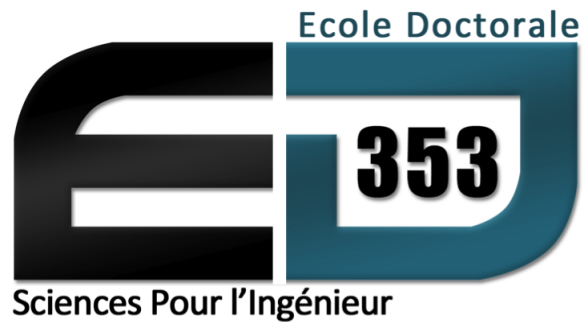


École Doctorale 353

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



Journée des Doctorants

30 mai 2018

Polytech Marseille
Département de Mécanique-Énergétique
Amphithéâtre Fermi



Programme de la journée

09h00 - 09h15	Intervention du directeur de l'École Doctorale Amphithéâtre Fermi
09h15 - 10h15	Conférence par Gilles Bogaert Détection des ondes gravitationnelles Amphithéâtre Fermi
10h15 - 10h30	Pause café Salle Café
10h30 - 11h15	Présentations des posters – 17 présentations Amphithéâtre Fermi
11h15 - 12h00	Conférence par Yannick Pizzo Parcours d'un docteur de l'ED Amphithéâtre Fermi
12h00 - 13h30	Pause déjeuner et Session posters Salle Café
13h30 - 14h15	Conférence par Alban Sauret Parcours d'un docteur de l'ED Amphithéâtre Fermi
14h15 - 15h00	Présentations des posters – 18 présentations Amphithéâtre Fermi
15h00 - 16h30	Pause café et Session posters Salle Café
16h30 - 16h45	Remise des prix et clôture Amphithéâtre Fermi

Conférences et présentations

09h00 - 09h15 : Intervention du directeur de l'École Doctorale

09h15 - 10h15 : Conférence par Gilles Bogaert – Détection des ondes gravitationnelles

Biographie: Gilles Bogaert est chargé de recherche au CNRS. Il a d'abord travaillé à Orsay en physique subatomique sur les réactions nucléaires qui interviennent dans le cosmos. Il s'est ensuite intéressé à l'astronomie de haute énergie à Palaiseau, où il a dirigé la construction du calorimètre du télescope spatial Fermi de la NASA. En 2012 il a rejoint la collaboration Virgo à l'Observatoire de la Côte d'Azur, où il s'intéresse aux cavités optiques de haute puissance.

Résumé: Les ondes gravitationnelles provoquent lors de leur passage sur Terre, selon les équations écrites par Einstein il y a un siècle, des changements de distance de l'ordre de 10^{-21} m dans les cas les plus favorables – par exemple lors de la coalescence de deux trous noirs situés à quelques centaines de millions d'années-lumière seulement. Ce sont ces ondes que les antennes Advanced LIGO puis Advanced Virgo sont parvenues à détecter après quelques dizaines d'années d'efforts de recherche et d'innovations. L'intérêt était double : confirmer la relativité générale dans des régimes encore inconnus, et développer une nouvelle forme d'astronomie. Les premières détections ont confirmé de façon spectaculaire l'intérêt des ondes gravitationnelles en astronomie. Les trois antennes sont actuellement en cours d'amélioration, la prochaine période d'observation devrait avoir lieu en 2019, pendant un an. Les antennes existantes devraient aussi être bientôt rejointes par une nouvelle, construite au Japon, puis une autre en Inde. En parallèle, l'Europe met sur pieds une mission spatiale, LISA, pour détecter les ondes de plus basse fréquence, dont peut-être celles émises lors des premiers instants du Big-Bang. Puis, en Europe, "Einstein Telescope" entrera en service avec une sensibilité largement améliorée grâce à de nouvelles innovations techniques. L'astronomie gamma ne fait que commencer...

10h15 - 10h30 : Pause café

10h30 - 11h15 : Présentations des posters

M. Temmar, N. Favrie, B. Michel	6
Simulation 3D du comportement sous irradiation des combustibles des réacteurs nucléaires de 4ème génération	
E. Duran-Venegas, S. Le Dizès, C. Éloy	7
Modélisation d'un rotor à pales flexibles	
T. Le Reun, B. Favier, M. Le Bars	8
Instabilités de marées dans les noyaux planétaires stratifiés	
N. Arif, F. Lebon, I. Rosu, H. Elias-Birembaux	9
Étude du comportement des trains d'atterrissage d'avions légers	
Y. Haddad	10
Suivi dynamique par diffusion de la lumière du transfert de matière entre phases dans des écoulements multiphasiques	
O. Obraztsova, A. Lyoussi, O. Palais, L. Ottaviani	11
Comparaison du diamant et du carbure de silicium (SiC) pour la détection des neutrons en milieu nucléaire	
F. Escudero, J.-L. Consalvi, F. Nmira	12
On the modelling of soot particle dynamics in laminar coflow diffusion flames	
L. D'Hondt, C. Payan, S. Mensah, M. Cavaro	13
Caractérisation acoustique de nuages de microbulles	
N. Hamamousse, A. Kaiss, A. Chikhaoui, N. Zekri, M. Ghamnia	14
Caractérisation des propriétés physiques des matériaux impliqués dans l'accélération des feux de forêt	

H. Berjamine, B. Lombard, G. Chiavassa, N. Favrie	15
Ondes non linéaires et dynamique lente dans les solides endommagés	
A. Cocchi, C. Hochard, O. Montagnier	16
Rupture de matériaux et structures composites stratifiés sous sollicitation de compression en statique et fatigue	
Z. Benseghier, P. Philippe, S. Bonelli, P. Cuéllar	17
Numerical modeling of erosion of cohesive granular material by a fluid flow	
G. Gay, C. Fochesato, F. Petitpas, É. Daniel	18
Modélisation de l'interaction combustible/réfrigérant : fragmentation et explosion de vapeur	
J. Château, H. Lhuissier, É. Guazzelli	19
Fragmentation of a viscous suspension jet	
M. Mense, Y. Pizzo, H. Pretrel, B. Porterie	20
Étude expérimentale et théorique des régimes d'instabilité de combustion à basse fréquence lors d'un incendie dans une enceinte mécaniquement ventilée	
L. Thiercelin, F. Lebon, A. Saulot, A. Boukamel	21
Modélisation multi-physique du mécanisme d'apparition de la phase blanche	
C. Pigot, M. Bocquet, J.-M. Portal	22
Modèle compact de mémoire à changement de phase (PCM)	

11h15 - 12h00 : Conférence par Yannick Pizzo – Une plateforme ouverte d'expérimentation pour l'étude des feux urbains, industriels et naturels

Biographie: Yannick Pizzo, diplômé en 2004 de l'EPUM (anciennement Polytech Marseille), a effectué une thèse portant sur la caractérisation de la flamme de diffusion qu'il a soutenue en 2007. Il a ensuite, pendant 3 ans (2017-2010), été en charge de la partie expérimentale d'un laboratoire de la sécurité civile, CEREN, à Valabre. En 2010, il a été recruté au CNRS en tant qu'ingénieur de recherche responsable de la halle expérimentale dédiée à l'étude des feux naturels et industriels de l'IUSTI. Il est depuis en charge des activités expérimentales de l'équipe dynamique des feux.

Résumé: La présentation portera sur les activités de recherche de l'équipe Dynamique des Feux, et en particulier, sur le volet expérimental pour lequel une plateforme spécifique a été mise en place.

12h00 - 13h30 : Pause déjeuner et Session posters

13h30 - 14h15 : Conférence par Alban Sauret – Particules, interfaces et fluides : des problématiques industrielles à la recherche fondamentale

Biographie: Alban Sauret est chercheur au CNRS depuis 2014 au laboratoire mixte Surface du Verre et Interfaces (CNRS/Saint-Gobain) à Aubervilliers. Son travail de thèse a eu pour but de modéliser les écoulements géophysiques induits par des effets de marées ou de libration dans les planètes. Ce travail, effectué à l'IRPHE et défendu en 2013, a obtenu le prix de thèse de l'Université d'Aix-Marseille. Après un post-doctorat à Princeton University (USA) en 2013-2014 où il a commencé à étudier des systèmes multiphasiques comme les mousses ou le mouillage de particules, il a intégré le CNRS. En parallèle, il a été chercheur invité à New-York University (USA) de 2014 à 2017. Il est, depuis 2015, consultant scientifique pour Saint-Gobain. Actuellement, ses recherches sont à l'interface de problématiques industrielles et de situations physiques fondamentales impliquant des liquides, des particules et des effets capillaires.

Résumé: Le mélange entre des grains et un liquide, les revêtements de surface, la fabrication de la laine de verre, constituent quelques exemples de procédés industriels pouvant inspirer des problèmes intéressants de recherche académique. Dans cet exposé, je présenterai brièvement mon parcours depuis ma thèse jusqu'à mon poste actuel de chercheur CNRS dans un laboratoire mixte CNRS/industrie. Je présenterai ensuite quelques exemples de travaux en cours dans notre laboratoire et impliquant des écoulements de fluides, de grains et la présence d'effets capillaires.

14h15 - 15h00 : Présentations des posters

K. Beltako, N. Cavassilas, L. Raymond, F. Michelinei	23
Pulse-induced optoelectronic response of molecular junctions	
V. d'Ambrosi, J.-M. Gatt, F. Lebon, J. Julien, D. Parrat, C. Destouches	24
Modélisation de la fusion nucléaire à cœur d'une pastille de combustible nucléaire par application des méthodes d'homogénéisation	
F. Chen, A. Allou, J.-D. Parisse	25
Modélisation d'un jet de gaz dans les collecteurs sodium des échangeurs à plaques compactes sodium-gaz des réacteurs nucléaires de la filière RNR-RA	
M.-V. Johansson, P. Perrier, I. Graur, M. Wüest	26
Transient method of permeability measurements for microporous media	
J. Lyu, M. Jaeger, P. G. Chen	27
Shape transition and migration of 3D vesicles in a confined Poiseuille flow	
L. David, F. Beauchamp, R. Saurel	28
Modélisation de la réaction sodium-eau	
N. Lorrière, M. Pasquinelli, G. Chabriel, J. Barrere, J.-J. Simon	29
Cellules solaires pour la récupération d'énergie et la communication de données	
F. Atteia, J. Le Rouzo, G. Berginc, L. Escoubas	30
Développement d'un procédé de texturation de surface du silicium et intégration dans des photodétecteurs et imageurs	
K. Xie, M. Jaeger, M. Leonetti, C. de Loubens	31
Interfacial property characterization and shell wrinkling patterns of microcapsules	
M. Kharbouche-Harrari, J.-M. Portal, J. Postel-Pellerin, G. Di Pendina, R. Wacquez, D. Aboukassimi	32
Impact d'une impulsion laser sur une cellule unitaire STT-MRAM : enjeux sécuritaires et de fiabilité	
E. Bissen, M. Medale, N. Alpy	33
Stability and bifurcation analyses of sodium boiling in a GEN IV SFR reactor core	
E. V. Kuidjo Kuidjo, M.-G. Rodio, R. Abgrall, P. Sagaut	34
Two-phase gas-liquid flow regime transitions	
J. Meynard, R. Masson, M. Garajeu, A. Monnier, C. Duguay, M. Bornert	35
Étude de l'influence de la porosité sur la conductivité thermique d'un combustible UO ₂	
H. Allam, Y. Burtschell, F. Duplan, S. Amziane	36
Étude comparative de techniques de mesure et de malaxage pour mortiers fibrés type "smart concrete"	
C. Reynaud, D. Duche, J. Le Rouzo, F. Pourcin, O. Margeat, J. Ackermann, J.-J. Simon, L. Escoubas	37
Nanoantennes rectifiantes dans le domaine visible pour l'énergie solaire	
F. Ouvrier-Buffer, V. Garnier	38
Développement et qualification de méthodes non-destructives ultrasonores pour la détection de réactions de gonflement interne de structures en béton	
F. Para, C. Loppacher, F. Bocquet, L. Nony	39
Fibres organiques covalentes de longueur micrométrique par polymérisation radicalaire UV-induite sur une surface d'halogénure alcalin	
D. Souvandy-Tabarracci, D. Morvan, A. Lamorlette	40
Modélisation en 3D de la propagation d'un feu de forêt	

15h00 - 16h30 : Pause café et Session posters**16h30 : Remise des prix**

Simulation 3D du comportement sous irradiation des combustibles des réacteurs nucléaires de 4^{ème} génération

Mourad Temmar, Nicolas Favrie, Bruno Michel

Aix Marseille Univ, CNRS, IUSTI, Marseille, France
CEA de Cadarache, Saint Paul lez Durance, France

`mourad.temmar@cea.fr`

Dans le cadre du projet ASTRID, le code GERMINAL simulant le comportement sous irradiation des combustibles dans les RNR-NA a été développé dans la plateforme PLEIADES. Afin d'améliorer la modélisation 1D de GERMINAL, une simulation 3D a été développée à l'aide du code LICOS de la plateforme PLEIADES. L'objectif de la modélisation 3D est d'améliorer le modèle de délocalisation de GERMINAL responsable du rattrapage du jeu pastille-gaine. Cette déformation est actuellement basée sur une formulation empirique qui est recalée avec les mesures expérimentales. Grâce à la simulation 3D, nous avons pu identifier deux mécanismes responsables de la délocalisation des fragments de pastille et de la fermeture du jeu. Le premier mécanisme est induit par la mise en fragmentation de la pastille due au gradient de température qui mène à la forme en diabolo de la pastille. Le deuxième mécanisme concerne la délocalisation induite par le transfert de masse qui apparaît durant la formation du trou central et la restructuration du combustible. Les résultats 3D obtenus sont cohérents avec l'évolution du jeu pastille-gaine donnée par le modèle de délocalisation de GERMINAL.

Modélisation d'un rotor à pales flexibles

Eduardo Duran-Venegas, Stéphane Le Dizès, Christophe Éloy

Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, IRPHE, Marseille, France

`duran@irphe.univ-mrs.fr`

L'objectif de cette thèse est de construire un modèle pour un rotor à pales flexibles en calculant la géométrie du sillage et la déformation des pales et de l'appliquer aux configurations des rotors d'éoliennes et d'hélicoptères. Dans une première tâche, une étude de la déformation des pales a été faite en supposant un écoulement donné. Pour cela, des modèles de poutre et de ruban ont été utilisés pour calculer les angles de flexion et de torsion le long des pales. Parallèlement à cette tâche, l'étude du sillage seul a également été réalisée. Un modèle simple a été utilisé où chaque pale génère deux tourbillons concentriques de circulation opposée en bout et pied de pale (modèle de Joukowski). Chaque tourbillon est discrétisé en petits segments de vorticités afin d'estimer à l'aide de la formule de Biot-Savart le champ de vitesse induit. La géométrie du sillage a été calculée pour différentes configurations d'éolienne et d'hélicoptère en vol vertical. Finalement, les modèles de sillage et de déformation des pales ont été couplés. Pour prendre en compte ce couplage, une boucle classique d'interaction fluide-structure a été mise en oeuvre. Le sillage est d'abord calculé en supposant les pales rigides. Ensuite, les forces exercées sur les pales à cause de l'induction du sillage sont obtenues et la déformation des pales est calculée. La nouvelle position des pales implique une variation de la géométrie du sillage. L'induction sur les pales est calculée de nouveau. La boucle est recommencée jusqu'à la convergence.

Instabilités de marées dans les noyaux planétaires stratifiés

Thomas Le Reun, Benjamin Favier, Mickaël Le Bars

Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, IRPHE, Marseille, France

`lereun@irphe.univ-mrs.fr`

De nombreuses planètes telluriques comme la Terre, Mercure, Ganymède ou encore la Lune, possèdent ou ont possédé un champ magnétique protégeant leur surface des particules chargées émises par le Soleil. Ces champs magnétiques trouvent leur origine dans le mouvement désordonné et turbulent du fer liquide constituant le noyau de ces planètes. Dans mes travaux de thèse, je m'intéresse à la génération de tels mouvements de fluide par des forçages mécaniques comme les marées. La présence d'un astre compagnon autour d'une planète donne à cette dernière une forme allongée dans la direction du compagnon. Cette déformation suit le mouvement du compagnon, qui n'est en général pas synchronisé avec la rotation de la planète. Par exemple, les marées terrestres suivent la Lune qui accomplit une révolution tandis que la Terre tourne sur elle-même 27 fois. J'ai montré que dans le cas d'un noyau stratifié stable, *i.e.* où le fluide plus léger est au-dessus du fluide plus lourd, les marées excitent des mouvements oscillants appelés « ondes internes » qui croissent alors exponentiellement. J'ai utilisé pour cela un modèle local qui simule une petite parcelle d'un noyau planétaire plutôt que son intégralité ; il permet d'étudier finement les écoulements créés par les marées dans des régimes où les forçages mécaniques et la dissipation par friction visqueuse sont de faible amplitude, régimes pertinents pour la géophysique. Je propose une étude détaillée de l'écoulement produit lorsque la croissance exponentielle des ondes s'effondre en mouvements turbulents. Je montre en particulier que cette turbulence résulte d'une superposition d'oscillations se produisant à de nombreuses fréquences et échelles différentes, un état appelé « turbulence d'onde ».

Étude du comportement des trains d'atterrissage d'avions légers

Nadia Arif, Frederic Lebon, Iulian Rosu, Hélène Elias-Birembeaux

Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, LMA, Marseille, France

`arif@lma.cnrs-mrs.fr`

Les avions légers, comme les avions de brousse, sont conçus pour être utilis es dans les zones recul es d'un pays, où les infrastructures de transport sont inadéquates ou inexistantes. Ils peuvent atterrir sur différents types de piste (glace, gravier, sable, gros cailloux...). Le problème principal de ces avions est le défaut d'absorption d'énergie cinétique à l'atterrissage, bien qu'une partie des énergies de choc soit absorb e par les pneumatiques sous-gonfl es. Des chocs et des rebonds peuvent se produire mettant en péril la sécurité de l'avion et des passagers. Le but de ce travail est de développer un outil numérique qui permet de modéliser les trains d'atterrissage, de prévoir leur réponse dynamique dans des conditions extrêmes, et de comparer leur capacité à dissiper l'énergie à la rencontre des obstacles. D'abord, une étude expérimentale est d di e à la caractérisation du pneumatique de brousse. Cette étude permet de construire un modèle en éléments finis détaillé du pneumatique en prenant en compte la géométrie, la structure matérielle complexe, les différents matériaux ainsi que les interactions entre le pneumatique et le sol (contact frottant). Des lois de comportement hyper-élastiques et viscoélastiques sont introduites dans le modèle. Une deuxième partie est consacr e à la modélisation numérique des différents systèmes de trains d'atterrissage (existants ou proposés). Les suspensions sont mod lis es avec des éléments adaptés dans Abaqus qui permettent de définir les degrés de liberté cinématiques complexes nécessaires. De nombreuses simulations de roulement sont r alis es afin d'étudier, d'une part l'influence des conditions de roulement (telle que la vitesse de roulement, la pression dans les pneumatiques, ...), et l'influence de la taille et de la forme de l'obstacle d'autre part. L'analyse des amplitudes des efforts et des rebonds transmis à l'avion au cours du roulement permet d'évaluer les réponses dynamiques des différents trains et de comparer leur efficacité de dissipation.

Suivi dynamique par diffusion de la lumière du transfert de matière entre phases dans des écoulements multiphasiques

Yosri Haddad

Aix Marseille Univ, CNRS, IUSTI, Marseille, France
CEA Marcoule, LGCI, Bagnols sur Ceze, France

yosri.haddad@cea.fr

Mes travaux de thèse s'inscrivent dans le cadre des études menées par le CEA sur le retraitement par des procédés polyphasiques du combustible nucléaire usé (projet PRONG, Procédés de Nouvelle Génération), et des études du laboratoire IUSTI sur la diffusion de la lumière par les systèmes particulaires. Aujourd'hui, la conception des procédés de séparation repose sur une approche impliquant de nombreux développements numériques et expérimentaux. Les essais expérimentaux sont réalisés sur des prototypes, avec des analyses phénoménologiques s'appuyant sur la mécanique des fluides et le génie des procédés. Le procédé actuel a ainsi été développé au prix de nombreuses campagnes expérimentales avec des prototypes jusqu'à l'échelle industrielle. Pour le développement des futurs procédés, on privilégie une démarche recourant largement à la simulation et aux méthodes expérimentales non destructives. Parmi celles-ci, les méthodes optiques, associées à une simulation fine des phénomènes physiques d'interactions lumière/matière, sont particulièrement appropriées. Deux méthodes interférométriques adaptées à la caractérisation des émulsions dans les appareils utilisés en R&D procédés ont été retenues : l'Holographie Numérique en ligne (DHI) et la Réfractométrie Arc-en-Ciel (AEC). Ces dernières devront permettre à terme de caractériser le plus complètement et finement possible un écoulement multiphasique dans lequel s'opère un transfert entre les phases (dispersée : gouttes ou bulles, et continue : liquide). Ceci nécessite la mesure non intrusive d'un certain nombre de paramètres cinétiques (vitesses des phases), dimensionnels (granulométrie et morphologie de la phase dispersée) et d'échanges entre les phases (compositions).

Du point de vue optique, cette thèse de doctorat vise trois objectifs principaux : 1) proposer des solutions originales pour caractériser par DHI la nature et la composition des particules détectées, 2) repenser les méthodes inverses de la AEC pour permettre l'étude de nuages de particules de composition variable et les gradients autour d'une goutte sessile, 3) évaluer l'applicabilité de ces différentes solutions sur des systèmes microfluidiques.

Comparaison du diamant et du carbure de Silicium (SiC) pour la détection des neutrons en milieu nucléaire

Olga Obraztsova, Abdallah Lyoussi, Olivier Palais, Laurent Ottaviani

Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IM2NP, Marseille, France
CEA Cadarache, Saint-Paul-lez-Durance, France

`olga.obraztsova@im2np.fr`

Aujourd'hui les réacteurs d'irradiations technologiques (MTR) ont un rôle de premier plan pour l'industrie du nucléaire. Leur principal intérêt est de pouvoir réaliser des expériences au-delà des conditions normales de fonctionnement des réacteurs de puissance afin d'effectuer des études de vieillissement de matériaux et de composants sous irradiation. Un des besoins cruciaux est la mise en œuvre d'un dispositif de détection de rayonnement dans les conditions extrêmes (forts flux neutroniques et photoniques et températures élevées). Cette thèse a pour principal objectif la comparaison des performances des détecteurs de neutrons en carbure de silicium (SiC) et en diamant pour la mesure de neutrons en conditions réelles. Pour cela nous avons réalisé les essais d'irradiation dans le réacteur de recherche MINERVE au CEA Cadarache. Dans le cadre de cette thèse nous avons également testé les capteurs pour la détection des neutrons rapides de 14 MeV afin d'investiguer la future possibilité de mesurer en ligne des flux de neutrons rapides pour les applications en fusion. L'ensemble de ces travaux contribue à l'amélioration de la fonctionnalité du détecteur de neutrons en SiC.

On the modelling of soot particle dynamics in laminar coflow diffusion flames

Felipe Escudero, Jean-Louis Consalvi, Fatiha Nmira

Aix Marseille Univ, CNRS, IUSTI, Marseille, France

`felipe-andres.escudero-barros@etu.univ-amu.fr`

The objective of this work is twofold: first to assess the capability of soot dynamics models, namely a bivariate model involving the volume and the surface of the soot aggregate as internal coordinates, a pseudo-monovariate model involving the size of the soot aggregate as internal coordinate and the classical two-equation model that neglects the fractal structure of the soot particle; second to evaluate methods for the resolution of the bivariate Population Balance Equation (PBE), namely the Direct Quadrature Method of Moments (DQMOM), the Method of Moments with Interpolative Closure (MOMIC) and the Hybrid Method of Moments (HMOM). Simulations were run with these different models to compute a well-documented laminar coflow ethylene/air diffusion flame. The bivariate model is able to predict both soot volume fraction and the structure of soot aggregate accurately. The two-equation model can be used to get estimation of soot volume fraction and primary particle diameter (PP). The pseudo-monovariate approach provides information on the soot aggregate structure but cannot be considered as a substitute for the bivariate approach. In terms of solution methods for the PBE, the DQMOM is proved to be able to capture most of the experimental trends but is numerically difficult of implement. MOMIC and HMOM produced satisfactory results for both soot volume fraction and diameter of PP but revealed some discrepancies in the calculation of the aggregate structure as compared to the DQMOM. Despite these discrepancies, HMOM improves significantly MOMIC and is a good candidate for solving the bivariate PBE in more complex configurations.

Caractérisation acoustique de nuages de microbulles

Lilian D'hondt, Cédric Payan, Serge Mensah, Matthieu Cavaro

Aix Marseille Univ, Centrale Marseille, CNRS, LMA, Marseille, France

CEA Cadarache, Saint Paul-lez-Durance, France

dhondt@cea.fr

Dans les réacteurs nucléaires de 4ème génération refroidis au sodium liquide, un nuage de microbulles est présent dans le sodium du circuit primaire et affecte grandement les propriétés acoustiques de ce milieu. Or du fait de l'opacité du sodium liquide, les méthodes de contrôle acoustiques sont privilégiées. Il est donc nécessaire d'être en mesure de caractériser l'engagement du sodium, c'est-à-dire d'obtenir la fraction volumique ainsi que la distribution des rayons des bulles en présence. Le potentiel d'une méthode d'inversion de mesures spectroscopiques d'atténuation et de célérité seront présentées.

Caractérisation des propriétés physiques des matériaux impliqués dans l'accélération des feux de forêt

Nadjet Hamamousse, Ahmed Kaiss, Abdelaziz Chikhaoui, Nouredine Zekri, Mostefa Ghamnia

Aix Marseille Univ, CNRS, IUSTI, Marseille, France

Université Abou Bekr Belkaid, LEPM, Tlemcen, Algérie

`nadjet.hamamousse@etu.univ-amu.fr`

La forêt est une richesse naturelle, mais, malheureusement, en proie à des incendies qui détruisent chaque année des milliers d'hectares. L'objectif de ma thèse est de caractériser les éléments responsables de l'accélération des feux de forêts autres que le vent et le relief. La caractérisation expérimentale des Composés Organiques Volatils (leur cinétique d'émission ainsi que leur inflammation) et de la convection induite par les flammes seront étudiées à l'échelle du laboratoire et sur les brûlages dirigés. Ces éléments seront introduits par la suite dans le code de propagation des incendies développé conjointement par les équipes de feux de l'IUSTI et de l'USTO. Ce modèle sera ensuite validé sur des feux historiques et expérimentaux en France et en Algérie. Cela aura un impact très positif pour la prévention afin de protéger nos forêts des feux qui les ravagent sans cesse diminuant ainsi les pertes humaines et matérielles.

Ondes non linéaires et dynamique lente dans les solides endommagés

Harold Benjamin, Bruno Lombard, Guillaume Chiavassa, Nicolas Favrie

Aix Marseille Univ, Centrale Marseille, CNRS, LMA, Marseille, France

Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, Marseille, France

Aix Marseille Univ, CNRS, IUSTI, Marseille, France

`berjamin@lma.cnrs-mrs.fr`

Le comportement mécanique de solides hétérogènes tels le grès ou le béton est fortement non linéaire. En effet, la vitesse du son mesurée dans un barreau sous sollicitation dynamique chute au court du temps, puis retrouve sa valeur initiale à l'arrêt de l'excitation. Un modèle de milieu continu a été développé afin de reproduire ces phénomènes. Il comporte une variable d'état scalaire supplémentaire, qui traduit l'amollissement du matériau. L'évolution de cette variable d'état est régie par une équation thermodynamiquement admissible. Une méthode numérique de type volumes finis a été construite pour résoudre les équations du mouvement. Qualitativement, les résultats numériques sont en accord avec des résultats expérimentaux d'acousto-élasticité dynamique et de résonance non linéaire.

Rupture de matériaux et structures composites stratifiés sous sollicitation de compression en statique et fatigue

Aldo Cocchi, Christian Hochard, Olivier Montagnier

Aix Marseille Univ, Centrale Marseille, CNRS, LMA, Marseille, France

`cocchi@lma.cnrs-mrs.fr`

Les matériaux composites sont de plus en plus utilisés dans l'industrie pour des applications diverses et variées. Cependant pour que ces matériaux soient utilisés de manière performante, il est nécessaire de bien connaître leurs propriétés. Ce travail s'inscrit donc dans l'optique de mieux prédire le comportement jusqu'à rupture des matériaux composites stratifiés dans le cas particulier de la compression en présence d'endommagement de la matrice.

Dans le cas de la traction, l'influence de l'endommagement sur la résistance sans fibre a déjà été démontrée. Il est en effet montré que lorsque l'endommagement devient important, la résistance en traction est sévèrement diminuée. Le cas de la compression semble d'autant plus délicat. Le mode de rupture privilégié dans la littérature est lié à une instabilité des fibres à l'échelle micrométrique (micro-flambage et kink-band). La matrice joue un rôle important de stabilisation du renfort. Il est perçu que, si l'endommagement devient important, les fibres ne seront plus maintenues latéralement. Cela favorisera donc l'instabilité et la ruine du stratifié. Ces phénomènes sont encore plus importants pour des structures composites sollicitées en flexion, en fatigue en particulier, où il est possible de rencontrer des ruptures en compression au voisinage des concentrations de contrainte.

La simulation de ces phénomènes en conditions statiques a été réalisée avec une routine ABAQUS UMAT adaptée au cas de la compression à partir des résultats des travaux précédents. La suite des travaux consiste à effectuer des nouveaux essais en flexion et pour des chargements de fatigue pour valider le modèle et comprendre l'influence de l'endommagement pour des chargements complexes.

Numerical modeling of erosion of cohesive granular material by a fluid flow

Zeyd Benseghier, Pierre Philippe, Stéphane Bonelli, Pablo Cuéllar

Aix Marseille Univ, IRSTEA, RECOVER, Aix-en-Provence, France

Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM), Division 7.2 for Buildings and Structures, Berlin, Allemagne

zeyd.benseghier@irstea.fr

The erosion phenomenon is the main cause of the most serious incidents observed on earthen hydraulic structures as dams and dikes. Thus, there is a real need to explore in depth and understand the mechanisms at work in such complex erosional processes, from the stress load applied to a cohesive granular material caused by an external fluid flow until a local dislocation is finally generated within the solid medium, giving rise to material loss. To tackle this issue it is necessary to go down to the grain scale in order to describe the solid-fluid interactions as well as the contact forces between particles. The approach that will be used in the present work focuses on the coupling of the Discrete Element Method (DEM) with the Lattice Boltzmann Method (LBM) featuring an additional visco-elastic cohesive model between the solid particle, including yield thresholds in tension, shear and bending.

The aim of this thesis is to provide a micromechanical insight into the microstructural mechanisms of particle removal by a fluid flow, which would give a clear relationship between some micro properties of a cohesive material and some macro empirical characterizations such as the common erodibility parameters. The first part is dedicated to studying numerically the Jet Erosion Test (JET), a common experimental test to characterize the resistance against erosion. We studied here, more specifically the relevance of free jet model for erosion by impinging jet. The results are verified by existing theoretical and experimental tests.

In parallel, parallelization and optimization of the in-house code was achieved with significant speed-up in term of computational time using graphical processing units (GPUs) by means of CUDA routines. This breakthrough allows us to go beyond the extremely high computational cost limitation and simulating a larger scale (e.g. thousands to millions of particles).

Modélisation de l'interaction combustible-réfrigérant : fragmentation et explosion de vapeur

Gabriel Gay, Christophe Fochesato, Fabien Petitpas, Éric Daniel

Aix Marseille Univ, CNRS, IUSTI, Marseille, France

CEA Cadarache, Saint-Paul-lez-Durance, France

`gabriel.gay@etu.univ-amu.fr`

En situation accidentelle grave, le cœur d'un réacteur nucléaire peut fondre et couler dans une zone remplie de réfrigérant. Dans certaines situations, cette interaction peut avoir un comportement explosif et endommager les structures environnantes. L'objectif de ce travail est de comprendre les mécanismes qui déclenchent cette explosion. Pour cela, nous développons un modèle triphasique compressible basé sur l'approche « interface diffuses » avec équilibre en pression, vitesse et température. Une attention particulière est portée sur les transferts de chaleur et le changement de phase du réfrigérant.

Fragmentation of a viscous suspension jet

Joris Château, Henri Lhuissier, Élisabeth Guazzelli

Aix Marseille Univ, CNRS, IUSTI, Marseille, France

`joris.chateau@etu.univ-amu.fr`

As viscosity is increased, a liquid capillary jet accelerated by gravity stretches over increasingly large distances before it eventually breaks up. Paradoxically, adding solid particles to the liquid, which increases the effective viscosity, shortens the jet considerably. At the light of experiments with capillary bridges and jets of suspensions of non-Brownian, density matched, spherical particles with different particle sizes and a large particle volume fraction (= 50%), we will rationalize this apparent contradiction for the different regimes of jet break-up from the consideration of discrete particulate effects. Consequences will also be drawn for the size of the drops following the break-up.

Étude expérimentale et théorique des régimes d'instabilité de combustion à basse fréquence lors d'un incendie dans une enceinte mécaniquement ventilée

Maxime Mense, Yannick Pizzo, Hugues Pretrel, Bernard Porterie

IRSN, PSN-RES, SA2I, Laboratoire ETiC, Saint-Paul-Lez-Durance, France

Aix Marseille Univ, CNRS, IUSTI, Marseille, France

`maxime.mense@irsn.fr`

Le but de ces travaux de thèse est d'étudier le comportement oscillatoire instable, à basse fréquence (de l'ordre de quelques mHz), qui a été observé lors de feux réalisés dans une enceinte ventilée mécaniquement à grande échelle, le dispositif DIVA de l'IRSN. Ce comportement oscillatoire est dû à une sous oxygénation du milieu réactionnel et se manifeste sur toutes les grandeurs de l'écoulement (débit de pyrolyse, pression et température des gaz, concentrations d'espèces chimiques et débits de ventilation). Une série d'expériences utilisant une maquette à échelle 1:4 du dispositif DIVA a été conduite en faisant varier le type d'hydrocarbure, la puissance du foyer et les conditions de ventilation. Pour les différents scénarios de feu, les caractéristiques de ces oscillations (amplitude, fréquence) sont déterminées. On montre que l'apparition et la persistance des oscillations basses fréquences résultent de la compétition entre l'apport d'oxygène et le débit de pyrolyse qui résulte des transferts de chaleur à la surface de la nappe liquide.

Modélisation multi-physique du mécanisme d'apparition de la phase blanche

Léo Thiercelin, Frédéric Lebon, Aurélien Saulot, Adnane Boukamel

Aix Marseille Univ, Centrale Marseille, CNRS, LMA, Marseille, France

thiercelin@lma.cnrs-mrs.fr

Le squat est le principal défaut de contact rail-roue entraînant le retrait de rails sur le réseau ferré national. Son apparition est consécutive à la formation de phase blanche, par Transformations Tribologiques de Surface (TTS), suivie d'initiation et de propagation de fissures qui provoque l'affaiblissement local de la table de roulement du rail (thèse de S. SIMON en 2014). La maîtrise des conditions et du processus de formation de la phase blanche est donc nécessaire dans le but d'apporter une réponse efficace aux besoins de réduction des coûts de maintenance des rails. L'objectif *in fine* étant de maîtriser les conditions d'apparition de la phase blanche, avec une modélisation multiphysique de son comportement, les travaux consisteront à : 1) conduire une campagne expérimentale (laboratoire LAMCOS) dans des conditions thermiques contrôlées, afin de caractériser le comportement thermomécanique et métallurgique du processus de formation de la phase blanche ; 2) mettre en œuvre les modèles thermomécaniques des TTS développés par le laboratoire LMA dans le code éléments finis Aster (thèse de Grégory ANTONI en 2010), et confronter les résultats numériques aux résultats expérimentaux ; 3) développer des modèles multi-physiques (mécanique, thermique, transformation de phase) en affinant les modèles thermomécaniques sus-cités et notamment la cinétique de TTS, proposant une modélisation 3D, et en intégrant les interactions mécaniques et thermiques du contact avec frottement.

Modèle compact de mémoire à changement de phase (PCM)

Corentin Pigot, Marc Bocquet, Jean-Michel Portal

STMicroelectronics Crolles, Crolles, France

CEA-LETI, Grenoble, France

Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IM2NP, Marseille, France

`corentin.pigot@st.com`

La mémoire occupe une place et une surface de plus en plus importante dans les applications embarquées. Pour les nœuds technologiques inférieurs à 40 nm, la réduction d'échelle des mémoires à grille flottante (de type flash) devient de plus en plus difficile. Aussi d'autres solutions, comme les mémoires à changement de phase (aussi appelées PCM, Phase Change Memory) sont envisagées. Basées sur la transition de phase réversible d'un chalcogénure, ces mémoires sont aptes à supporter une réduction drastique de leurs dimensions et offrent une forte densité de stockage et des temps d'accès courts. Afin d'assurer le développement de la technologie PCM sur des nœuds avancés, les concepteurs de circuits ont besoin d'un modèle compact efficace afin d'estimer leur pertinence au niveau circuit. Ce travail présente le développement d'un modèle compact de PCM qui, basé sur une compréhension fine des phénomènes physiques, permet de reproduire le comportement électrique du dispositif sur une large gamme de temps, de courant et de température. De plus, une implémentation efficace assure une bonne convergence et des temps de simulation courts.

Pulse-induced optoelectronic response of molecular junctions

Katawoura Beltako, Nicolas Cavassilas, Laurent Raymond, Fabienne Michelini

Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IM2NP, Marseille, France

`katawoura.beltako@im2np.fr`

Based on quantum many-body transport formalism, we analyze the quantum dynamics of a donor-acceptor molecule sandwiched between two metallic electrodes throughout the effects of metal-molecule coupling, Coulomb and exciton interactions, and pulse intensity. The photocurrent reveals internal frequencies of the system emerging from a non-equilibrium reorganization of the molecular orbitals which manifests itself in unexpected features of the dynamical electronic structure. Indeed, the time-resolved local density of states we define exhibits two types of signature: a dynamical Rabi shift and Floquet-*like* states generation. Our combined theoretical-numerical methodology is of strong interest for ultrafast photocurrent spectroscopy, and it also opens avenues toward the possibility of controlling or analyzing the internal quantum properties of nanosystems by means of pump-push photocurrent spectroscopy.

Modélisation de la fusion à cœur d'une pastille de combustible nucléaire par application des méthodes d'homogénéisation

Veronica D'ambrosi, Jean-Marie Gatt, Frederic Lebon, Jérôme Julien, Daniel Parrat, Christophe Destouches

CEA Cadarache, Saint Paul-lez-Durance, France

Aix Marseille Univ, Centrale Marseille, CNRS, LMA, Marseille, France

`veronica.d'ambrosi@cea.fr`

Le travail de thèse vise à développer, dans un dispositif d'irradiation en réacteur de recherche nucléaire, un système de mesure permettant d'avoir accès à la cinétique des grandeurs traçant le phénomène d'interaction entre la pastille de combustible (siège des réactions nucléaires) et la gaine (première barrière de confinement des éléments radioactifs). Ces deux éléments (pastille/gaine) constituent le crayon combustible. Dans ce contexte, la simulation numérique est utilisée pour caractériser quantitativement certains effets observables lors du fonctionnement en pile en régimes nominal et incidentel. Par ailleurs, dans l'objectif de simuler le comportement d'un crayon combustible lors de transitoires hypothétiques à puissance très élevée, pouvant conduire à un début de fusion localisé au centre de la pastille, un modèle thermo-mécanique basé sur une approche par homogénéisation a été développé. Ce modèle permettra d'une part de quantifier la déformation de la gaine et d'autre part d'identifier une éventuelle signature spécifique liée à la fusion.

Modélisation d'un jet de gaz dans le collecteur sodium des échangeurs à plaques compactes sodium/gaz des réacteurs nucléaires de la filière RNR-RA

Fang Chen, Alexandre Allou, Jean-Denis Parisse

CEA Cadarache, DEN/CAD/DTN/STCP/LTPS, Saint-Paul-lez-Durance, France

CRéA, Salon de Provence, France

fang.chen@cea.fr

Dans le cadre de l'analyse de sûreté des échangeurs de chaleur à plaques compactes sodium/gaz (ECSG) de la filière RNR-Na, une fissure de la paroi entre le circuit secondaire de sodium liquide (5 bars) et le circuit de gaz (180 bars) constitue une situation accidentelle à envisager. Dans ce cas, la surpression entraînerait la production d'un jet d'azote sous-détendu dans le sodium liquide. Les technologies de détection acoustique des fuites de gaz nécessitent une connaissance fine du champ de bulles en aval du jet. L'objectif de cette thèse est donc d'offrir un outil numérique permettant de simuler les jets de gaz sous-détendu dans le sodium liquide, et de déterminer la distribution des bulles en fonction du débit de fuite. À cause d'une grande présence des phases dispersées dans un jet, le modèle diphasique est composé de deux phases séparées (Baer-Nunziato) afin de prendre en compte les interactions entre les phases (frottement et transfert thermique). Au niveau de l'outil numérique, le code CANOP est massivement parallèle et possède aussi la capacité d'effectuer du raffinement de maillage adaptatif. C'est donc un outil quasi parfait pour notre étude où il y a une grande présence de phases dispersées ainsi que de très forts gradients.

Le code sans termes sources reproduit bien les différentes configurations d'écoulement diphasique. Les résultats préliminaires du jet de gaz sous-détendu dans un gaz sont satisfaisants. Les tests de la force de traînée entre les phases sont aussi positifs. Enfin, l'influence de la viscosité est en train d'être intégrée. Dans l'étape suivante, la fragmentation des phases dispersées provoquées par les ondes de choc sera étudiée. Pour valider le modèle physique, des données de référence sont disponibles au travers de la littérature, d'une étude numérique CEA-IMFT ainsi que des expériences réalisées à l'IUSTI et à l'ANL.

Transient method of permeability measurements for microporous media

Martin-Viktor Johansson, Pierre Perrier, Irina Graur, Martin Wüest

Aix Marseille Univ, CNRS, IUSTI, Marseille, France

INFICON Ag, Liechtenstein, Liechtenstein

`martin-viktor.johansson@univ-amu.fr`

The gas flow through the low permeable porous media have a great interest, especially in vacuum technology for filtering, separation process, protection and flow control. It can combine high mass flow rate and a high level of rarefaction. This property makes it particularly suitable as a leak element, by taking advantage of the constancy of conductance in the free molecular regime, for example for calibration of ionization gauges or mass spectrometer [1]. The transient experimental technique, developed previously for the mass flow rate measurements through the microchannels [2], is generalized to obtain the permeability directly from the pressure variation measurements. The present experimental methodology, allowing for step by step data verification, leads to higher accuracy than the similar and commonly used method such as "pulse-decay" techniques [3]. The measured data are fitted according to the exponential function with the pressure relaxation time as a single fitting parameter. The new expression for the permeability is proposed involving besides of the geometrical parameters, the ratio between the gas relaxation time (inverse of the gas collision frequency) and the pressure relaxation time. The permeability of the microporous media with the characteristic pore size of 0.2 and 0.5 μm is measured for different gases. It was found that the permeability at low pressure (3 Torr) increases 50 times compared to atmospheric pressure permeability. This permeability increasing depends essentially on the gas nature.

[1] Hajime Yoshida, Kenta Arai, Hitoshi Akimichi, and Tokihiko Kobata. Newly developed standard conductance element for in situ calibration of high vacuum gauges. *Measurement*, 45(10):2452 – 2455, 2012.

[2] M.Rojas Cardenas, I.Graur, P.Perrier, and J.G Meolans. Thermal transpiration flow: a circular cross-section microtube submitted to a temperature gradient. *Phys.Fluids*, 23:031702, 2011.

[3] W.F. Brace, J.B. Walsh, and W.T. Frangos. Permeability of granite under high pressure. *Journal of Geophysical Research*, 73(6):2225–2236, 1968.

Shape transition and migration of 3D vesicles in a confined Poiseuille flow

Jinming Lyu, Marc Jaeger, Paul G. Chen

Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, Marseille, France

`jinming.lyu@centrale-marseille.fr`

Vesicles are essential models to understand the behavior of closed soft particle under flow as Red Blood Cells. Their incompressible membranes are made of a fluid lipid bilayer with a resistance to bending. Vesicles are characterized by their deflation that permits the vesicle to exhibit an amazingly variety of shapes (parachute, bullet, peanut, croissant, and slipper) and different types of dynamical behavior (tank-treading, tumbling, and trembling) in a simple flow. Much has been made of vesicle dynamics in an unbounded Poiseuille flow or 2D confined geometry. Here, we numerically investigate the shape transition and migration of a 3D vesicle in a confined Poiseuille flow by means of boundary element method, in which a wall boundary is implemented. The vesicle motion is determined by three dimensionless parameters: the reduced volume ν , the bending capillary number Ca and the confinement β , namely the ratio of the characteristic size of the vesicle to the radius of the capillary. The intricate interplay among the wall, flow curvature and membrane bending leads to an extension of the set of vesicle morphologies. Particular attention here is paid to determining transition conditions under which a vesicle changes its characteristic shape. We found that vesicle undergoes a transition from slipper-like shape (asymmetrical, featured by an offset of the center of gravity) into a bullet-like or peanut-like shape (symmetrical) when the confinement is increased beyond a critical value. The confinement also has a significant effect on the membrane flow structure, where one vortex or two ones can take place on the vesicle, depending mainly on the value of β .

Modélisation de la réaction sodium-eau

Lucas David, François Beauchamp, Richard Saurel

Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, Marseille, France

CEA Cadarache, Saint Paul-lez-Durance, France

lucas.david@cea.fr

La modélisation de la réaction sodium-eau a des applications importantes dans le cadre du développement d'une technologie électronucléaire durable, basée sur l'utilisation de réacteurs refroidis au sodium. Or, le sodium réagit avec l'eau pour produire de l'hydrogène et de la soude, de façon quasi-instantanée et très exothermique. Les données expérimentales du CEA semblent indiquer que les effets explosifs de la réaction seraient liés à la vaporisation du sodium au sein d'un film de gaz formé entre les deux réactifs. L'objectif de la thèse est de vérifier ces hypothèses par le biais d'une compréhension fine de ces effets, au travers d'un modèle 1D d'écoulement triphasique réactif. Des mesures optiques de concentration et de température réalisées à haute fréquence, directement dans le milieu réactionnel, viendront appuyer les hypothèses de construction du modèle.

Cellules solaires pour la récupération d'énergie et la communication de données

Nominoë Lorrière, Marcel Pasquinelli, Gilles Chabriel, Jean Barrere, Jean Jacques Simon

Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IM2NP, Marseille, France

`nominoe.lorriere@im2np.fr`

Dans le cadre de l'amélioration des dispositifs intelligents embarqués, la thèse porte sur l'étude des cellules et modules photovoltaïques pour combiner les aspects de récupération d'énergie lumineuse (en intérieur et en extérieur) et de communication LiFi (Light Fidelity). Le LiFi (Light Fidelity) est une technologie de communication optique sans fil qui permet d'atteindre des débits de l'ordre du Gb/s. Dans un tel système de communication, un récepteur optique de type photodiode détecte un flux lumineux modulé émis par une source LED. Cependant, ces photodétecteurs nécessitent une alimentation externe et peuvent saturer lors d'une utilisation en conditions extérieures. Ainsi, la thèse porte sur le remplacement des photodiodes par des cellules solaires.

La première année a été dédiée à la création d'un banc de test LiFi avec développement et optimisation du logiciel de traitement du signal et contrôle des appareils. Les mesures que l'on a effectuées démontrent que le débit atteignable avec une réception par module photovoltaïque est de l'ordre de quelques Mb/s (soit l'équivalent d'un film HD en streaming). Actuellement, nous travaillons sur :

- l'impact d'un flux continu intense (soleil) qui se rajoute à notre modulation LED (conditions extérieures),
- la détermination des technologies photovoltaïques qui répondent le mieux à une modulation LED.

Développement d'un procédé de texturation de surface du silicium et intégration dans des photodétecteurs et imageurs

Francois Atteia, Judikaël Le Rouzo, Gérard Berginc, Ludovic Escoubas

Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IM2NP, Marseille, France
Thalès Optronique, France

`francois.atteia@im2np.fr`

Le black silicon est une surface de silicium nano - microstructurée qui permet de réduire significativement la réflectance du matériau donc d'augmenter son absorbance. Plusieurs méthodes sont aujourd'hui utilisées pour réaliser cette texturation comme la gravure laser ou la gravure électrochimique. Je m'intéresse à la texturation par Reactive Ion Etching (RIE), une gravure plasma qui combine deux gaz (SF_6/O_2) pour réaliser des structures aléatoires sans masque. L'apparition de nanostructures repose sur un équilibre entre gravure physique (bombardement ionique), gravure chimique (réaction des radicaux de fluor avec le silicium) et passivation (dépôt d'une molécule composée de silicium oxygène et fluor sur la paroi des structures) qui n'est possible qu'avec un contrôle précis des paramètres de gravure. Cette technique permet d'obtenir des structures haute d'environ $1\ \mu\text{m}$ et d'augmenter l'absorbance de notre matériau jusqu'à 99% dans la gamme du visible (contre 65% à 70% pour une surface plane). L'objectif ensuite est de réussir à intégrer cette texturation sur des cellules photovoltaïques afin d'améliorer leur absorption, la difficulté résidant principalement dans l'intégration dans le procédé de réalisation car le plasma peut endommager la cellule. Afin de limiter les problèmes liés à la texturation, les contacts sont repoussés sur la face arrière de la cellule, et la structure de la cellule est dites IBC (interdigitated back contact). De plus, pour améliorer les performances des cellules et faciliter leur conception, un travail de modélisation a été réalisé sous Silvaco (logiciel de modélisation).

Interfacial property characterization and shell wrinkling patterns of microcapsules

Kaili Xie, Marc Jaeger, Marc Leonetti, Clément de Loubens

Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, Marseille, France

Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, LRP, 38000 Grenoble, France

`kaili.xie@centrale-marseille.fr`

In the advanced drug delivery and release systems, isolation and protection of the core ingredients from the external environment is often an essential step. Microcapsules which are recently accepted as versatile tools to achieve some objectives, have boomed greatly. However, fabrication and mechanical property tuning of microcapsules through a cost-efficient route are still two challenging aspects. Here, we propose an easy method of assembling capsule shell by taking advantage of two naturally opposite charged ingredients, via the liquid-liquid droplet templates produced by microfluidic technique. Controlling the shell complexation time and concentrations of PFacidYN and chitosan allows us to tune the shell properties in a large range which could satisfy various useful purposes. We utilize a millimetric cross-slot flow cell to characterize the interfacial properties and shell instability. In our study, we focus on wrinkling instability of microcapsules which are enclosed by an elastic shell with thickness $h = 50 - 700 \text{ nm} \ll R$, initial radius of capsule. Different wrinkling patterns are observed in two experimental ways. Combination of interfacial properties and wrinkling patterns provides an alternative route to evaluate shell bending or thickness.

Impact d'une impulsion laser sur une cellule unitaire STT-MRAM : enjeux sécuritaires et de fiabilité

Mounia Kharbouche-Harrari, Jean-Michel Portal, Jérémy Postel-Pellerin, Gregory di Pendina, Romain Wacquez, Driss Aboukassimi

Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IM2NP, Marseille, France

`mounia.kharbouche@cea.fr`

Les dispositifs électroniques du quotidien se multiplient et demandent des vitesses de fonctionnement de plus en plus élevées, des capacités de stockage importantes et pour certains comme les objets embarqués, une faible consommation.

Dans cette perspective, l'un des composants essentiels à ces systèmes est la mémoire. Celle qui nous intéresse dans le cadre de cette thèse est la MRAM, Magnetic Random Access Memory. Toutefois, pour l'utilisation de cette mémoire dans des applications sécurisées (code pin de carte bancaire, ...), il est nécessaire qu'une personne malveillante (ou non) extérieure ne puisse, ni accéder aux données sauvegardées dans la mémoire, ni les modifier. L'une des attaques extérieures possibles que peut subir ce type de mémoire est l'attaque par faisceau laser à laquelle nous nous sommes intéressées.

Stability and bifurcation analyses of sodium boiling in a GEN IV SFR reactor core

Edouard Bissen, Marc Medale, Nicolas Alpy

Aix Marseille Univ, CNRS, IUSTI, Marseille, France
CEA Cadarache, Saint Paul-lez-Durance, France

`edouard.bissen@etu.univ-amu.fr`

Nuclear reactors of the fourth generation (GEN IV) are asked to meet a very high level of safety requirements. In this context, it is crucial for Sodium Fast Reactors (SFRs) to study their behaviour in hypothetical singular situations, such as an Unprotected Loss Of Flow (ULOF), which might cause the liquid sodium to boil. This project aims to strengthen our knowledge on sodium boiling phenomenology, while important experimental lessons were get in the 80's. A better understanding of such an event is indeed a helpful guide for a better, safer and more efficient design of the future reactors, typically for low void worth concepts such as the CFV designs. Nevertheless, we should not forget that sodium boiling is a very dynamic two-phase flow phenomenon, and numerical tools such as system codes are challenging to set and validate for such circumstances. Our research aims at developing an innovative methodology with respect to the nuclear safety context, based on stability and bifurcation analysis through a semi-analytical procedure. Thanks to such semi-analytical approach, one can expect to gain a more reliable understanding of boiling phenomenology in the reactor core and a better mastering of the non-chaotic side of these phenomena. Since this method is new for SFRs, we also aim to provide innovative results, hence innovative design proposals. Helpfully, we can still capitalize on the R&D work on stability analysis that has already been developed for BWRs and on the some similar key-points and phenomena between BWRs and sodium boiling in SFRs, such as the nature of instabilities likely to appear for both types of reactors due to the aspects purely related to two-phase flow fluid dynamics. Furthermore, such an analytical approach also helps cutting down on the limitations inherent to numerical modelling, which cannot be neglected in two-phase flows.

Two-phase gas-liquid flow regime transitions

Emmanuel V. Kuidjo Kuidjo, Maria-Giovanna Rodio, Rémi Abgrall, Pierre Sagaut

Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, Marseille, France

CEA Saclay, Gif-sur-Yvette, France

University of Zuerich (UZH), Zurich, Suisse

`emmanuel-vianney.kuidjo-kuidjo@etu.univ-amu.fr`

In pressurized water nuclear reactors, complex gas-liquid two-phase flows occur during some accident scenarios. For example during the cooling system break accident, the loss of coolant leads to an increase in temperature which induces a partial evaporation of the liquid phase. Depending on the thermodynamic conditions, the gas-liquid flow exhibits several flow regimes such as bubbly, cap-bubbly, slug, churn-turbulent, annular and stratified regimes according to the structure of the gas-liquid interface. This Ph.D. thesis aims at simulating such flows which exhibit transitions between different regimes. Our basic model is the URANS Eulerian-Eulerian two-fluid model which consists of two sets of balance equations, coupled through interfacial transfer terms. These terms describe the transfer of mass, momentum and energy across the interface. Moreover they are proportional to the interfacial area concentration (IAC) which is the area of the gas phase per unit mixture volume. For this reason, the IAC represents a key parameter for accurate prediction of the flow behavior. In this first part, the Ph.D is focused on improving the prediction of this parameter during several regime flow transitions by means of a dynamic closure model named the two-group interfacial area transport equation (IATE) model. First, we distinguish small bubbles (Group-1) and large bubbles (Group-2) as two fields. Considering the liquid phase as the third field, a three-field two-fluid model is written. The IAC of each group is estimated by means of two transport equations. Coalescence and break-up mechanisms are taken into account as source/sink terms of these two equations. We performed simulations of an upward air-water flow in a rectangular channel. We assessed the performance of the source/sink terms available and proposed a variation of one of them. The good agreement with respect to the experimental data allows identifying the more important coalescence and break-up terms for the simulated regimes.

Étude de l'influence de la porosité sur la conductivité thermique d'un combustible UO₂

Joane Meynard, Renaud Masson, Mihail Garajeu, Arnaud Monnier, Christelle Duguay, Michel Bornert

CEA Cadarache, Saint Paul-lez-Durance, France

Aix Marseille Univ, Centrale Marseille, CNRS, LMA, Marseille, France

Université Paris-Est, IFSTTAR, CNRS, École des Ponts ParisTech (ENPC), Laboratoire Navier (NAVIER), Champs sur Marne, France

joane.meynard@cea.fr

Les céramiques de dioxyde d'uranium (UO₂) sont utilisées comme combustibles pour les Réacteurs à Eau Pressurisée du parc électronucléaire français. Ces combustibles possèdent une microstructure constituée d'une matrice d'UO₂ dense et d'un réseau complexe de porosité. Le procédé de fabrication des combustibles UO₂ et leur « combustion » en réacteur impacte la microstructure, notamment en terme de réseau de porosité. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'influence des différentes morphologies de porosité sur la conductivité thermique du combustible et de formuler un modèle amélioré pour cette propriété. Des approches expérimentales couplées à des approches théoriques et des simulations numériques sont développées.

Étude comparative de techniques de mesure et de malaxage pour mortiers fibrés type « smart concrete »

Hamza Allam, Yves Burtschell, François Duplan, Sofiane Amziane

Aix Marseille Univ, CNRS, IUSTI, Marseille, France

hamza.allam@etu.univ-amu.fr

La plupart des essais réalisés sur matériaux cimentaires sont normalisés. Pour des essais de référence comme les essais sur mortier normalisé, les conditions de confection d'éprouvettes (matériaux et malaxage) sont définies par une norme (EN 196 en Europe). Cependant, les mesures électriques sur matériaux cimentaires, moins utilisées, sont non normalisées (hormis pour l'estimation du risque de corrosion), alors qu'elles offrent un potentiel de mesure intéressant puisqu'elles peuvent être corrélées avec la prise, la teneur en eau, ... Pour les matériaux cimentaires renforcés de fibres conductrices, les mesures électriques peuvent aussi permettre d'évaluer l'endommagement ou la contrainte mécanique. Dans ce contexte, disposer de mesures fiables et reproductibles semble être une nécessité de premier plan. Cette étude a donc pour objectif d'identifier des techniques de mesure et de malaxage de mortiers fibrés type « smart concrete » qui soient fiables et reproductibles.

Nanoantennes rectifiantes dans le domaine visible pour l'énergie solaire

Clément Reynaud, David Duche, Judikaël Le Rouzo, Florent Pourcin, Olivier Margeat, Jorg Ackermann, Jean-Jacques Simon, Ludovic Escoubas

Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IM2NP, Marseille, France

Aix Marseille Univ, CNRS, CINAM, Marseille, France

`clement.reynaud@im2np.fr`

Les efficacités de cellules solaires photovoltaïques monojonction sont bridées à 33% par la limite de Shockley-Queisser. L'ingénierie des cellules tandems et la concentration de lumière permet de dépasser sensiblement cette barrière, mais ces méthodes demeurent coûteuses et difficiles à développer à l'échelle industrielle. En vue de concevoir des cellules solaires à haut rendement et à bas coût, notre travail se penche sur une technologie de rupture qui s'appuie sur la nature ondulatoire de la lumière. Des nanoantennes associées à des diodes moléculaires créent un dispositif appelé rectenna (rectifying antenna) qui converti l'oscillation plasmonique localisée à la surface des antennes en un courant continu. Cette méthode a fait ses preuves dans les radio fréquences avec des efficacités supérieures à 90%. L'enjeu est aujourd'hui de réussir à miniaturiser les composants pour capter les longueurs d'ondes du visible et de rectifier le courant alternatif ainsi généré à très haute fréquence. L'originalité de notre approche consiste à auto-assembler des nanoparticules métalliques grâce à des monocouches de molécules qui joueront à la fois un rôle mécanique d'espaceur optique, et un rôle électronique de diode pour la rectification du courant.

Développement et qualification de méthodes non-destructives ultrasonores pour la détection de réactions de gonflement interne de structures en béton

Florian Ouvrier-Bufferet, Vincent Garnier

IRSN, L2EC, Saint-Paul-Lez-Durance, France

florian.ouvrier-bufferet@irsn.fr

Le projet international ODOBA coordonné par l'IRSN vise à étudier deux pathologies de vieillissement qui pourraient affecter les bétons d'enceintes et les radiers des centrales : la Réaction Sulfatique Interne (RSI) et la Réaction Alkali Granulat (RAG). Leur détection et caractérisation par Contrôles Non Destructifs (CND) en acoustique linéaire (AL) et non linéaire (ANL) constitue l'objet de cette thèse. L'objectif principal est de détecter le plus précocement possible l'apparition de ces pathologies dans des massifs de béton épais. Ensuite, le second objectif est d'en caractériser la position et l'étendue. Ce dernier point est un enjeu majeur du fait de l'hétérogénéité et de l'atténuation du matériau béton. Les essais portent sur trois échelles croissantes en dimensions et en complexité permettant de passer progressivement des mesures en laboratoire à une méthode de mesures applicable in-situ.

Des essais sur de petites éprouvettes (7x7x28 cm) atteintes de RSI ont permis en 2017 de tester la faisabilité et la sensibilité de différentes techniques de CND ultrasonores. Aucun résultat expérimental, y compris en ANL, n'a permis de mettre en lumière un endommagement, pour une expansion d'éprouvette RSI (non contrainte) atteignant 0,2%. Les propriétés mécaniques du béton, tel le module dynamique, n'ont pas diminué. Le paramètre non linéaire non classique, très sensible à la qualité des contacts et des liaisons des constituants internes du béton, est également resté constant. Ces essais seront renouvelés sur des éprouvettes contraintes (pour se rapprocher des conditions in-situ) : l'endommagement résultant de gonflements contrariés serait alors probablement détectable par ANL. En parallèle, des blocs de plus grandes tailles (40x40x70 et 100x200x400 cm) ont été coulés. Ces blocs permettent le développement d'une méthode de CND dénommée DAET (Dynamic Acousto Elastic Testing) par formation de voies afin de déterminer la non-linéarité du matériau (représentative de son endommagement) en profondeur au fil de son vieillissement accéléré.

Fibres organiques covalentes de longueur micrométrique par polymérisation radicalaire UV-induite sur une surface d'halogénure alcalin

Franck Para, Christian Loppacher, Franck Bocquet, Laurent Nony

Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IM2NP, Marseille, France

franck.para@im2np.fr

Nous présentons un nouveau mode de fabrication de fibres polymères obtenues par polymérisation radicalaire sur surface à partir de molécules de type dimaleimides [1]. Les tectons moléculaires sont évaporés sous ultra-vide sur des mono-cristaux d'halogénures alcalins tels que KCl (001), NaCl (001) et KBr (001). Les dépôts ont été imagés par microscopie à force atomique en mode non-contact à température ambiante, ainsi que les opérations de manipulations des nano-objets par la pointe. Les résultats montrent que le dépôt des molécules conduit à la formation de fibres dont la longueur peut atteindre plus de 1 μm de long. Le nombre de fibres augmente lorsque l'échantillon est éclairé par une LED UV.

L'approche est novatrice à trois titres : la croissance se fait par polymérisation radicalaire en chaîne, la polymérisation est initiée à partir d'une phase moléculaire gazeuse bidimensionnelle, les cations du substrat favorisent l'adsorption des molécules en configuration optimale pour faciliter la polymérisation radicalaire et voir ainsi la propagation de la fibre polymérique sans défaut le long des directions du substrat. Nous discutons des différents mécanismes d'initiation de la réaction du polymère, qui peuvent être spontanés en surface ou catalysés par illumination UV, à température ambiante. Ceux-ci sont très probablement assistés par l'interaction électrostatique molécule-substrat ainsi que par la conformation d'adsorption de la molécule sur le substrat. Une fois initiée, la polymérisation se développe facilement sous forme de fibres et n'est stoppée que par des défauts sur la surface ou par l'épuisement des molécules précurseurs. L'interprétation des données expérimentales est complétée par des calculs issus de la théorie de la fonctionnelle de la densité (DFT) mais également des barrières de transition électronique (NEB) : type de propagation, structure et stabilité des fibres.

[1] Para, F. ; Bocquet, F. ; Nony, L. ; Loppacher, Ch. ; et al. ; *Nature Chemistry* (**manuscrit soumis en déc. 2017**).

Modélisation en 3D de la propagation d'un feu de forêt

David Souvandy-Tabarracci, Dominique Morvan, Aymeric Lamorlette

Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, M2P2, Marseille, France

david.souvandy@univ-amu.fr

La lutte contre les feux de forêt est un enjeu majeur de sécurité. En effet avec la multiplication des interfaces forêts/habitations, le risque humain et matériel est plus que jamais d'actualité comme récemment avec les incendies qui ont touché le sud de la France. C'est pourquoi il est important de pouvoir comprendre et expliquer la physique complexe d'un feu de végétation afin d'améliorer la prévention et la lutte contre les incendies.