d'outils TCAD, puis intégrés au niveau "circuit" avec SPICE dans des chaînes de simulation Monte-Carlo basées sur des modèles compacts. Les spécificités inhérentes à chaque technologie (Bulk, silicium sur isolant...) sont mises en avant.

## Publications, conférences, brevets... :

- MALHERBE V., GASLOT G., SOUSSAN D., PATRIS A., AUTRAN J.-L., ROCHE P., Alpha Soft Error Rate of FDSOI 28 nm SRAMS : Experimental testing and simulation analysis, *IEEE International Reliability Physics Symposium*, 2015
- MALHERBE V., GASLOT G., AUTRAN J.-L., ROCHE P., An improved Particle-Level Charge transport model for the simulation of radiation-induced current pulses in bulk CMOS technology, *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 2015
- MALHERBE V., GASLOT G., AUTRAN J.-L., ROCHE P., An improved Particle-Level Charge transport model for the simulation of radiation-induced current pulses in bulk CMOS technology, *IEEE Nuclear and Space Radiation Effects Conference*, 2015

---

<sup>†</sup>victor.malherbe.1991@gmail.com

<sup>1</sup>Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence (IM2NP), UMR 7334



# Écoulement des milieux granulaires assisté par vibration : Application au remplissage des moules de presse

**J.-E. Mathonnet** <sup>† 1</sup>

**Encadrants :** *M. Nicolas*<sup>1</sup>, *B.*

*Daloz-Dubrujeaud*<sup>1</sup>, *P. Sornay*<sup>2</sup>

Dans le cadre du projet ASTRID, il existe un projet d'Atelier de Fabrication des Cœurs qui a pour but de produire le combustible nucléaire des différents cœurs. L'objectif de cet atelier est de simplifier/améliorer le procédé de métallurgie des poudres retenu pour la fabrication du combustible. Dans ce contexte, mon sujet de thèse est centré sur le procédé de remplissage des moules de presse. La poudre, mise en œuvre pour la fabrication du combustible d'ASTRID, est une poudre MOX qui est très cohésive et ne s'écoule pas naturellement du sabot de remplissage vers le moule de presse. Or les industrielles cherchent à avoir des écoulements spontanés et rapides. Une solution dans le passé, pour répondre à ces critères et permettre le remplissage du moule de presse, consistait à effectuer une granulation mécanique des poudres. Toutefois compte tenu des risques liés à la manipulation des poudres d'actinides et des coûts de cette étape de granulation, nous étudions l'effet des vibrations horizontales sur l'écoulement des poudres, en particulier lors du remplissage des moules de presse, dans le but de simplifier/supprimer cette étape. Le remplissage des moules de presse alternant des phases d'écoulement et de non écoulement, nous présentons, dans ce poster, l'influence des vibrations sur la poudre lors de ces deux phases.

## Publications, conférences, brevets. . . :

- MATHONNET J-E., SORNAY P., DALLOZ-DUBRUJEAUD B., NICOLAS M., *STPMF*, 2015 (communication orale)

---

<sup>†</sup>jean-eric.mathonnet@cea.fr

<sup>1</sup>Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI), UMR 7343

<sup>2</sup>CEA Cadarache



## Système récupérateur d'énergie électromagnétique RF

**D. Michelin** <sup>† 1</sup>      **Encadrants :** *E. Bergeret*<sup>1</sup>, *A. di Giacomo*<sup>1</sup>, *P. Pannier*<sup>1</sup>

Le projet consiste à réaliser un système de récupération d'énergie électromagnétique RF en technologie CMOS 130 nm. Le but est de pouvoir alimenter des dispositifs électroniques (microcontrôleur, capteurs) avec l'énergie ambiante ou en télé-alimentation. Ces résultats sont obtenus par moyen de dispositifs à ultra-faible consommation (ULP, ultra low power) et optimisés pour la très haute fréquence (UHF, ultra high frequency) dans le cadre d'une technologie Silicium à faible coût.

### Publications, conférences, brevets... :

- MICHELON D., EGELS M., BERGERET E., DI GIACOMO A., PANNIER P., A study about wire-bonds for RF energy harvesting applications, *JNRDM*, 2014
- MICHELON D., BERGERET E., DI GIACOMO A., PANNIER P., Optimization of integrated Dickson voltage-multipliers for RF energy harvesting, *IEEE NEWCAS*, 2014
- MICHELON D., BERGERET E., DI GIACOMO A., PANNIER P., Wire-bonds used as matching inductor in RF energy harvesting applications, *IEEE PRIME*, 2014

---

<sup>†</sup>dino.michelon@im2np.fr

<sup>1</sup>Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence (IM2NP), UMR 7334



## Etude de suspensions denses de particules sous écoulement

**W. Zhu** <sup>† 1,2</sup>

**Encadrants :** *Y. Knapp* <sup>1</sup>, *V. Deplano* <sup>1</sup>

Le contexte général de ces travaux de recherche concerne l'étude de suspensions denses de particules (sdp) soumises à un écoulement. L'un des objectifs est de modéliser le comportement de globules rouges (GRs) en suspension dans du plasma soumis à un écoulement. Ainsi, un dispositif expérimental de type cône-plan équipé d'un microscope inversé et d'un système de  $\mu$ -PIV a spécifiquement été développé pour étudier le comportement de sdp pour différentes valeurs de concentrations de (0% à 45%) soumis à différents taux de cisaillement (de 0.5 à 100s<sup>-1</sup>). Les travaux présentés porteront sur la définition et la caractérisation de mélanges de fluides dont la densité et l'indice de réfraction auront été adaptés à des particules de PMMA représentant un modèle idéalisé de GRs. Des mesures de champs de vitesse, obtenus pour différentes valeurs de concentrations de particules seront ensuite présentées pour différentes valeurs de diamètres de particules (41 et 4.62  $\mu$ m). Enfin, une analyse rhéologique de ces suspensions sera proposée.

### Publications, conférences, brevets... :

- ZHU W, KNAPP Y, DEPLANO V., Low hazard refractive index and density matched fluid for quantitative imaging of concentrated suspensions of particles, *Exp. Fluids* (soumis)
- ZHU W, KNAPP Y, DEPLANO V., Characterization of dense particle suspensions under flow, 40<sup>ème</sup> *Congrès de la Société de Biomécanique*, 2015 (soumis)

---

<sup>†</sup>zhu@irphe.univ-mrs.fr

<sup>1</sup>Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibres (IRPHE), UMR 7342





# Numerical investigation of soot formation and radiative heat transfer in ethylene microgravity laminar boundary layer diffusion flames (LBLDFs)

**J. Contreras** <sup>† 1</sup>    **Encadrants :** *J.-L. Consalvi*<sup>1</sup>, *A. Fuentes*<sup>2</sup>, *F. Liu*<sup>3</sup>

In order to assess different approximate radiative models to predict the flame structure and the radiative quenching of a microgravity ethylene LBLDFs a reference solution SNBCK wide band model coupled to DOM has been compared with three approximate radiative model, namely i) gray soot model, ii) Planck-mean model, and iii) OTA. Model results show that soot radiation represents 45% of the total radiative loss and plays a crucial role in the flame quenching at the trailing edge. The ranking of the model in order of decreasing accuracy is the following : 1) the Gray soot, 2) the Planck mean, and 3) the OTA. None of these approximate models should be used if a reliable description of the flame structure and the phenomenon of flame quenching at the trailing edge is desired.

## Publications, conférences, brevets... :

- CONSALVI J.-L., LIU F., CONTRERAS J., KASHIF M., LEGROS G., SHUAI S., WANG J., Numerical study of soot formation in laminar coflow diffusion flames of methane doped with primary reference fu, *Combustion and Flame*, 2015

---

<sup>†</sup>Jorge.CONTRERAS-RODRIGUEZ@etu.univ-amu.fr

<sup>1</sup>Institut Universitaire des Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI), UMR 7343

<sup>2</sup>Universidad Técnica Federico Santa María, Chile

<sup>2</sup>National Research Council of Canada, Ottawa



## Injection de fautes laser sur cellules SRAM et influence de la durée d'impulsion

**M. Lacruche** <sup>† 1,3</sup>      **Encadrants :** *N. Borrel*<sup>1,2</sup>, *C. Champeix*<sup>2,3</sup>, *C. Boscian*, *J.-M. Dutertre*<sup>3</sup>, *A. Sarafianos*<sup>2</sup>, *J.-B. Rigaud*, *E. Kussener*<sup>1</sup>

L'injection de fautes laser sur des cellules SRAM est une technique largement utilisée pour réaliser des attaques en fautes. Dans des travaux précédents, les relations entre le layout de la cellule et ses différentes zones sensible ont été étudiées ainsi que le modèle de faute approprié lors de l'utilisation d'impulsions d'une durée de 50ns. Nous présentons ici les résultats d'expériences similaires réalisées avec des impulsions plus courtes ou l'on observe des différences notables, nous avons également reproduit les résultats sur la mémoire d'un microcontrôleur.

---

<sup>†</sup>lacruche@emse.fr

<sup>1</sup>Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence (IM2NP), UMR 7334

<sup>2</sup>STMicroelectronics

<sup>3</sup>Mines de Saint-Etienne, Gardanne