

**NOM et Prénom :** ACHOUR Bilel  
**Email :** Bilel.Achour.Etu@univ-lemans.fr  
**Directeur de thèse :** RAOOF Kosai  
**Co-directeur :** YAAKOUBI Nourdin  
**Co-encadrant 1 :** FOURATI Najla  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université de Maine  
**Laboratoire d'accueil :** LAUM  
**Equipe :** Transducteurs  
**Financement :** Salarié  
**Spécialité :** Acoustique

**Titre de la thèse :** Réseau de capteurs gravimétriques sans fils pour la détection d'éléments traces métalliques.

## **Résumé**

Les métaux lourds sont considérés comme polluants au regard de leurs risques significatifs aussi bien pour l'environnement que pour les humains. Ils sont en effet à l'origine de nombreuses maladies telles que la nécrose rénale et le cancer du poumon pour le cadmium, le saturnisme pour le plomb, l'irritabilité et cécité pour le mercure. Le développement de nouvelles méthodes d'analyse et de quantification de métaux lourds constitue donc une préoccupation sociétale de premier plan. L'objet de cette thèse est le développement d'un outil d'analyse sensible, performant et à faible coût, capable de déterminer des concentrations de polluants inférieures aux limites requises dans les normes européennes actuelles. Notre choix s'est porté sur les capteurs gravimétriques à ondes acoustiques de surfaces (SAW : Surface Acoustic Waves) qui répondent à ces exigences, puisqu'ils allient la détection en temps réel et sans marquage préalable des cibles à une grande sensibilité et de faibles limites de détection.

Ce travail a débuté par une étude bibliographique portant sur les différents types de capteurs gravimétriques en général, et les capteurs à ondes acoustiques de surface à cisaillement horizontal (SH-SAW) en particulier.

Les capteurs SAW objet de ce travail sont des lignes à retard déposées sur un substrat piézoélectrique en tantalate de lithium (LiTaO<sub>3</sub>). Une couche guide d'onde déposée sur la zone sensible du dispositif SAW (zone séparant les peignes interdigités) permettra d'augmenter sa sensibilité d'au moins un facteur 4. Il s'agit dans ce cas de dispositifs fonctionnant en mode de Love. Une première modélisation par le logiciel "COMSOL Multiphysics" a permis d'optimiser tous les paramètres caractéristiques du dispositif SAW, fonctionnant à 104 MHz, et l'épaisseur de la couche guidante en SU8. La méthode retenue consiste à calculer le retard temporel de signal de sortie du capteur pour différentes épaisseurs de SU8. Les résultats préliminaires montrent que l'épaisseur optimale de la couche en SU8 est égale à 2.7 µm.

Côté salle blanche, plusieurs étapes d'apprentissage ont été nécessaires avant la réalisation des premiers dispositifs SAW. Cela concerne aussi bien le dessin des masques (en utilisant le logiciel MEMS Pro), que les techniques usuelles (photolithographie, pulvérisation cathodique et étuvage), ou encore les outils de caractérisation des microsystèmes (profilométrie et microscopie optique).

Les premières réalisations de dispositifs SAW faites sur un substrat en kapton ont permis de cerner les difficultés et d'optimiser le processus de fabrication (i.e., temps de développement, paramètres de dépôt des couches métalliques et caractérisation des couches métalliques).

Les dispositifs SAWs seront très prochainement réalisés sur des substrats piézoélectriques en LiTaO<sub>3</sub> avec une couche guidante en SU8. Suivront les étapes de caractérisation électrique et de fonctionnalisation des zones sensibles des capteur SAW avec des couches sélectives capables de détecter uniquement l'élément métallique d'intérêt.

A terme, le capteur SAW sera intégré dans un réseau sans fil.

## **Publications et communications :**

--

## **Projet professionnel :**

Actuellement je suis en deuxième année de doctorat, spécialité acoustique et micro-technologie. Une fois ma thèse terminée, j'envisage de poursuivre mes travaux de recherche dans d'autres laboratoires de microélectronique et de microtechnologie pour approfondir mes connaissances et améliorer mes compétences.

**NOM et Prénom :** AGBOVI Kodjo Emmanuel  
**Email :** kodjo.agbovi@etu.univ-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** GLOAGUEN David  
**Co-directeur :** .  
**Co-encadrant 1 :** GIRAULT Baptiste  
**Co-encadrant 2 :** FAJOUI Jamal

**Etablissement :** Université de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** GeM  
**Equipe :** E3M  
**Financement :** Allocation MESR  
**Spécialité :** Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Etude du comportement élastoviscoplastique du titane en température

### **Résumé**

La connaissance du comportement mécanique des matériaux hétérogènes et de leur sensibilité à la déformation et à la température est essentielle afin de maîtriser les procédés de mise en forme et la tenue en service des alliages de titane sous sollicitation. Des mécanismes à la fois intergranulaires et intragranulaires sont à l'origine du comportement à l'échelle macroscopique. L'étude de tels matériaux hétérogènes requiert donc l'élaboration d'approches déductives basées sur des modèles à transition d'échelles. L'objectif de ce travail est de proposer une modélisation micromécanique du comportement plastique du titane en température. Ce travail portera sur le développement d'un modèle à transition d'échelles incluant la prise en compte du comportement élastoviscoplastique du matériau. Pour alimenter et valider ce type d'approche, la méthode expérimentale privilégiée sera la traction in situ sous diffraction (des rayons X et neutronique). Cette technique permet d'évaluer l'état mécanique du matériau à différentes échelles et d'avoir des informations sur les mécanismes physiques régissant le comportement global du matériau. Différentes analyses ont été réalisées in situ lors de la sollicitation mécanique de traction de la température ambiante jusqu'à 300°C pour avoir une compréhension approfondie des mécanismes élémentaires de déformation et d'écrouissage.

### **Publications et communications :**

.

### **Projet professionnel :**

Intégrer un service R&D d'une entreprise ou un centre de recherche d'un organisme public dans le domaine des Sciences pour l'Ingénieur

**NOM et Prénom :** AISSA Nesrine

**Email :** nesrine.aissa@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Emmanuelle ABISSET-CHAVANNE

**Co-directeur :** --

**Co-encadrant 1 :** Luisa SILVA

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : PMM

Financement : Contrat de recherche

Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :**

Simulation haute performance des suspensions de fibres courtes pour les procédés de fabrication composite

**Résumé**

L'utilisation des matériaux composites renforcés de fibres courtes est fortement répandue dans le secteur industriel. Cependant, les caractéristiques de ces matériaux dépendent essentiellement de leur microstructure et précisément de l'état d'orientation induit par le procédé d'élaboration et des différents paramètres régissant l'écoulement. Le but de cette thèse est de mettre en place un outil de simulation numérique ayant pour vocation de prédire l'état d'orientation finale d'un composite à fibres courtes issu du procédé d'injection et d'assurer un passage à l'échelle en rhéologie numérique à travers la simulation d'une pièce mécanique complète. Cet outil inclura les différentes physiques complexes mis en jeu, telles que les interactions fluide-fibres et fibres-fibres, l'agrégation, le confinement? Courant cette thèse, un algorithme optimisé de génération de microstructures représentant un état initial isotrope de suspensions de fibres a été implémentée. L'algorithme adopté est un algorithme de type adsorption séquentielle aléatoire (ASA) permettant de placer des fibres cylindriques sans collisions. Cet algorithme a été implémenté en séquentiel dans un premier temps, un algorithme de type Octree lui a été associé dans un deuxième temps et finalement il a été parallélisé. Par conséquence, une accélération importante est obtenue et des microstructures contenant de millions de fibres sont générées. Par la suite, une approche discrète pour la cinématique des suspensions Newtonniennes de fibres a été élaborée à travers un code de calcul intensif à l'échelle microscopique prenant en compte les différents types de forces d'interactions présentes lors d'un écoulement de cisaillement. Une deuxième approche par immersion de domaine pour l'étude de la cinématique est envisagée pour le reste de la thèse. Cette approche consiste à résoudre un problème multidomaine correspondant à un domaine fluide dans lequel se trouve des particules solides. La formulation de ce problème sera traitée par une méthode des éléments finis et le déplacement des fibres sera établi par le biais d'une méthode particulière.

**Publications et communications :**

Communications:

nationale:-GDR WEEK MIC novembre 2017

-Journées des Jeunes Rhéologues mai 2018

internationale:-FPCM-14 mai 2018 (abstract accepté)

**Projet professionnel :**

Pour l'instant, j'envisage avec ouverture différentes options professionnelles (enseignant chercheur, un emploi en R&D en industrie...). Cependant, je dispose d'un grand penchant vers le coté académique.

**NOM et Prénom :** AMRO Elias

**Email :** elias.amro@insa-rennes.fr

**Directeur de thèse :** Afia KOUADRI-HENNI

**Co-directeur :** /

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Institut National des Sciences Appliquées Rennes

Laboratoire d'accueil : LS2N

Equipe : ROMAS

Financement : Allocation MESR

Spécialité : Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Joining of Polymer-Metal Lightweight Structures Using Self-Piercing Riveting (SPR) Technique

## Résumé

Restrictions in pollutant emissions dictated at the European Commission level in the past few years have urged mass production car manufacturers to engage rapidly several strategies in order to reduce significantly the energy consumption of their vehicles. One of the most relevant taken action is light-weighting of body in white (BIW) structures, concretely visible with the increased introduction of polymer-based composite materials reinforced by carbon/glass fibers. However, the design and manufacturing of such "hybrid" structures is limiting the use of conventional assembly techniques like resistance spot welding (RSW) which are not transferable as they are for polymer-metal joining. This research aims at developing a joining technique that would eventually enable the assembly of a sheet molding compound (SMC) polyester thermoset-made component on a structure composed of several high strength steel grades. The state of the art of polymer-metal joining techniques highlighted the few ones potentially able to respond to the industrial challenge, which are: structural bonding, self-piercing riveting (SPR), direct laser joining and friction spot welding (FSPW). In this study, the promising SPR technique is investigated. Modelling of SPR process in the case of polymer-metal joining was performed through the building of a 2D axisymmetric FE model using the commercial code Abaqus CAE 6.10-1. The numerical approach includes a particular attention to the composite sheet for which Mori-Tanaka's homogenization method is used in order to estimate overall mechanical properties. Large deformations induced by the riveting process are enabled with the use of a mixed finite element formulation ALE (arbitrary Lagrangian-Eulerian). FE model predictions compared with experimental data shows that simulation exhibits overall good correlation. But still, material failure is an area to be further investigated as well as material friction.

## Publications et communications :

2018

Conférence internationale avec comité de lecture

21st ESAFORM Palerme avril 2018

"Joining of Polymer-Metal Lightweight Structures Using Self-Piercing Riveting (SPR) Technique: Numerical Approach and Simulation Results"

2017

Communication internationale

28th IICYS Moscou janvier 2017

"Innovative multi-material joining techniques and possible robotic applications"

2016

Conférence internationale avec comité de lecture

5th IC-WNDT-MI' Oran novembre 2016

"Joining of polymer-metal lightweight structures using self-piercing riveting technique: context of study and numerical approach"

## Projet professionnel :

Continuer dans le domaine des procédés d'assemblage innovants, impliquant un composite et un métallique.

Sous forme d'un post-doc à l'étranger idéalement pour continuer à publier et enrichir mon point de vue sur la question. Puis

envisager un poste dans un laboratoire dans la continuité thématique en tant qu'enseignant chercheur ou dans l'industrie en tant

**NOM et Prénom :** BACONNAIS Maxime

**Email :** maxime.bacconnais@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Julien Réthoré

**Co-directeur :** Marc François

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : Modélisation et Simulation

Financement : Allocation MESR

Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Méthode intégrée de corrélation d'images et de corrélation d'images virtuelles

## **Résumé**

Ces dernières années les mesures de champ (DIC) ont pris une importance capitale en Mécanique Expérimentale. En 2D, elles fournissent une mesure du champ de déplacement à la surface de la structure. Ces mesures permettent l'identification des paramètres matériaux et des modèles. Toutefois, la mesure du contour de l'objet (de sa forme) au cours de l'essai, pourtant d'une importance capitale car définissant les conditions aux limites, n'est pas possible avec la DIC. Mais celle-ci est possible par la méthode VIC développée au laboratoire.

La thèse a pour objet une approche intégrée VIC-DIC dans laquelle l'information de mesure du contour serait utilisée comme une contrainte mathématique pour la mesure de champ.

Les développements théoriques et numériques seront testés sur des essais classiques (éprouvettes mécaniques) et sur des essais structuraux dans lesquels les champs sont inhomogènes.

De nombreux tests numériques et basés sur des essais réels seront menés afin de montrer le gain fourni par la mesure de la forme du contour lors de l'essai mécanique. On attend comme livrable un outil d'identification des paramètres mécaniques (au moins avant bifurcation) utilisable par le laboratoire.

## **Publications et communications :**

Présentation à la conférence IDICs à Barcelone en 2017.

Présentation à la conférence PhotoMechanics en 2018.

Article en préparation pour 2018.

---

## **Projet professionnel :**

Je n'ai pas encore d'idée arrêtée.

**NOM et Prénom :** BADARAYANI Pravin

**Email :** pravin.badarayani@ifsttar.fr

**Directeur de thèse :** RICHARD Patrick

**Co-directeur :** CAZACLIU Bogdan

**Co-encadrant 1 :** ARTONI Riccardo

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : IFSTTAR

Equipe : Granulats et procédés d'élaboration des matériaux(

Financement : Organisme de recherche:CNRS-IFSTTAR-CEA.

Spécialité : Génie des Procédés et Bioprocédés

**Titre de la thèse :** Matériaux composites sable et rebut de caoutchouc : Une analyse micromécanique

## Résumé

Les déchets issus de caoutchouc (pneus usagés) sont produits en grand nombre par nos industries et par notre mode de vie. Afin de réduire leur impact sur l'environnement et de s'inscrire dans une logique d'économie circulaire, il est envisageable de recycler ces déchets dans des matériaux granulaires afin d'obtenir des composites aux propriétés remarquables. L'objectif de ce projet est d'étudier si l'ajout de grains de caoutchouc dans les sols à base de sable améliore les propriétés des matériaux ainsi obtenus. Les applications visées sont les infrastructures telles que les murs de soutènement, les ponts routiers et ferroviaires et leurs piliers, les tunnels et les ponceaux. Pour être intéressant, le matériau doit avoir des propriétés remarquables telles que : compressibilité élevée, une faible densité, un coefficient de frottement élevé, ainsi que de bonnes propriétés d'absorption, tout en assurant un bon drainage. L'intérêt du projet porte ainsi sur l'expérimentation des composites caoutchouc-sable : leur mélange (ou leur non-mélange) et leurs propriétés mécaniques.

### Première étape :

Dans la première partie de la thèse, nous avons commencé par l'étude de mélange sable-caoutchouc à l'aide de simulations numériques de type « éléments discrets » (DEM). L'objectif de ces simulations était de comprendre l'effet de (i) l'arrangement des grains de sable et de caoutchouc, (ii) de la fraction volumique de caoutchouc et (iii) de la compacité sur la réponse mécanique des mélanges sable-caoutchouc. Les résultats sont étudiés à l'échelle macroscopique mais également à l'échelle microscopique afin de mieux à comprendre le comportement macroscopique de ces mélanges. Nous avons montré que pour des fractions volumiques de caoutchouc important l'arrangement des grains n'était pas important.

### Deuxième étape :

Dans la deuxième partie de la thèse, des expériences caractérisant le mélange du sable et du caoutchouc sont réalisées. Les résultats des simulations DEM qui quantifient l'importance du mélange seront utiles dans la réalisation des expériences. Les expériences seront effectuées en deux étapes:

1. mélanger les grains de sable et de caoutchouc dans différents rapports de taille et de fraction volumique de caoutchouc,
2. tester la ségrégation entre le sable et le caoutchouc sous différentes conditions par exemple lorsque le mélange est soumis à des vibrations reproduisant le transport routier.

Dans les deux cas, le mélange et la ségrégation seront caractérisés par traitement d'image. De plus, les simulations DEM des mélanges sable-caoutchouc polydisperses (rapports de taille Sable / Caoutchouc similaires aux expériences) sont réalisées pour caractériser l'effet du rapport de taille sur la réponse mécanique des mélanges de caoutchouc de sable. Ces résultats seront comparés aux résultats expérimentaux.

### Troisième étape :

La dernière étape du projet consistera à quantifier les propriétés mécaniques du matériau obtenu après mélange de caoutchouc et de sable et à les comparer avec les résultats numériques. Ainsi, notre composite sera caractérisé mécaniquement à l'aide des tests classiques (par exemple le test triaxial). Ceci sera réalisé en étroite collaboration avec le Prof. E.Ibraim, University of Bristol, UK.

### **Publications et communications :**

- 1.Effect of particle arrangement on sand-rubber mixtures with varying rubber volume fraction : A numerical approach (en préparation)

### **Projet professionnel :**

Après la fin de ma thèse, je vise un poste en tant qu'ingénieur en recherche et développement dans l'industrie des matériaux et/ou des procédés. Un poste dans la recherche académique n'est pas à exclure si des opportunités intéressantes se présentent.

**NOM et Prénom :** BAIN Cédric

**Email :** cedric.bain@ensta-bretagne.org

**Directeur de thèse :** Yann MARCO

**Co-directeur :** Peter DAVIES

**Co-encadrant 1 :** Guilhem BLES

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées

Laboratoire d'accueil : IRDL

Equipe : Comportement et durabilité des matériaux

Financement : CIFRE

Spécialité : Génie des Matériaux

**Titre de la thèse :** Compréhension et modélisation des mécanismes de contact des câbles en PolyEthylene Ultra Haut Module

## Résumé

Le milieu du nautisme est un milieu où les éléments structurels sont soumis à un environnement des plus rudes (UV, eau, sel, ?). La performance et la fiabilité des voiliers sont les deux facteurs principaux recherchés par les compétiteurs et usagers de la mer. L'usage de matériaux textiles est omniprésent dans le nautisme de par la fiabilité, la légèreté de ces derniers. Ainsi l'entreprise INO-ROPE est spécialisée dans l'intégration de solutions textiles et la recherche de produits innovants. Elle a notamment inventé un nouveau concept de poulies à axe textile, qui se caractérise par un anneau à faible friction venant glisser sur deux brins textiles réalisés en Polyéthylène Ultra Haut Module. Un phénomène de lustrage apparaît sur l'axe textile au niveau de la zone de contact avec le réa à partir d'un certain chargement mécanique. Il est caractérisé visuellement par une brillance de la zone de contact.

L'usage dans lequel le matériau est employé, est spécifique et soulève plusieurs interrogations. Les objectifs de la thèse sont ici de comprendre et décrire les effets du pré-étirage nécessaire lors de la fabrication de l'axe textile sur le comportement et les performances des tresses, de proposer une caractérisation de l'influence des paramètres géométriques de la poulie sur la configuration mécanique du contact, de comprendre le phénomène de lustrage et son apparition, et enfin de caractériser l'influence de la température et de l'environnement marin sur les propriétés du matériau.

Les premiers travaux réalisés se sont concentrés principalement sur la bibliographie, la caractérisation mécanique de différents types de HMPE (High Modulus PolyEthylene) à différentes échelles constituant une tresse et l'observation des zones de contact entre le réa et l'axe textile. L'éventail des efforts nécessaires pour caractériser le matériau aux différentes échelles est très large allant de 1N à 100kN. Tandis que l'observation de la zone de contact et du phénomène de lustrage peut se faire aussi bien à l'échelle macro que l'échelle atomique. Les difficultés principales se portent sur la caractérisation de mono-filaments (diamètre inférieur à 20 $\mu$ m) et l'observation de zone lustrée de par la transparence des fibres. Il est envisagé de mettre en place un protocole d'extraction des mono-filaments et de mener des observations MEB sur des zones lustrées.

## Publications et communications :

---

## Projet professionnel :

Poursuite du projet professionnel dans le milieu industriel tourné vers les matériaux composites et textiles.

Embauche par INO-ROPE à la sortie de thèse dans la recherche de solutions textiles dans le milieu industriel.



**NOM et Prénom :** BALUTCH Thomas

**Email :** thomas.balutch@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** HUNEAU Bertrand

**Co-directeur :** MARCO Yann

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : PMM

Financement : CIFRE

Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Résistance en fatigue de mélanges EPDM et silicone utilisés dans l'anti-vibratoire automobile

## Résumé

Mes travaux de thèse se déroulent dans le cadre d'une thèse CIFRE qui a débuté en novembre 2016, avec les partenaires suivants : l'entreprise Vibracoustic, le laboratoire GeM à l'Ecole Centrale de Nantes et le laboratoire IRDL à l'ENSTA Bretagne. Le groupe Vibracoustic, concepteur et fabricant de pièces élastomères, est le leader mondial dans l'antivibratoire automobile. Les élastomères sont utilisés pour leurs propriétés mécaniques remarquables telles que leur amortissement et leur capacité à subir de grandes déformations. Les parties en élastomère des composants antivibratoires automobiles subissent des chargements cycliques, responsables de la ruine des pièces. Ce phénomène est couramment appelé fatigue mécanique. Par conséquent, un dimensionnement en fatigue est primordial afin de garantir la fiabilité des pièces.

Il convient de séparer les élastomères naturels et synthétiques car leurs propriétés mécaniques, notamment en fatigue, peuvent être très différentes. Le caoutchouc naturel est un matériau obtenu par la transformation du latex sécrété par certains végétaux, comme l'hévéa tandis qu'on appelle caoutchouc synthétique tout élastomère créé artificiellement par l'homme, la plupart du temps il s'agit d'un dérivé du pétrole. Pour l'industriel, il existe de nombreuses raisons de préférer un élastomère synthétique à un naturel, la principale étant la température maximale d'utilisation qui sera plus grande pour les synthétiques. En revanche, le dimensionnement en fatigue de pièces en caoutchouc synthétique peut d'avérer fastidieux en raison d'une très grande dispersion des résultats en fatigue (jusqu'à 4 décades). De plus, ces élastomères présentent une faible résistance à la propagation de fissures, souvent attribuée à l'absence de cristallisation sous tension. Enfin, peu de publications scientifiques traitent du comportement en fatigue des EPDM et silicone en comparaison avec le caoutchouc naturel.

Sur la base de ce contexte, les principaux objectifs industriels de cette thèse sont les suivants :

1. Comprendre l'origine de la dispersion des résultats de durée de vie en fatigue pour les caoutchoucs synthétiques et essayer de la diminuer ;
2. Fournir des règles de conception des moules, notamment pour la géométrie du plan de joint, et ce afin d'augmenter la durée de vie et de diminuer la dispersion ;
3. Caractériser les courbes de Wöhler de manière intrinsèque au matériau hors effets des défauts géométriques et être capable de prendre en compte ces derniers lors de la conception du moule d'injection.

Les objectifs scientifiques associés à cette thèse sont les suivants :

1. Etudier les effets géométriques sur l'amorçage de fissures de fatigue ;
2. Caractériser les mécanismes de propagation de fissures ;
3. Etudier l'amorçage de fissures de fatigue sur des inclusions.

Dans le but de répondre à ces questions, deux élastomères synthétiques sont étudiés : un EPDM et un silicone. De nombreux outils expérimentaux sont utilisés pour décrire le comportement en fatigue de ces derniers, notamment : des essais de propagation de fissures, des essais de rupture en fatigue, de l'analyse de fissures par microscopie optique, microscopie électronique à balayage, et micro tomographie, de la corrélation d'images numériques ou encore de la caractérisation thermomécanique à l'aide d'une caméra infrarouge.

## **Publications et communications :**

T. BALUTCH, B. HUNEAU, Y. MARCO, P. CHARRIER, C. CHAMPY: Experimental investigation on the fatigue resistance of synthetic rubbers (Poster). JA de la section Ouest de la SF2M, Nantes, France, April 6

T. BALUTCH, B. HUNEAU, Y. MARCO, P. CHARRIER, C. CHAMPY: Experimental investigation on the fatigue resistance of synthetic rubbers (Poster). JP de la SF2M, Paris, France, May 30-31

T. BALUTCH, B. HUNEAU, Y. MARCO, P. CHARRIER, C. CHAMPY: Experimental investigation on the fatigue properties and related damage scenarios of an industrial EPDM (Poster). ECCMR X, Munich, Germany, August 28-31

## **Projet professionnel :**

Travailler dans l'industrie, dans un service de R&D



**NOM et Prénom :** BASSIL Antoine

**Email :** antoine.bassil@ifsttar.fr

**Directeur de thèse :** Dominique Leduc

**Co-directeur :** Odile Abraham

**Co-encadrant 1 :** Xavier Chapeleau

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Université de Nantes

Laboratoire d'accueil : IFSTTAR

Equipe : Structure et instrumentation intégrée

Financement : Union Européenne

Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Localisation de fissures dans les structures en béton armée et quantification de leur ouverture par des mesures réparties sur fibre optique.

## **Résumé**

Une large majorité des ouvrages d'art en France, plus particulièrement les ponts, ont été conçus dans les années 50 et 60 pour une durée de service de 100 à 120 ans. Cependant, l'augmentation très importante et croissante du trafic routier a été sous-estimée lors de leur dimensionnement en fatigue. Aujourd'hui, elles se dégradent précocement avec notamment l'apparition de fissures. En outre, le passage de plus en plus fréquent de véhicules en surcharge (ne respectant pas la réglementation) et les changements climatiques contribuent à amplifier ce phénomène. Pour des raisons de sécurité évidentes mais aussi économiques, les gestionnaires d'ouvrages d'art cherchent à optimiser leur plan de maintenance. Ils ont donc besoin de disposer d'outils de SHM (« Structural Health Monitoring ») et plus particulièrement de moyens de monitoring et d'auscultation efficaces pour détecter et surveiller les fissures liées à la fatigue. En effet, la technique d'inspection visuelle qui est encore couramment utilisée est longue, coûteuse et peu fiable, en particulier pour les structures de très grande dimension. La technologie des mesures réparties de déformation sur fibre optique offre une alternative prometteuse. Néanmoins, des verrous scientifiques et techniques doivent être levés, en particulier, l'interaction capteur /structure afin de pouvoir quantifier l'ouverture de fissure.

Mes travaux de thèse ont pour finalité de développer une méthodologie permettant de détecter et de suivre quantitativement l'ouverture de fissures à partir de mesures réparties de déformations sur fibres optiques. Si la détection et la localisation de fissures par cette technique peuvent être réalisées avec une bonne sensibilité et une résolution spatiale de l'ordre du centimètre, la mesure de leur ouverture nécessite de développer une méthode d'analyse prenant en compte la fonction de transfert mécanique de la fibre optique utilisée comme capteur. En effet, une fibre optique est constituée d'un empilement concentrique de plusieurs matériaux ayant des propriétés mécaniques différentes. Un modèle élastique de type « shear-lag » a été considéré afin d'en déduire la fonction de transfert mécanique impulsionnelle du capteur à fibre optique. Le profil de déformation mesuré par une fibre optique peut alors être facilement calculé par un produit de convolution entre le champ de déformation extérieur et la fonction de transfert mécanique impulsionnelle. De cette façon, les expressions analytiques du profil de déformation en présence d'une fissure ont été établies dans le cas d'une sollicitation de traction et de flexion trois points. Ensuite, des essais de flexion trois points jusqu'à rupture ont été réalisés sur des poutres en béton armées instrumentés avec des câbles à fibre optique. Ils ont permis d'obtenir des profils de déformations avec des fissures. Ces mesures ont ensuite été ajustés avec les expressions analytiques afin d'en déduire l'ouverture des fissures au cours de l'essai. La comparaison de ces résultats avec ceux obtenus avec des extensomètres placés autour des fissures a montré un bon accord pour de petites ouvertures de fissures (jusqu'à 100µm). Pour la suite des travaux de thèse, des nouveaux essais de « wedge splitting test » sont programmés pour étudier plus profondément le comportement du capteur à fibre optique dans le cas de grande ouverture de fissures.

## **Publications et communications :**

«INFRASTAR training week #1» BAM-Berlin: Présentation du résultat de l'étude bibliographique.

«Journée Doctorale COSYS» IFSTTAR-Marne-la-vallée: Présentation d'un poster sur l'avancement de la thèse devant un jury de l'ifsttar.

«INFRASTAR training week #2» EPFL-Lausanne: Présentation des résultats et des futurs travaux planifiés pour la suite de la thèse.

« Implementation day #1 » BAST-Cologne: Présentation d'un 1er poster portant sur les travaux de recherche menés et un 2ème poster sur la coopération avec d'autres doctorants dans le projet INFRASTAR.

## **Projet professionnel :**

Les technologies de mesures réparties sur fibre optique suscitent un intérêt croissant car elles ouvrent de nouvelles perspectives de développement de systèmes de contrôle de santé structurale. Mon projet professionnel est de continuer à travailler dans ce domaine de recherche en tant que chercheur ou ingénieur de recherche.

**NOM et Prénom :** BEN AMEUR Mariem

**Email :** Mariem.Ben\_Ameur.Etu@univ-lemans.fr

**Directeur de thèse :** EL MAHI Abderrahim

**Co-directeur :** REBIERE Jean-Luc

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Université de Maine

Laboratoire d'accueil : LAUM

Equipe : IUT GMP

Financement : Boursier étranger

Spécialité : Acoustique

**Titre de la thèse :** Caractérisation mécanique et suivi par émission acoustique des mécanismes d'endommagement des composites à fibres hybrides lin/carbone.

## Résumé

Les problèmes de vibrations des structures sont devenus l'une des préoccupations actuelles dans de nombreux domaines, et l'amortissement des vibrations est un facteur essentiel dans de nombreuses applications. Les composites en fibres de carbone présentent des caractéristiques mécaniques élevées mais ont un faible amortissement. Alors que les composites en fibres de lin ont des caractéristiques mécaniques moins élevées mais avec un amortissement plus important. Ces matériaux à base de fibres de lin sont écologiques, leurs ressources sont renouvelables et ils représentent une alternative économique. De plus, ces composites bio-sourcés présentent des caractéristiques intrinsèques élevées pour dissiper l'énergie vibratoire. L'objectif de ce travail de thèse consiste à trouver le meilleur compromis entre les caractéristiques mécaniques et les propriétés d'amortissement des matériaux composites et cela en exploitant la technique de l'hybridation. Il s'agit donc ici de mettre en évidence l'effet de l'hybridation et de la séquence d'empilement sur le comportement mécanique et dynamique de ces matériaux. Dans ce cadre, cette étude porte sur l'identification, le suivi des mécanismes d'endommagement et sur la caractérisation en statique, en fatigue et en vibration des composites stratifiés renforcés par des fibres hybrides lin/carbone et résine époxy. Tout d'abord, nous avons étudié le comportement en traction monotone de ces matériaux. Pour les différentes séquences d'empilement, les propriétés élastiques et les contraintes ultimes sont déterminées. De plus, la technique de l'émission acoustique est utilisée afin d'identifier et de suivre les principaux mécanismes d'endommagement survenant lors des essais. Ensuite, nous avons traité la durabilité des structures unidirectionnelles non hybrides et hybride orientés à 0°. Des essais de traction en fatigue cyclique sont effectués afin de quantifier leur durée de vie. De plus, l'évolution de l'endommagement est observée grâce au suivi de l'évolution de la rigidité, la quantité d'énergie dissipée et du facteur de perte en fonction du nombre de cycles. Par la suite, le comportement en vibration de ces matériaux composites pour différentes orientations de fibres (0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° et 90°) a été étudié. Des essais d'analyse modale ont été menés dans le cas de vibration en flexion de poutres. La poutre est excitée en un point à l'aide d'un marteau d'impact et la réponse est détectée en un autre point de la structure à l'aide d'un vibromètre laser. Cette étude a permis de mesurer la fréquence propre et l'amortissement modal des matériaux étudiés autour de chaque pic de résonance. Enfin, une étude numérique, basée sur la théorie des stratifiés avec contraintes planes, a été développée. Cette étude consiste à réaliser une analyse modale à l'aide du code d'élément finis MSC Nastran avec Patran. Les tenseurs de contraintes et de déformations dans chaque élément du modèle sont calculés pour différentes fréquences propres. L'énergie de déformation emmagasinée dans la structure ainsi que l'énergie dissipée par amortissement sont estimés. L'amortissement structurel des différents composites est déduit en fonction de la fréquence. La comparaison entre résultats numériques et expérimentaux montre une bonne concordance. Les résultats obtenus montrent que la fraction volumique et la position des couches de lin dans les composites hybrides jouent un rôle majeur sur les propriétés dynamiques des composites.

## Publications et communications :

M. BEN AMEUR, A. EL MAHI, J.-L. REBIERE, M. ABDENNADHER, M. HADDAR, DAMPING ANALYSIS OF UNIDIRECTIONAL CARBON/FLAX FIBER HYBRID COMPOSITES. Soumis à International Journal of Applied Mechanics.

## Projet professionnel :

Après ma thèse je compte m'orienter vers les métiers de la recherche et enseignement supérieur.

**NOM et Prénom :** BHATI Gaurav  
**Email :** bhatigaurav41@gmail.com  
**Directeur de thèse :** Dr. Sylvain FREOUR  
**Co-directeur :** Dr. Alexandre CLEMENT  
**Co-encadrant 1 :** Prof. Frédéric JACQUEMIN  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** GeM  
**Equipe :** E3M  
**Financement :** Allocation Région ou Département  
**Spécialité :** Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Impact du vieillissement hygroscopique sur la fissuration de matériaux composites en contexte incertain

## Résumé

The present PhD thesis is a part of the FIRMAIN project under the aegis of West Marine Atlantic Energy Centre. West Marine energy Atlantic centre is a consortium of various academic and industrial partners working on promotion and acceleration of the use of the marine energy to meet the future energy requirement in the Pays de la Loire region. Offshore wind resources are abundant, stronger and more consistent regarding onshore resources. Further, there is a huge coastline available all over the world and even 75% of worldwide energy demands come from coastline areas. According to recent studies, the theoretical wave energy potential is estimated to be 32 PWh/yr, roughly twice the global electric supply in 2008 17 PWh/yr. This quantifies the huge potential of the marine renewable energy. Offshore wind resources consist of wind blowing over the ocean's surface carrying both high kinetic and gravitational potential energy which can be harnessed using a wave energy converter such offshore stationary and floating wind turbines. The FIRMAIN project focuses on lightening such wind turbine structures for the marine renewable energy systems. For decades, in the naval as well as marine industry, metals have been conventional choice to build structures and systems whereas composites materials have not been a preferred choice despite of having a strong presence in the field of automobile as well as aeronautical sector. In the both sectors with their specific mechanical properties, they have been able to improve the fuel efficiency by lightening the structures and also to improve the structure stability. However, in marine environment over certain duration while being submerged in the harsh sea water conditions such as humidity, salinity and sun radiations, the mechanical properties of the composites starts degrading due to sea water aging of the material. Moreover, the moisture absorption within the hydrophilic matrix leads to a so-called hygroscopic swelling which may activate or worsen a damage mechanism such as crack initiation or propagation. Such degradations weaken the mechanical properties of the composites which can be disastrous for such high scale mechanical structures and can lead to their failure. Further, it is also important to study the influence of aging on the fracture mechanics as well as crack propagation in the composites. In this project, we focus on these two major problems encountered while using composites as materials for renewable marine energy structures. The aim of this work is to propose hygro-mechanical models and ad-hoc numerical methods to predict the behaviour of composite structures regarding the impact of moisture diffusion on crack propagation. On the other hand, such phenomena are subjected to various uncertainties that may belong to material properties, environmental conditions or even geometry. Experiments conducted in order to quantify the diffusion parameters (diffusion tensor and maximum moisture absorption capacity) showed a quite large dispersion was observed on the identified diffusion parameters. A stochastic study seems necessary in order to well apprehend the uncertainties on the various output fields such as local water content or stress fields induced by the so-called hygroscopic swelling. The proposed hygro-mechanical model and the ad-hoc numerical methods are thus extended to the stochastic framework using polynomial chaos approximation in order to analyze the impact of those uncertainties.

## **Publications et communications :**

A stochastic study of the hygro-elastic behaviour of composite materials: application to the durability of renewable marine energy structures

CLEMENT Alexandre, BHATI Gaurav, FREOUR Sylvain and JACQUEMIN Frédéric

Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique (UMR CNRS 6183), Université de Nantes, Centrale Nantes

58 rue Michel Ange 44600 Saint-Nazaire, France

Risk, Reliability and Safety of Energy Systems in Coastal and Marine Environments

Proceedings of the 54th ESRéDA Seminar, April 25-26, 2018

Université de Nantes, Nantes, France

## **Projet professionnel :**

My doctorate thesis topic is about numerical modelling of coupled hygromechanical problem for composite material in marine environment. Nevertheless, application of composites can be found in all the fields including automobile, aerospace, energy and marine etc. Therefore, I would like to move in to R&D of any of these industries in India with first preference to automobile industry.

**NOM et Prénom :** BISCANS Sebastien  
**Email :** sbiscans@ligo.mit.edu  
**Directeur de thèse :** PEZERAT Charles  
**Co-directeur :** PICART Pascal  
**Co-encadrant 1 :**  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université de Maine  
**Laboratoire d'accueil :** LAUM  
**Equipe :** LIGO-Massachusetts Institute of Technology  
**Financement :** Salarié  
**Spécialité :** Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Optimisation du cycle de service de l'observatoire d'ondes gravitationnelles LIGO par réduction des instabilités paramétriques et des impacts environnementaux

### Résumé

Le projet LIGO (pour Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) a pour but de permettre la détection d'ondes gravitationnelles via un réseau d'interféromètres. Ce projet a débuté il y a plus de 20 ans et regroupe plus de 900 chercheurs d'une soixantaine d'institutions à travers le monde. Il requiert des besoins sans précédent en termes d'isolation sismique et d'instrumentation optique. Cette thèse s'inscrit dans le cadre du programme de recherche et développement du laboratoire LIGO, qui a pour objectif d'améliorer la sensibilité et le temps de fonctionnement de ces détecteurs. Le but est dans un premier temps d'analyser les besoins afin d'améliorer leur fonctionnement et performance. La deuxième étape est de développer des solutions afin de répondre à cette demande, et de les tester sur le site de recherche et développement du MIT, où se déroule l'essentiel du travail expérimental de la thèse. La dernière étape sera de porter ces développements aux observatoires et de quantifier l'amélioration obtenue en terme de sensibilité de l'instrument et d'observabilité des ondes gravitationnelles.

Deux principaux projets sont étudiés. Premièrement : améliorer la robustesse des interféromètres face aux tremblements de terre. Les tremblements de terre provoquent une amplification du mouvement du sol, empêchant les interféromètres de fonctionner normalement. Ce projet passe tout d'abord par une étude approfondie des données recueillies par les observatoires. Deuxièmement : étude du problème des instabilités paramétriques. Les instabilités paramétriques sont des instabilités de cavités apparaissant à haute puissance, limitant la sensibilité et performance des interféromètres. Une solution est envisagée et étudiée pour résoudre ce problème : l'Acoustique Mode Damper (AMD).

### **Publications et communications :**

Method for determining damping properties of materials using a suspended mechanical oscillator  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X18301573>

Control strategy to limit duty cycle impact of earthquakes on the LIGO gravitational-wave detectors  
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6382/aaa4aa/meta>

---

### **Projet professionnel :**

N/A

**NOM et Prénom :** BLANCHARD Torea

**Email :** torea.blanchard@hotmail.fr

**Directeur de thèse :** Jean-Hugh Thomas

**Co-directeur :** Kosai Raof

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université de Maine

**Laboratoire d'accueil :** LAUM

**Equipe :** Transducteur

**Financement :** Autre

**Spécialité :** Acoustique

**Titre de la thèse :** Localisation, poursuite temps-réel et caractérisation d'un engin en vol par un dispositif d'antenne acoustique

## **Résumé**

L'emploi actuellement croissant de drones nécessite une remise en question de la sécurité des sites sensibles ou stratégiques afin de lutter contre une utilisation inappropriée et éviter toute menace potentielle. Il est donc nécessaire de développer des systèmes permettant de les détecter et de les localiser dans leur environnement. Toutefois, la taille de ces engins et les matériaux utilisés rendent leur détection très difficile à l'aide de systèmes employant des signaux électromagnétiques ou utilisant des méthodes optiques. Une localisation par mesure acoustique est donc proposée exploitant l'onde sonore émise par leur motorisation ou leur sifflement aérodynamique. Pour cela une antenne acoustique doit être dimensionnée afin d'être sensible aux fréquences identifiées du signal. Une caractérisation acoustique de ces appareils est alors nécessaire pour leur identification et leur détection. Deux méthodes de localisation sont utilisées. La première se base sur une approche énergétique en cherchant à calculer l'énergie de l'antenne dans toutes les directions (formation de voies). L'énergie de l'antenne sera maximale dans la direction correspondant à la direction de la source. La seconde consiste à estimer directement la position de la source en calculant les différences de temps d'arrivée de l'onde acoustique entre différentes paires de capteurs (goniométrie).

## **Publications et communications :**

T. Blanchard, J. H. Thomas, K. Raof, A. Chalopin, M. Vidal. Localisation par antenne acoustique avec peu de capteur : goniométrie et formation de voies, XXVIème colloque du GRETSI, 2017.

---

## **Projet professionnel :**

Après ce doctorat, une orientation professionnel dans le secteur industriel est envisagé. Les domaines de recherches sont articulés autour du traitement d'antenne et du signal. Une ouverture vers les domaines de l'audio est également envisageable.

**NOM et Prénom :** BORGHOL Ilef  
**Email :** ilef.borghol@ifsttar.fr  
**Directeur de thèse :** Emmanuel Chailleux  
**Co-directeur :** Bruno BUJOLI  
**Co-encadrant 1 :** Clémence QUEFFELEC  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** IFSTTAR  
**Equipe :** MAST/MIT  
**Financement :** Organisme de recherche:CNRS-IFSTTAR-CEA.  
**Spécialité :** Génie des Procédés et Bioprocédés

**Titre de la thèse :** Mise au point et caractérisation d'un liant alternatif au bitume pétrolier à partir de la biomasse renouvelable

## Résumé

Le bitume utilisé dans la construction routière est un sous-produit issu de la distillation du pétrole. Ce dernier est une ressource fossile non renouvelable dont les conditions d'approvisionnement sont fortement influencées par les enjeux économiques, écologiques et géopolitiques. Anticiper une alternative au bitume pétrolier devient donc une nécessité. C'est dans ce contexte que s'inscrit le projet de ma thèse dont l'objectif principal est de produire un biobitume à partir d'une biomasse renouvelable à fort potentiel : les microalgues, via un procédé thermo-chimique de transformation : la liquéfaction hydrothermale (HTL).

Le travail est structuré en quatre grands axes:

- Dans une étape préliminaire l'objectif est à comprendre la relation structure-propriété d'un bitume conventionnel. Cette étape doit permettre de mieux comprendre le fonctionnement rhéologique attendu du biobitume en fonction de sa composition. Pour ce faire, une procédure de séparation par polarité des différentes fractions composant le bitume a été développée. Ces fractions ont été caractérisées par infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), chromatographie d'exclusion stérique (GPC), calorimétrie différentielle à balayage (DSC). Les propriétés rhéologiques ont été également évaluées. Un article mettant en évidence la contribution de chaque fraction sur le comportement rhéologique est en cours de finalisation.
- La deuxième partie porte sur l'influence du type de la matière première sur les propriétés du bio-liant. Des résidus de deux types de microalgues (*Scenedesmus* sp. et *Spiruline* sp.), ont été transformés par HTL. Une série de HTL à différentes températures (de 220 à 300 °C) et différents taux de chargement (0.60, 0.30) a été effectuée. Les conditions optimales ( $T=260$  °C, taux de chargement=0.60) ont été appliquées. Les rendements obtenus sont similaires (50%). Les premiers résultats ont montré que, chimiquement, les deux bio-liants sont assez proches. En revanche, la caractérisation rhéologique a révélé une grande différence dans le comportement mécanique des deux bio-liants. En effet, le bio-liant issu de la *Scenedesmus* sp. présente un comportement similaire à celui d'un bitume pétrolier. Le bio-liant issu de la *Spiruline* sp. se comporte comme un bio-liant fortement chargé en élastomères [3]. Ces résultats ont fait l'objet d'un article de journal qui a été soumis et d'un autre accepté pour une conférence internationale (ISAP, juin 2018).
- Dans une tentative d'optimiser les propriétés rhéologiques du bio-liant, une troisième partie est consacrée à l'étude de la HTL catalytique. Un premier catalyseur (nitrate de cérium), a été testé dans les mêmes conditions opératoires précédemment mentionnées. Les premiers résultats montrent que le catalyseur semble avoir une influence sur la consistance du bio-liant. D'autres catalyseurs seront également testés. Cette étape occupera les 6 prochains mois.
- Le quatrième axe sera dédié au changement d'échelle : du système batch en laboratoire à l'utilisation d'un pilote HTL en continu. Cette partie constituera un chapitre d'ouverture où la question de l'industrialisation du procédé sera examinée.

## Références

- [1] Kruse et al, J. Supercrit. Fluids., 2007, vol 39, pp 392-380
- [2] Audo et al, ACS Sustain Chem Eng., 2015, vol 3, pp 583-590
- [3] Gordon D, Fuel., 2003, vol 83, pp 1709-1719

## Publications et communications :

- Borghol I., Queffélec C., Bolle P., Descamps J., Lombard C., Lépine O., Drouin D., Lorentz C., Laurenti D., Montouillout V., Chailleux E., Bujoli B., Biosourced analogs of elastomer modified bitumen through hydrothermal liquefaction of *Spirulina* Sp. microalgae residues., Green Chemistry, soumis.
- Borghol I., Queffélec C., Lombard C., Legrand J., Chailleux E., Bujoli B., Hydrothermal liquefaction of microalgae to produce a bio-binder: feedstock type influence., 13th Conference of International Society For Asphalt pavements (ISAP), Fortaleza, June 19-22, 2018

## Projet professionnel :

Mon projet professionnel est de continuer à travailler dans le domaine de la recherche et développement dans un institut de recherche (public ou privé) pour développer des matériaux de construction alternatifs et écologiques tout en appliquant les compétences techniques et pratiques que j'ai acquies au cours de ma thèse (les techniques de caractérisation physico-chimiques et mécaniques)



**NOM et Prénom :** BOTTOIS Paul  
**Email :** paul.bottois.etu@univ-lemans.fr  
**Directeur de thèse :** JOLY Nicolas  
**Co-directeur :** PEZERAT Charles  
**Co-encadrant 1 :** ABLITZER Frédéric  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université de Maine  
**Laboratoire d'accueil :** LAUM  
**Equipe :** Vibro-acoustique  
**Financement :** Allocation MESR  
**Spécialité :** Acoustique

**Titre de la thèse :** Caractérisation de matériaux composites et détection de défauts sur structures à géométries complexes par problème inverse vibratoire

## Résumé

Les matériaux composites sont de plus en plus utilisés dans l'industrie du transport, où l'on cherche à réduire la consommation d'énergie des véhicules. En effet, les matériaux composites présentent une faible masse pour une raideur élevée. Dans ce but, l'utilisation des matériaux composites présente un grand intérêt pour réduire la masse des véhicules et donc une consommation moindre. Cependant, le comportement vibratoire de ces matériaux n'est pas parfaitement maîtrisé, d'autant que les propriétés des composites varient en fonction de l'échelle d'intérêt (microscopique, mésoscopique ou macroscopique).

L'objectif de cette thèse est donc de développer une méthode pour la caractérisation de matériaux à géométries complexes, dans le but de l'appliquer à des matériaux composites dont la mise en forme est faite en même temps que leur fabrication. Il s'agira dans un premier temps de s'intéresser à l'estimation du module d'Young et du facteur de perte, afin de pouvoir prédire le comportement dynamique de ces structures en fonction de la fréquence. Puis dans un deuxième temps, grâce à l'identification du module d'Young et du facteur de perte, la détection de défauts typiques de matériaux composites sera développée.

Pour parvenir à la caractérisation des matériaux, la méthode inverse RIFF (Résolution Inverse Fenêtrée et Filtrée) a déjà montré ses preuves pour des structures dont l'équation du mouvement est connue analytiquement. Pour pouvoir étendre cette méthode à des structures à géométries complexes, l'équation analytique du mouvement pourra être remplacée par un opérateur Éléments Finis.

Cette thèse s'inscrit au sein du projet RICTUS (caRactérisation des matéRIaux Composites sur géoméTRie complexes indUstrielles par méthode vibratoire inverSe), démarré en 2017, porté par l'IRT Jules Verne et supporté par Safran, Valéo et le CETIM.

## Publications et communications :

Communications :

1ère année :

- Internoise, à Hong Kong, 27-30 août 2017 : P. Bottois, N. Joly, C. Pézerat, and F. Ablitzer. Identification of local young's modulus and loss factor of curved beam by using an inverse method and a finite element operator. INTERNOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, 255(5):2165-2174, 2017.

2ème année :

- JJCAB (Journée Jeunes Chercheurs en Acoustique et Bruit), à Paris, 16-17 novembre 2017,  
- CFA (Congrès Français d'Acoustique), au Havre, 23-27 avril 2018,  
- NOVEM (NOise and Vibration Emerging Methods), en Espagne, 7-9 mai 2018.

## Projet professionnel :

Après ma thèse, j'aimerais travailler dans l'industrie aérospatiale, et plus particulièrement dans la conception mécanique et la validation mécanique des satellites.

**NOM et Prénom :** BOUDACHE Sonia

**Email :** sonia.boudache@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Ahmed Loukili

**Co-directeur :** Emmanuel Rozière

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : MEO

Financement : CIFRE

Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Attaque sulfatique externe : mécanismes de dégradation et qualification des matériaux cimentaires

## Résumé

L'attaque sulfatique externe est un processus de dégradation au cours duquel les propriétés mécaniques et la composition chimique d'un matériau cimentaire vont être fortement affectées par la pénétration de sulfates en solution. La présence d'ions sulfates dans la matrice cimentaire va déstabiliser les hydrates qui vont libérer des ions en solution. Ces ions vont alors réagir pour former des composés expansifs, l'ettringite notamment, dont la croissance peut conduire à la fissuration du matériau.

Les objectifs de cette thèse, tels que définis à l'heure actuelle, suivent deux axes de réflexion. Comment expliquer scientifiquement le bon retour d'expérience observé avec les matériaux couramment utilisés dans les milieux riches en sulfates ? Quels sont les critères optimaux pour qualifier de nouveaux matériaux ?

Ces questions mettent en évidence plusieurs problématiques. Lors de l'attaque sulfatique externe, plusieurs réactifs chimiques sont sollicités. Les matériaux cimentaires constituent un milieu réactionnel complexe. Certaines phases vont subir des mécanismes de dissolution et précipitation, d'autres peuvent interagir avec les sulfates différemment. Ces différents mécanismes chimiques vont s'influencer les uns les autres. En fonction des constituants chimiques, la durabilité du matériau sera différente. De ce fait la connaissance approfondie de la nature minéralogique du matériau est une clef pour la prédiction de sa durabilité.

Les ciments Portland résistants aux sulfates sont aussi caractérisés par un indice de Sadran (limitant la teneur du clinker en C3A et C3S) inférieur à 23,5. Bien que cet indice soit utilisé par certains cimentiers français en donnant des résultats satisfaisants, il n'a jamais été démontré. Une étude a été lancée pour redémontrer cet indice.

Lors de l'attaque sulfatique externe, les phases minéralogiques du béton forment à la fois une partie des réactifs mais aussi le milieu réactionnel. Dans ce sens une des problématiques s'intéresse aux interactions entre les sulfates et les CSH, principaux composants de la matrice cimentaire. L'adsorption des sulfates par les CSH dépend de la composition des CSH et de la concentration en sulfate.

L'obtention de C-S-H synthétiques permettra d'étudier la lixiviation des C-S-H et C-A-S-H et savoir s'ils peuvent jouer un rôle comme source de réactifs (ions calcium ou aluminates) lors de l'attaque sulfatique externe en l'absence de C3A et C4AF.

Mais la compréhension et l'étude des phénomènes chimiques en eux-mêmes ne constituent pas une finalité. Les matériaux cimentaires existent avant tout pour leurs propriétés à l'échelle macroscopique sollicitées lors de leur application. La mise en place d'essais d'attaque sulfatique externe permet d'étudier la durabilité du matériau. Le temps de réponse conséquent lors des essais pose aussi la problématique de l'accélération des essais de vieillissement. Un préconditionnement avec séchage puis imbibition sous vide permet de raccourcir le temps de réponse des matériaux étudiés.

## **Publications et communications :**

12th fib International PhD-Symposium in Civil Engineering (Prague 8/18) Paper under Review

Workshop External Sulphate attack (Madrid 5/18)

NoMad (Liège 11/18)

## **Projet professionnel :**

J'aimerais m'orienter vers l'enseignement en collège ou lycée. Je souhaite aussi déposer ma candidature pour la qualification pour être maître de conférence en faculté.

**NOM et Prénom :** BUCHNER Julia

**Email :** julia.buchner@ecoledubois.fr

**Directeur de thèse :** Irle Mark

**Co-directeur :** -

**Co-encadrant 1 :** Belloncle Christophe

**Co-encadrant 2 :** Michaud Franck

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : LIMBHA

Equipe : LIMBHA

Financement : Salarié

Spécialité : Génie des Matériaux

**Titre de la thèse :** How do biotic and abiotic factors combine to affect the weathering of Wood surfaces in end-use class 3?

## Résumé

Using wood for exterior applications is currently rather fashionable in Europe, but, it is only used in small quantities compared to concrete, steel and glass. Customers seek homogeneous, colourfast facades with low maintenance requirements. The visual appearance of a wooden facade changes over time and, often, its discoloration is heterogeneous. Extensive research on the decay of wood by fungi and bacteria in soil and water (durability classes 4 and 5) has already been carried out. Much less research has been conducted on wood in exterior use that is not in ground contact, i.e. end-use class 3, which typifies the exposure conditions of facades. There is especially a lack of research concerning the influence of the presence of bacterial and fungal communities on the weathering process of wood. The aim of the thesis is to identify any synergistic effects between biotic factors such as bacteria (Actinomycetes and Eubacteria) and fungi (Basidiomycota and Ascomycota) and abiotic factors such as light, temperature and moisture on the weathering of wood surfaces in use class 3. This approach will facilitate the design of stable wooden facades that require little maintenance over a long period of time. Several exposure experiments are planned in order to study the influence of the biotic and abiotic degrading factors on wood:

- ? A natural weathering test, which exposes samples to real-world abiotic and biotic factors
- ? An accelerated weathering test in an artificial weathering apparatus, which degrades the samples according to internationally recognised standards that focus on abiotic parameters
- ? An accelerated weathering test in sterile and controlled conditions

Several methods will be used to follow the degradation processes of the samples to analyse the anatomical and visual (scanning electron microscopy, light microscopy, X-ray tomography, colorimeter, roughness testing) as well as chemical (FTIR-/ATR-spectroscopy) changes in the degraded wood. The focus however is on the change in visual appearance of the weathered wood surface.

## Publications et communications :

Conferences:

? February 2017, COST FP 1303, Sofia, Bulgaria.

? June 2017 IUFRO, Vancouver, Canada.

? September 2017, COST FP 1303, Zagreb, Croatia.

? November 2017, ICWSE, Brasov, Romania.

? November 2017, GDR, Nantes, France.

Published paper:

Gurau, Lidia; Irle, Mark; Campean, Mihaela; Ispas, Mihai; Buchner, Julia. (2017). Surface Quality of Planed Beech Wood (*Fagus sylvatica* L.) Thermally Treated for Different Durations of Time. *Bioresources* 12. 4283-4301. 10.15376/biores.12.2.4283-4301.

To be published:

Buchner, Julia; Irle, Mark; Belloncle, Christophe; Michaud, Franck; Macchion

## Projet professionnel :

Position at ESB as scientific employee, treating demands for wood identification, research in the field of wood weathering as well as teaching wood science, specifically plant biology, wood anatomy and degradation.

**NOM et Prénom :** CADIOU Stephen  
**Email :** stephen.cadiou@univ-ubs.fr  
**Directeur de thèse :** Muriel CARIN  
**Co-directeur :** Mickaël COURTOIS  
**Co-encadrant 1 :**  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université Bretagne Sud  
**Laboratoire d'accueil :** IRDL  
**Equipe :** PTR2  
**Financement :** Allocation MESR  
**Spécialité :** Energétique - Thermique - Combustion

**Titre de la thèse :** Simulation numérique d'un procédé de fabrication additive de pièces métalliques par dépôt de fil

## Résumé

La fabrication additive est en plein essor. C'est un procédé révolutionnaire à fort potentiel. A l'heure actuelle, il existe trois types de procédés pour la fabrication additive de pièces métalliques :

- La projection de poudre,
- Le lit de poudre,
- Le dépôt de fil, le procédé retenu dans le cadre de cette thèse.

Le procédé par dépôt de fil présente de nombreux avantages. Il permet, contrairement aux deux autres procédés, de concevoir des pièces de grandes dimensions possédant une géométrie complexe, ce qui va permettre l'allègement des structures. Cependant ce procédé présente des verrous scientifiques. Ces verrous concernent la compréhension de l'influence des paramètres opératoires sur la géométrie, les cycles thermiques, la microstructure, les distorsions et les contraintes résiduelles. Il y a également des verrous scientifiques autour du développement des modèles numériques adaptés à l'étude de la fabrication multicouche. Le but est donc d'optimiser les paramètres opératoires afin de minimiser les défauts des pièces.

Les objectifs de la thèse sont de développer des modèles de connaissance prédictifs pour simuler le procédé de fabrication additive de dépôt de fil à l'arc. Ces modèles numériques prédictifs permettront d'obtenir la forme du bain, le champ de température et de vitesse, et bien évidemment la construction de la pièce couche par couche, en partant seulement des paramètres opératoires. Grâce à ces modèles numériques, il sera possible d'analyser l'influence des paramètres opératoires sur les différents observables, et donc d'avoir une meilleure compréhension des phénomènes impliqués. Ces modèles permettront également d'optimiser les paramètres opératoires en vue de minimiser les défauts des pièces conçues.

Pour développer de tels modèles, des étapes de complexité croissante ont été envisagées. Ainsi, la première année de thèse a été consacrée au développement d'un modèle d'arc en deux dimensions axisymétrique sans apport de matière. Ce modèle tient compte des phénomènes couplés électromagnétique, thermique, et mécanique des fluides. Il a fait l'objet d'une validation par comparaison avec des résultats issus de la littérature dans le cas du soudage TIG. La seconde année de la thèse (actuellement en cours) se concentre sur la prise en compte de l'apport de matière dans un modèle également en deux dimensions axisymétrique. Des expériences seront réalisées en vue de valider ce modèle. L'étape suivante de ce travail consistera à étendre ce modèle à une configuration en trois dimensions prenant en compte les différents phénomènes physiques au niveau du bain et de l'arc (électromagnétisme, thermique, mécanique des fluides). Afin de réduire les temps de calcul, il sera également envisagé de développer un dernier modèle simplifié en trois dimensions, purement thermique avec une géométrie évolutive. Ce modèle utilisera des termes sources équivalents obtenus à l'aide du modèle précédent. Des essais instrumentés en caméra rapide et caméra thermique permettront de valider les développements numériques.

## **Publications et communications :**

S. Cadiou, M. Carin, M. Courtois, Modélisation magnéto-thermo-hydraulique 2D axisymétrique d'un arc électrique, SF2M Ouest (2017)

## **Projet professionnel :**

A la suite de ma thèse, je souhaiterais poursuivre dans la simulation numérique de procédés multiphysiques au sein d'un centre de recherche public ou privé. Ma première volonté serait de devenir MCF, malgré la conscience du peu nombre de poste disponible.

**NOM et Prénom :** CAISSO Camille

**Email :** camille.caisso@ensta-bretagne.org

**Directeur de thèse :** N. Jacques

**Co-directeur :** N-A

**Co-encadrant 1 :** Y. Demmouche

**Co-encadrant 2 :** A. El Malki Alaoui

Etablissement : Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées

Laboratoire d'accueil : IRDL

Equipe : N-A

Financement : CIFRE

Spécialité : Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Mise en place d'une méthodologie pour la caractérisation de la robustesse des générateurs de gaz pour airbags dans le domaine de la transition ductile-fragile.

## Résumé

Les générateurs de gaz sont des mécanismes pyrotechniques permettant de gonfler très rapidement le coussin d'un airbag. Ce coussin permet d'amortir le mouvement des occupants en cas de crash. L'airbag étant un dispositif de sécurité, une défaillance lors du fonctionnement n'est pas autorisée. La robustesse des différentes parties et notamment celle du générateur de gaz doit être parfaitement maîtrisée. C'est dans ce cadre industriel que s'inscrit ce projet de thèse.

Le générateur, produit en quelques millisecondes un volume de gaz très important. De ce fait, la pression appliquée sur l'enveloppe métallique du générateur est très élevée. La nature des sollicitations et les temps caractéristiques étant très faibles, il faut dans l'hypothèse d'une rupture, garantir une rupture ductile de l'enveloppe. Pour cela, une méthode de caractérisation a été proposée, elle est basée sur des essais Charpy sur anneau. La température de transition ductile-fragile (DBTT) de l'acier est déterminée à partir de ces essais. La robustesse de la chambre est alors garantie par une valeur minimale de la DBTT.

L'objectif est de définir le lien entre, les champs mécaniques associés aux essais Charpy et les champs mécaniques présents dans l'enveloppe lors du fonctionnement. Ce lien permettra d'apporter une meilleure définition de la DBTT minimale tolérée. Par ailleurs, cette analyse conduira aussi, à l'évaluation de la probabilité de l'occurrence d'une rupture fragile du générateur lors d'un fonctionnement.

Afin de répondre à cette problématique, le projet a débuté par une recherche bibliographique. L'essai Charpy, la modélisation de la rupture ductile et fragile, la température de transition et les lois matériaux ont été les principaux thèmes abordés. Les divers essais de caractérisation, associés aux modèles ont aussi été l'objet de cette étude bibliographique.

Ce premier point traité, les essais de caractérisation du matériau ont été réalisés. Des essais de caractérisation quasi statiques, en traction uni axiale ont permis de d'identifier un modèle d'écrouissage. Des essais de traction rapide sur les barres d'Hopkinson ont permis d'identifier le comportement visqueux du matériau. Enfin des essais de traction quasi statique à basse température ont permis d'identifier l'influence de la température sur la réponse matériau.

La caractérisation du comportement à rupture été effectué avec des éprouvettes d'endommagement. De même, la DBTT et la rupture fragile ont été identifiés avec les essais Charpy sur anneau. L'ensemble de ces essais étant réalisés sur un matériau tubulaire, les éprouvettes conventionnelles, présentes dans la littérature, ont dû être adaptés à la géométrie tubulaire.

Une fois la caractérisation du comportement achevée, l'analyse de l'essai Charpy ainsi que l'analyse du générateur en fonctionnement ont été initiés. Ces analyses sont effectuées avec des outils de simulations numériques. Le fonctionnement du générateur de gaz ainsi que les essais Charpy sont simulés puis confrontés aux résultats expérimentaux.

Une fois l'analyse achevée, une corrélation sera effectuée entre les essais Charpy et le fonctionnement d'un générateur de gaz. Ainsi, la DBTT obtenue grâce aux essais Charpy, pourra être confronté à la probabilité de rupture fragile d'un générateur. La sévérité de l'essai Charpy, vis-à-vis d'un fonctionnement de générateur sera quantifiée. Enfin, un modèle de prédiction du risque de rupture fragile d'un générateur de gaz sera mis en

## **Publications et communications :**

2 conférences :

-DYMAT 2018 (Présentation + proceeding)

-ECF22 (Présentation)

Publication d'une version étendu du proceeding de DYMAT dans un journal.

Seconde publication souhaitée, mais pas encore prévue.

---

## **Projet professionnel :**

Après la fin du contrat, pas de possibilité d'embauche.

Recherche d'un contrat post doctoral. L'objectif est de publier et d'augmenter le nombre d'heures d'enseignement effectués.

L'objectif à plus long terme est d'obtenir l'HDR.

**NOM et Prénom :** CARTERON Loïc

**Email :** loic.carteron@ensta-bretagne.org

**Directeur de thèse :** CALLOCH Sylvain

**Co-directeur :** DOUDARD Cédric

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées

Laboratoire d'accueil : IRDL

Equipe : Durabilité des matériaux

Financement : CIFRE

Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Détermination rapide des propriétés en fatigue à grand nombre de cycles d'assemblages soudés à partir d'essais d'auto-échauffement sous sollicitations cycliques : influence du parachèvement

## **Résumé**

Welded joints are favoured locations for fatigue crack initiation. But fatigue tests appear to be very cost and time consuming as it requires numerous samples. The development of a rapid methodology for fatigue assessment of welded assemblies is then of industrial interest and may also allow to further investigate the influence of material, load ratio or loading history. Since several decades, more and more studies are conducted on the use of thermography as a fast technic for fatigue assessment. The method consists in monitoring the specimen temperature during cyclic loading. Self-heating temperature is extracted from experimental data and endurance limit can then be estimated thanks to empirical post-treatment or models. In the present study, the method has been experimented on single section homogeneous specimen made of marine grade steel. The work aims then at extending the thermography approach to the fatigue assessment of welded assemblies.

## **Publications et communications :**

Colloque National MécaMat : "Matériaux Numériques Microstructures et comportements thermomécaniques" Aussois janvier 2018

---

## **Projet professionnel :**

R&D dans l'industrie



**NOM et Prénom :** CHEN Chuan  
**Email :** chuan.chen@insa-rennes.fr  
**Directeur de thèse :** Damien Rangeard  
**Co-directeur :** Arnaud perrot  
**Co-encadrant 1 :**  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Institut National des Sciences Appliquées Rennes  
**Laboratoire d'accueil :** LGCGM  
**Equipe :** MTRhéo  
**Financement :** Boursier étranger  
**Spécialité :** Génie civil

**Titre de la thèse :** Rheological behaviour of firm mineral suspensions - Application to concrete extrusion

### **Résumé**

Firm mineral suspensions exhibit a complex rheological behaviour. Due to liquid filtration through the granular skeleton, the behaviour is time and load history dependent. The behaviour of the material may be governed by colloidal interactions or by the friction between particles. The friction mobilization between particles is directly linked to the pore pressure. The pore pressure generation is a function of the competition between the loading rate and the velocity of liquid filtration. The first aim of this study is to build a model able to describe the transition from the initial colloidal-type behavior to the frictional-type behavior. Then, the model may be applied to the case of concrete extrusion. During such process, required for example for concrete 3D printing, liquid filtration may occur leading to a change of the material behavior. The new model may be an interesting tool for optimizing the extrusion process. A numerical simulation of the concrete extrusion flow must be performed using the finite element method.

### **Publications et communications :**

1.C. Chen, D. Rangeard, A. Perrot. EXTRUSION FLOW MODELING OF CONCENTRATED MINERAL SUSPENSIONS.

### **Projet professionnel :**

The proposed subject aims to describe the hydro-geo-mechanical behavior of mineral suspensions used in the field of civil engineering. The main objective is to develop, based on a comprehensive experimental study, a model that describes the behavior of this type of materials, from very liquid to solid state. The developed model will be applied to the extrusion of cement-based material.

**NOM et Prénom :** CHEVILLOTTE Yoan

**Email :** yoan.chevillotte@ensta-bretagne.org

**Directeur de thèse :** MARCO Yann

**Co-directeur :** DAVIES Peter

**Co-encadrant 1 :** BLES Guilhem

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées

Laboratoire d'accueil : IRDL

Equipe : MMA

Financement : Autre

Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Caractérisation du comportement mécanique à long terme et durabilité de câbles d'ancrage en polyamide pour éoliennes flottantes

### **Résumé**

Pour développer des ancrages maritimes pour des faibles profondeurs (entre 50 et 100 m) à faible coût, l'utilisation de câbles synthétiques (plastique) plus souples est requise. Cependant le déploiement de ceux-ci pour des ancrages permanents est pour le moment impossible par manque de données sur leur tenue mécanique.

En effet, l'utilisation de ces matériaux est conditionnée par la connaissance de son comportement, qui permet par exemple de dimensionner la structure et de prévoir les risques de rupture.

Ce sujet de thèse vise la qualification de câble en polyamide en milieu aqueux sur des essais à court et long termes, afin de permettre de proposer une modélisation du comportement du câble à des sollicitations mécaniques et aussi une qualification sur la durée de vie de ces câbles en fatigue.

### **Publications et communications :**

Présentation orale prévu au congrès international de Fatigue 2018 à Poitiers.

---

### **Projet professionnel :**

Poursuite dans l'étude en fatigue des matériaux.

**NOM et Prénom :** CHOUËT Agathe  
**Email :** agathe.chouet@oniris-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** CHEVALLIER Sylvie  
**Co-directeur :**  
**Co-encadrant 1 :** LOISEL Catherine  
**Co-encadrant 2 :** VILLECHIEN Caroline

**Etablissement :** ONIRIS  
**Laboratoire d'accueil :** GEPEA  
**Equipe :** GPA  
**Financement :** CIFRE  
**Spécialité :** Procédés des Fabrication, Optimisation de Process

**Titre de la thèse :** Etude des interactions formulation ? structure - propriétés en lien avec le procédé de fabrication des tuiles apéritives.

## Résumé

Cette thèse répond à une problématique industrielle portant sur la variabilité de la production des tuiles apéritives amenant à des variations de la qualité organoleptique des produits et à des pertes de productivité.

La tuile est une pâte laminée frite dont la fabrication dépend fortement de sa matière première : la pomme de terre déshydratée. La composition et les caractéristiques physicochimiques de cette matière sont très variables car liées à de nombreux facteurs tels que les conditions de culture, la variété ou le processus de déshydratation.

Afin de pallier les variations biologiques et saisonnières des pommes de terre, il est donc primordial de comprendre leur rôle dans la mise en place de la structure du produit au cours de la fabrication et des qualités du produit fini qui en découlent (qualités organoleptiques et propriétés physico-chimiques).

La thèse en partenariat avec l'entreprise FRANDEX et le laboratoire GEPEA d'ONIRIS a donc pour objectif de définir et de comprendre les mécanismes intervenant au cours de la fabrication des tuiles ainsi que les liens existant entre la formulation et le produit. L'étude portera notamment sur la mise en place d'un système structuré entre l'amidon, composant majoritaire des pommes de terre, et les autres constituants.

La première partie de ce travail vise à étudier les phénomènes physico-chimiques et les transformations hydrothermiques survenant lors de la friture et du refroidissement des produits.

Dans un second temps l'objectif sera de mettre en relation la formulation, les transformations hydrothermiques et les caractéristiques physiques de la tuile.

## **Publications et communications :**

A ce jour aucune publication n'a été effectuée. En revanche, une publication est actuellement en travail pour être soumise en 3ème année.

Le sujet d'étude a été présenté lors de deux séminaires : le séminaire des doctorants de l'axe de recherche MAPS du GEPEA et le séminaire du laboratoire GEPEA.

La participation au congrès EFFoST est envisagée pour novembre 2018.

## **Projet professionnel :**

L'intérêt de la thèse CIFRE est de poursuivre dans la recherche privée.

L'objectif est donc de pouvoir prétendre à un poste de chargée de projet ou de chargée de recherche au sein du service de Recherche et Développement d'une entreprise agro-alimentaire

**NOM et Prénom :** COCAUD Julie  
**Email :** julie.cocaud@univ-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Frédéric Jacquemin  
**Co-directeur :** -  
**Co-encadrant 1 :** Sylvain Fréour  
**Co-encadrant 2 :** Amandine Céline

**Etablissement :** Université de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** GeM  
**Equipe :** E3M  
**Financement :** CIFRE  
**Spécialité :** Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Vieillessement humide de matériaux composites pour applications aéronautiques

## **Résumé**

Les matériaux composites à matrice polymère sont aujourd'hui communément employés pour des applications aéronautiques. Ces matériaux possèdent des propriétés mécaniques spécifiques très intéressantes, ce qui rend possible l'allègement des structures et donc une amélioration du rendement énergétique. Toutefois, l'environnement hygro-thermo-mécanique auquel sont soumises ces structures peut affecter leur durabilité. En effet, l'absorption d'eau par les matrices organiques hydrophiles peut entraîner non seulement une chute de la rigidité du réseau polymère, mais aussi un gonflement. Ce gonflement de la matrice, contrarié par les renforts hydrophobes, peut conduire à des efforts mécaniques internes considérables, pouvant se révéler préjudiciable pour la structure. Qui plus est, dans le cas de structures travaillantes, il peut y avoir un couplage entre le chargement mécanique imposé et la cinétique de diffusion : il est alors nécessaire d'employer des approches hygro-mécaniques couplées afin de comprendre et d'expliquer la dépendance de la cinétique de diffusion vis à vis des états mécaniques internes.

L'objectif de la thèse est de définir un modèle permettant de simuler le phénomène de vieillissement humide, avec et sans contraintes mécaniques, pour des structures composites. L'application principale visée concerne le vieillissement humide des pales d'hélicoptères. Ces dernières sont composées de plusieurs matériaux (composites à matrice époxy, colles, peintures, mousses, bord d'attaque métallique). Ainsi, une attention particulière sera portée à la prise en compte des interfaces entre ces différents matériaux pour la prédiction du phénomène de vieillissement humide. Les travaux s'appuieront également sur des résultats obtenus à partir de pales en fin de vie.

Le projet s'articule autour de quatre grandes parties. La première étape consiste en une étude bibliographique portant majoritairement sur les modèles hygro-mécaniques découplés et couplés. Dans un second temps, est effectuée une campagne expérimentale de caractérisation des propriétés diffusives et mécaniques en cours de vieillissement. Cette campagne se déroule en plusieurs étapes, correspondant aux différentes échelles des matériaux étudiés. Il est en effet important de commencer par une caractérisation des résines seules, afin de pouvoir comprendre ce qui se passe à l'échelle des matériaux composites en effectuant dans un second temps, une campagne sur ces derniers. Aussi, afin de pouvoir étudier et modéliser le phénomène de diffusion d'eau à l'interphase entre deux matériaux, des essais seront également réalisés sur des assemblages bi-matériaux, ainsi qu'une section de pale. La troisième étape est dédiée au développement d'un outil numérique capable de simuler le vieillissement d'un empilement multi-matériaux représentatif d'une pale et son comportement au long terme. En effet, la thèse est une thèse CIFRE financée par l'éditeur de logiciel ESI Group. Une des demandes du partenaire est de mettre en place une stratégie de modélisation du problème de diffusion via leur logiciel Virtual Performance Solution (VPS). Enfin, le dernier point permettra de comparer les résultats issus de l'outil numérique développé à une caractérisation de pales en fin de vie.

## **Publications et communications :**

- Une communication sous forme de poster aux Journées Nationales sur les Composites 2017 (JNC20), conférence française ayant eu lieu à Champs-sur-Marne du 28 au 30 juin 2017. (Titre : Vers une méthodologie d'identification des paramètres de diffusion d'eau dans les polymères et composites ; co-auteurs : Amandine Céline, Sylvain Fréour, Frédéric Jacquemin.)
- Un abstract soumis pour une communication orale à l'ECCM18 (European Conference on Composite Materials), conférence internationale ayant lieu à Athènes du 24 au 28 juin 2018.
- Une publication en cours de rédaction.

## **Projet professionnel :**

Ayant été ingénieur calcul durant 9 mois avant ma thèse et effectuant désormais une thèse CIFRE en collaboration avec deux groupes industriels, je pense m'orienter, après ma thèse, vers un futur de docteur ingénieur R&D en entreprise privée.

**NOM et Prénom :** COLSON Valentin

**Email :** v.colson@cavac.fr

**Directeur de thèse :** LANOS Christophe

**Co-directeur :** JADEAU Olivier (entreprise)

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Université Rennes 1

Laboratoire d'accueil : LGCGM

Equipe : MT Rhéo

Financement : CIFRE

Spécialité : Génie des Matériaux

**Titre de la thèse :** Panneaux composites bio-sourcés destinés à l'isolation des bâtiments : caractérisation des ressources et procédé de production

## Résumé

Les produits envisagés reposent sur la réalisation d'un composite associant un granulats bio-sourcé à un liant assurant le collage entre particules. L'ensemble doit être compatible avec un procédé de production de type industriel. Les produits envisagés doivent être rigides et peuvent participer à l'enveloppe isolante thermique d'un bâtiment.

Le début de la thèse s'est focalisé sur la caractérisation des différentes matières premières bio-sourcées accessibles pour l'entreprise, ce qui a permis d'alimenter une base de données et d'orienter le choix des matières premières nécessaires au développement des produits. La seconde tâche importante a été la formulation d'un liant biosourcé répondant aux contraintes du process industriel (température, pression, durée du process). Cette démarche a consisté à réaliser un balayage rapide d'un grand nombre de formulations. La caractérisation des performances mécaniques, thermiques et hydriques des composites a permis d'identifier un liant présentant les meilleurs compromis qui a été retenu pour l'étude de la transposition industrielle.

En dehors des essais de production de panneaux rigides à l'échelle du laboratoire selon un procédé phasé (compression puis cuisson), des essais de fabrication continue de panneaux rigides ont été menés sur le four industriel de Cavac Biomatériaux. Ces essais ont permis d'identifier les critères de sélection des formulations des liants ainsi que les paramètres critiques de la mise en forme (pression, T°C, teneur en eau etc.). Le four continu disponible à Cavac Biomatériaux ne s'avère pas adapté à la production de panneaux rigides isolants.

Après une analyse de différents outils de production potentiellement exploitables pour réaliser des panneaux rigides, des essais de fabrication concluants ont été menés sur une presse thermo-chauffante de laboratoire permettant de synchroniser compression et cuisson mais toujours sur un procédé phasé.

Le passage à un procédé industriel continu a été abordé. Des essais de prototypages ont ainsi été menés début juillet 2017 sur une chaîne de production continue (presse thermo chauffante continue) avec les formulations préalablement définies. Plusieurs étapes préparatoires à la fabrication industrielle ont pu être validées : le mélange et la formation du mat (mélange particules/colle) en continue sur la bande de convoyage. En revanche, l'étape de thermo-pressage continu n'a pas conduit à la cohésion attendue au sein des panneaux. Plusieurs problématiques liées à l'outillage mais aussi à la formulation ont pu être identifiées.

Un nouvel essai de prototypage a été mené début octobre 2017 sur un outillage industriel utilisant un procédé de thermo-pressage discontinu. En prenant en compte les résultats obtenus sur la presse continue, la formulation du matériau a été révisée pour éviter de rencontrer les mêmes problématiques. Ces essais ont abouti à la production de 80 panneaux rigides isolants qui sont en cours d'installation dans deux démonstrateurs afin d'évaluer leurs performances en conditions réelles d'exploitation notamment dans le cas d'une isolation thermique par l'extérieur (cadre du projet européen ISOBIO).

Les phases suivantes de la thèse se concentreront sur la compréhension de l'influence des paramètres de pressage sur les propriétés des panneaux, la réalisation de nouveaux essais de production à plus grande échelle et l'optimisation des formulations en fonction du procédé de fabrication et des applications visées.

## **Publications et communications :**

- Conference paper. 2nd International Conference on Biobased Building Materials (ICBBM 2017). Titre : ?Industrial scale-up of bio-based insulating panel production.? V.Colson, T. Le Cunff, O. Jadeau, C. Lanos.
- Présentation en conférence internationale réalisée le 23/06/2017 sur cette thématique à l'ICBBM 2017 (Second International Conference on Biobased Building Materials ICBBM/ECOGRAFI 2017), Clermont-Ferrand.
- Présentation internationale réalisée le 21/11/2017 au Workshop ISOBIO « Eco-materials for low-carbon construction » à ACCIONA, Madrid, Espagne.

## **Projet professionnel :**

Mon projet professionnel au travers de cette thèse est de devenir un expert dans la formulation et la transposition industrielle de la production de matériaux biosourcés et de continuer chez CAVAC Biomatériaux en tant qu'ingénieur de recherche et développement.

**NOM et Prénom :** CONGARD Yoann  
**Email :** yoann.congard@ensta-bretagne.org  
**Directeur de thèse :** Arbab Chirani Shabnam  
**Co-directeur :** Calloch Sylvain  
**Co-encadrant 1 :** Saint-Sulpice Luc  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées  
**Laboratoire d'accueil :** IRDL  
**Equipe :** Comportement et durabilité des matériaux  
**Financement :** CIFRE  
**Spécialité :** Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Détermination de la durée de vie en fatigue oligocyclique des instruments endodontiques en alliage à mémoire de forme Nickel-Titane à partir de méthodes simplifiées

### **Résumé**

De nombreuses applications industrielles utilisent les alliages à mémoire de forme pour leurs propriétés spécifiques. Cette classe de matériau est particulièrement employée pour les instruments endodontiques utilisés pour dévitaliser une dent infectée par une carie. Cependant, des ruptures en services de ces instruments surviennent au cours de l'opération de dévitalisation réalisé par le praticien. Une des origines de défaillance de l'instrument est attribuée au phénomène de fatigue à faibles nombres de cycles sous chargement de flexion rotative. L'objectif de ce travail est de proposer au partenaire industriel un outil numérique de prédiction de la durée de vie des instruments endodontiques vis-à-vis de la fatigue oligocyclique.

La méthode des éléments finis est couramment utilisée pour prédire la réponse mécanique sous chargement cyclique. Dans le cadre de la fatigue oligocyclique, la méthode des éléments finis non-linéaire permet notamment de prédire le comportement de plasticité ou de transformation de phase du matériau en tous points de la structure. Cependant, cette méthode numérique a pour principal inconvénient d'être chronophage en temps de calcul. C'est la raison pour laquelle une seconde approche, basée sur une méthode simplifiée du type Neuber [Neuber, 1961], sera développée. Ces méthodes sont applicables dans des configurations pour lesquelles le phénomène de comportement non-linéaire se produit de façon confinée dans la structure étudiée. Ces approches simplifiées permettent alors de prévoir la réponse local non-linéaire cyclique du matériau au(x) point(s) critique(s) de la structure à partir des résultats d'un calcul élastique par éléments finis. Ces méthodes sont basées sur la théorie de transition d'échelle et de localisation [Herbland, 2009], [Darlet, 2014]. Après avoir estimé localement la réponse cyclique, on applique un critère de fatigue oligocyclique adapté au comportement du matériau pour prévoir la durée de vie. Cette seconde approche permet d'éviter la réalisation de calculs éléments finis 3D non-linéaires. Elles sont donc tout à fait intéressantes et mieux adaptées dans un contexte industriel. Il est à noter que ces deux approches seront validées à partir de résultats de campagne d'essais de fatigue à faible nombre de cycles réalisés sur éprouvettes et sur structures.

H. Neuber, Theory of Stress Concentration for Shear-Strained Prismatical Bodies With Arbitrary Nonlinear Stress-Strain Law. Transactions of the ASME, pp. 544-550, 1961.

A. Darlet, Estimation rapide en surface de la triaxialité des contraintes et de la plasticité : application aux disques et aux aubes de turbine des turboréacteurs. Thèse de doctorat. École Normale Supérieure de Cachan, 2014.

T. Herbland, Une méthode de correction élastoplastique pour le calcul en fatigue des zones de concentration de contraintes sous chargement cyclique multiaxial non proportionnel. Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2009.

### **Publications et communications :**

---

### **Projet professionnel :**

Recherche d'un poste d'ingénieur en mécanique des matériaux dans l'industrie.



**NOM et Prénom :** COSTES Clément  
**Email :** clement.costes@ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** VERRON Erwan  
**Co-directeur :** SIGRIST Jean-François  
**Co-encadrant 1 :** CORET Michel  
**Co-encadrant 2 :** LE LAY Frédéric

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes  
Laboratoire d'accueil : GeM  
Equipe : PMM  
Financement : CIFRE  
Spécialité : Génie des Matériaux

**Titre de la thèse :** Modélisation du comportement de colles élastomères pour l'optimisation et la fiabilisation d'assemblages collés en construction navale

## Résumé

L'objectif industriel de la thèse est de permettre la mise en place d'un outil de dimensionnement théorique au choc adapté à une colle souple polymère modifiée silane (MSP) dans l'idée de généraliser la méthode à de nouvelles colles utilisées sur des navires.

Les objectifs scientifiques sont de définir et éprouver un modèle viscoélastique en grandes déformations pour des sollicitations complexes de chocs impliquant de larges spectres de déformations et de vitesses de déformations.

En première année, plusieurs axes de travail ont été empruntés. Le premier consiste à dresser un bilan des essais jusqu'alors réalisés sur la colle MSP. Ces essais vont des chocs mécaniques sur structures lourdes (200 kg) jusqu'aux essais quasistatiques en passant par des essais d'Analyse Mécanique Dynamique (DMA). Parallèlement, quelques essais physico-chimiques ont été menés pour déterminer la masse volumique et le taux de charges minérales de la colle MSP. Le travail théorique s'est concentré sur d'une part les modèles hyperélastiques classiques et d'autre part les modèles de viscoélasticité en petites déformations tant classiques que fractionnaires.

Sur le plan expérimental, la deuxième année a été consacrée à la réalisation d'essais de relaxation de contraintes d'une part (hyperviscoélasticité) et de DMA d'autre part. Sur le plan théorique, les modèles fractionnaires en petites déformation ont été approfondis et un algorithme de reconstruction de courbes maîtresses a été développé pour pouvoir exploiter correctement les essais de DMA. Par ailleurs et grâce à la DMA, l'effet Payne a été mis en évidence sur la colle chargée étudiée. La prise en compte de cet effet n'est pas encore tranchée car elle complexifie grandement la modélisation. Une partie du temps a été consacrée à l'étude de modèles hyperviscoélastiques. En particulier, quelques développements récents de modèles hyperviscoélastiques fractionnaires constituent la base du modèle envisagé pour la 3ème année.

Pour le début de 3ème année, expérimentalement, les efforts ont été dirigés vers la conception et réalisation d'essais laboratoire de choc (sur petite maquette). Des essais préliminaires réalisés au CRED à l'ECN donnent des résultats concluants et constituent un objectif d'essais de dernière année au CRED. En parallèle, 12 maquettes collés tenant chacune 20 kg suspendus ont été dimensionnées et réalisées à Naval Group. Ces maquettes constituent les essais massifs représentatifs de l'application et permettront la comparaison essais calculs. Ces essais sont prévus pour juin 2018.

La suite de l'année va donc se poursuivre par la réalisation de ces deux séries d'essais sur le plan expérimental. Sur le plan théorique le défi est de réaliser les applications numériques des modèles fractionnaires hyperviscoélastiques et de comparer les résultats obtenus avec les résultats expérimentaux pour discuter la pertinence de ceux-ci dans le manuscrit. Enfin, la suite de l'année va essentiellement être composée de la rédaction du manuscrit à partir de mi-mai prochain.

Concernant les publications, il est prévu d'en réaliser une sur l'algorithme de reconstruction de courbes maîtresses de DMA.

### **Publications et communications :**

Caen, 12/05/2016, SF2M Ouest, poster : Comportement dynamique d'un mastic adhésif hybride polymère pour applications navales

Marseille, 27/05/2016, Elastomères 2016, poster : Comportement dynamique d'un mastic adhésif hybride polymère pour applications navales

Nantes, 06/04/2017, SF2M Ouest, poster : Algorithme automatique séquentiel d'identification temps-température pour la DMA

Munich, 28-31/08/2017 ECCMR, poster & papier et présentation orale : Sequential automated time-temperature algorithm for Dynamic Mechanical Analysis

C. Costes, F. Le Lay, E. Verron, M. Coret & J.F. Sigré

### **Projet professionnel :**

1) Continuer à Naval Group dans mon laboratoire de recherche et développement dans le domaine de la colle. Il est possible que j'obtienne un travail dans mon actuelle équipe mais cette question sera traitée plus tard.

2) Trouver un emploi ailleurs autour de Nantes dans le domaine du collage, des matériaux, de la mécanique ou bien dans la modélisation de transfert thermiques.

3) Projets personnels

**NOM et Prénom :** DALEMAT Marie

**Email :** marie.dalemat@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Michel Coret

**Co-directeur :** Erwan Verron

**Co-encadrant 1 :** Adrien Leygue

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : PMM

Financement : Allocation MESR

Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Un premier pas vers la mécanique des matériaux sans lois de comportement : application à l'hyperélasticité

## Résumé

L'objectif de la thèse est démontrer la faisabilité d'un changement de paradigme dans la mécanique des matériaux : se passer de lois de comportement paramétriques. Classiquement, des modèles, souvent phénoménologiques, qui lient les contraintes et les déformations, sont nécessaires aux simulations. Leur mise en œuvre numérique peut être coûteuse et une identification robuste des paramètres de ces modèles est parfois difficile. L'émergence récente des algorithmes dits « data-driven » offre la possibilité d'échantillonner la réponse d'un matériau autrement, à partir d'une grande quantité de données, parmi lesquelles sera identifiée la réponse du matériau. Notre étude utilise l'algorithme de Leygue et al. [CMAME 2018] qui permet d'identifier des couples contraintes-déformations à partir d'essais « riches » (la définition de cette « richesse » étant un objectif de la thèse) en considérant les équations d'équilibre et de compatibilité mais pas de modèle de comportement. On s'intéresse à la réponse non linéaire (grandes déformations et non-linéarité matérielle) mais réversible, caractéristiques de la réponse élastique des élastomères ; ce choix permet d'« encadrer la complexité » du problème (ni trop ni trop peu). La première partie de ma thèse s'intéresse à la validation de l'algorithme suscité avec des données expérimentales réelles, ce qui nécessite une bonne maîtrise des machines d'essais et une compréhension approfondie de l'algorithme. On y montre que la qualité des résultats d'identification dépend largement du choix de la géométrie (plaque trouée, croix, etc.), du matériau (silicone chargé ou non) et du type de sollicitation (traction uniaxiale ou biaxiale). La deuxième partie de la thèse se focalisera sur la notion de « richesse » des essais afin de parvenir à de meilleurs résultats d'identification. Finalement, l'utilisation d'une machine d'essais originale, un hexapode permettant de piloter les six degrés de liberté, est prévue pour enrichir la base de données expérimentale en y ajoutant de la multiaxialité, ce qui permettra d'améliorer encore la robustesse de la méthode.

Leygue, A., Coret, M., Réthoré, J., Stainier, L. & Verron, E. Data-based derivation of material response. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* 331, 184-196 (2018).

## **Publications et communications :**

Dalemat M, Coret M, Leygue A, Verron E. A new approach to identify constitutive equations for elastomers combining heterogeneous experiments and data-driven algorithms. Poster presented at: 10th European Conference on Constitutive Models for Rubbers; 2017, August 28-31; Munich, Germany. (Prix du meilleur poster)

Dalemat M, Coret M, Leygue A, Verron E. Experimental validation of a stress identification algorithm without constitutive equations. Presented at: 16th European Mechanics of Materials Conference; 2018, March 26-28; Nantes, France.

## **Projet professionnel :**

J'envisage de rejoindre un centre de recherche dans le secteur privé. Mes travaux peuvent intéresser les industriels comme Saint-Gobain ou Michelin. Les connaissances que j'ai acquises en mécanique (Elements Finis non linéaires, lois de comportement), pour la réalisation d'essais et l'utilisation de codes complexes pourront pallier le peu d'expérience industrielle consécutive à une thèse académique

**NOM et Prénom :** DECAMP Antoine

**Email :** antoine.decamp@etu.univ-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Pruvost Jérémy

**Co-directeur :** Aucun Co-directeur

**Co-encadrant 1 :** Gonçalves Olivier

**Co-encadrant 2 :** Grizeau Dominique

**Etablissement :** Université de Nantes

**Laboratoire d'accueil :** GEPEA

**Equipe :** BAM

**Financement :** ANR

**Spécialité :** Génie des Procédés et Bioprocédés

**Titre de la thèse :** Optimisation de la production de polysaccharides de microalgues en photobioréacteur

## Résumé

Les polysaccharides produits par les micro-organismes photosynthétiques présentent une diversité et des propriétés exclusives pour les industries pharmaceutiques, cosmétiques et agroalimentaires (propriétés rhéologiques, dermo-cosmétiques?).

POLYSALGUE est un projet visant à identifier les souches productrices de polysaccharides solubles, à caractériser les propriétés structurales et fonctionnelles de ces polymères (activité biologique, structure et propriétés physique) et à en optimiser la production.

Afin de répondre à ces objectifs, le projet réunit un consortium de partenaires industriel (Algosource technologie) et académiques :

-l'Institut Pascal (UMR 6602 - Gepeb) : coordinateur du projet, participe à l'identification des souches productrices de polysaccharides et à la caractérisation de la composition fine des polymères.

-la banque de souches de la station biologique de Roscoff (Roscoff Culture Collection ? RCC).

-le LIENSs (UMR 7266 - Littoral ENvironnement et Sociétés) : détermination des propriétés biologiques des polymères osidiques.

-le PBS (UMR 6270 - Polymères- Biopolymères-Surfaces) : propriétés physiques et structure des polymères.

-le GEPEA (UMR CNRS 6144 - Génie des Procédés Environnement et Agroalimentaire) : criblage des souches sélectionnées, optimisation des conditions de culture, modélisation et passage en pilote semi-industriel.

Dans un premier temps les travaux menés au GEPEA se sont focalisés sur la mise en place des outils méthodologiques et la détermination des paramètres de forçage physiologique favorisant l'accumulation de ces exo-polysaccharides. *Porphyridium cruentum* a été sélectionnée comme modèle biologique pour cette première phase des travaux, car c'est une micro-algue connue pour sa capacité à produire des polysaccharides sous forme libres (RPS : released polysaccharide) et sous forme liées à sa paroi (BPS : bound polysaccharide).

Afin d'optimiser la production en polysaccharide, *P. cruentum* a été soumise à trois méthodes de forçage physiologique (stress lumineux, carence azotée et vieillissement cellulaire). Au cours de cette étude, les teneurs en BPS, RPS, pigments et amidon ont été suivies. La composition du polymère a été également étudiée dans le but d'identifier l'impact des méthodes de forçage sur ses teneurs en oses neutres et acides et donc sur la qualité des polymères.

De plus, une étude de l'effet de la salinité sur les performances de la souche a été menée dans le but d'évaluer l'impact de ce facteur sur *P. cruentum* (accumulation en polysaccharides, productivités cellulaires?).

Les méthodes de forçages physiologiques ne semblent pas impacter la structure des RPS, cependant la lumière est un paramètre permettant de générer une plus forte quantité de polymère. La salinité présente un fort impact sur le comportement de *Porphyridium cruentum*, en effet, la teneur en LWC (oligosaccharides intracellulaires de faibles masse moléculaire) semble pilotée par l'augmentation de la salinité, démontrant leurs rôles en tant que régulateurs osmotiques. De plus, la productivité spécifique en amidon semble inversement corrélée à la productivité en biomasse, ce résultat semble indiquer que la productivité spécifique en amidon serait plutôt pilotée par un paramètre lié à la lumière (tout comme la manipulation sur le stress lumineux laisse à penser). La teneur en BPS reste constante mais pourra, à l'avenir, être augmentée via l'optimisation du paramètre lumière au sein des photobioréacteurs.

## **Publications et communications :**

Aucune publications ou communications

## **Projet professionnel :**

Chercheur/Ingénieur de recherche du secteur privé

**NOM et Prénom :** DOUTEAU Louis

**Email :** louis.douteau@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** COUPEZ Thierry

**Co-directeur :** /

**Co-encadrant 1 :** ROCHA DA SILVA Luisa

**Co-encadrant 2 :** GILLOTEAUX Jean-Christophe

**Etablissement :** Ecole Centrale de Nantes

**Laboratoire d'accueil :** ICI

**Equipe :** /

**Financement :** Allocation Région ou Département

**Spécialité :** Mécanique des Milieux Fluides

**Titre de la thèse :** Simulation numérique d'éolien flottant

## Résumé

Depuis quelques années, la demande en électricité renouvelable a augmenté significativement. Dans ce contexte, les filières de production d'énergies renouvelables se sont rapidement développées. Dans le même temps, l'éolien a atteint un niveau de maturité tel que les parcs éoliens onshore et offshore posés se sont multipliés. Aujourd'hui, la recherche de vents plus forts et plus constants poussent les acteurs du domaine à se tourner vers le développement de parcs éoliens flottants. Les coûts associés à la réalisation de telles machines sont encore élevés et doivent être optimisés. Un des leviers pour la réduction des coûts est la modélisation numérique. Le développement d'outils numériques permettant une prédiction fine du comportement de ces structures en mer va permettre une meilleure prise en compte des différents chargements mécaniques. L'accès à des résultats précis va tendre à réduire les coefficients de sécurité

liés au dimensionnement de ces éoliennes, et ainsi contribuer à la réduction des coûts de CAPEX.

Ce travail concerne le développement d'une méthodologie pour la simulation directe de plusieurs éoliennes flottantes, avec une modélisation exacte et précise de ses composantes (par exemple, ses pales). La base logicielle utilisée est la bibliothèque ICI-Tech, développée au sein de l'Institut de Calcul Intensif (ICI) de l'Ecole Centrale de Nantes. Une approche monolithique est utilisée, avec un unique maillage dans la simulation, où les différentes interfaces sont définies par des fonctions de phase. La résolution des équations de Navier-Stokes est alors faite à l'aide d'éléments finis stabilisés, en utilisant le formalisme Variational Multi-Scale (VMS). Pour réduire grandement les coûts de calcul usuellement requis pour modéliser précisément des éoliennes, où des phénomènes d'ordres de grandeurs très diverses sont observés, une procédure d'adaptation de maillage anisotrope permet d'obtenir des mailles de taille variable et adaptées aux phénomènes observés partout dans le domaine de calcul.

## **Publications et communications :**

- participation au congrès français de mécanique 2017 (CFM)
- participation au séminaire de doctorants organisé par l'EAWC (EAWC PhD Seminar 2017)
- papier résumant les techniques d'adaptation de maillage utilisées dans le cadre de la thèse en cours de rédaction, en collaboration avec Nesrine AISSA

---

## **Projet professionnel :**

Finir ma thèse, et on verra ensuite

**NOM et Prénom :** DUMONT Vincent  
**Email :** vincent.dumont@ensta-bretagne.org  
**Directeur de thèse :** THEVENET David  
**Co-directeur :** /  
**Co-encadrant 1 :** BADULESCU Claudiu  
**Co-encadrant 2 :** STAMOULIS Yiorgos

Etablissement : Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées  
Laboratoire d'accueil : IRDL  
Equipe : MECA  
Financement : CIFRE  
Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Collages verre-métal de haute fiabilité pour applications spatiales optiques et optroniques

## Résumé

Le collage structural est une méthode d'assemblage de plus en plus utilisée dans divers secteurs de l'industrie (aéronautique, spatial, automobile,...) du fait des avantages qu'elle présente. En effet, il est possible de facilement réaliser des assemblages multi-matériaux, dont certaines pièces ne supporteraient pas le boulonnage ou le soudage par exemple. Par ailleurs, le collage structural permet grandement réduire la masse des assemblages mécaniques, faisant de cette technologie une des clés de la réduction de la consommation énergétique des moyens de transports.

Cela étant, les adhésifs utilisés, pouvant être de différentes familles (epoxy, métacrylates,...), sont des matériaux dont les comportements sont complexes, avec par exemple des phénomènes visqueux observables macroscopiquement. Dans le cas d'une modélisation fine du comportement de tels assemblages collés, ces phénomènes doivent être pris en compte, au moyen de lois de comportement adéquates. Ces lois peuvent être plus ou moins élaborées, selon le degré de complexité des phénomènes que l'on cherche à retranscrire. Une loi viscoélastique-viscoplastique spectrale a été développée au sein du laboratoire pour décrire ce genre de matériaux fortement visqueux, et plus particulièrement les adhésifs epoxy bi-composants, dont fait partie l'adhésif retenu par l'industriel porteur du projet de thèse. Les paramètres de cette loi ont été identifiés lors de la première année de thèse, en se basant sur les résultats de campagnes expérimentales conçues en conséquence. Le besoin de l'industriel passant par la connaissance des propriétés de l'adhésif en fonction de la température, ces essais ont été réalisées à 3 températures différentes, couvrant l'intervalle d'utilisation du produit final.

Si cette loi est pour l'instant capable de décrire le comportement du matériau sous sollicitation (en termes de contraintes et de déformations), aucune information n'est donnée concernant la propagation des fissures et la rupture. Ainsi, des campagnes complémentaires ont été réalisées pour déterminer la ténacité de l'adhésif, à température ambiante seulement pour l'instant. Ces informations, couplées avec la loi de comportement déterminées précédemment, sont en mesure d'être mise en forme et implémentées de manière à obtenir une description fidèle de l'adhésif du début de sa sollicitation à sa rupture.

Une étude en fatigue sera réalisée prochainement sur des assemblages collés à température ambiante pour compléter la compréhension de l'adhésif sous sollicitations complexes.

Il est également prévu de se pencher sur des phénomènes plus fins, tels que les contraintes résiduelles pouvant être formées lors de la polymérisation, ainsi que sur l'influence des champs de porosités qui se créent lors de la mise en forme du joint de colle. Selon leurs impacts sur le comportement macroscopique, l'implémentation de ces phénomènes dans la loi de comportement sera étudiée.

## Publications et communications :

/

## Projet professionnel :

/

**NOM et Prénom :** DUPONT Samuel  
**Email :** samuel.dupont@univ-lemans.fr  
**Directeur de thèse :** Manuel Melon  
**Co-directeur :** Alain Berry  
**Co-encadrant 1 :** Bruno Brouard  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université de Maine  
**Laboratoire d'accueil :** LAUM  
**Equipe :** Transducteur  
**Financement :** Autre  
**Spécialité :** Acoustique

**Titre de la thèse :** Approche hémisphérique de méthode d'antennerie pour caractérisation de matériaux acoustique

## **Résumé**

Le traitement acoustique au moyen de matériaux absorbant tel que les mousses, tissus ou moquettes est utilisé dans de multiples domaines afin de d'absorber le son. Cela peut être dans un but de protéger les travailleurs et ainsi diminuer la nuisance sonore auquel ils sont exposés, dans un but de confort acoustique urbain pour les bâtiments, les voitures ou l'aéronautique, ou encore dans le but de dimensionner l'acoustique d'une salle (salle de concert, studio...). Ces matériaux absorbants n'ont cessés de se réinventer au travers des derniers siècles pour fournir une absorption toujours plus performantes, sur une large plage de fréquence.

Les traitement acoustiques sont aujourd'hui principalement caractérisés par leur coefficient d'absorption et/ou leur impédance de surface. Cette caractérisation est devenu un enjeu important dans les milieux industriels et les laboratoires de recherche. Ces valeurs permettent ensuite aux ingénieurs et aux chercheurs de concevoir, dimensionner ou sélectionner les matériaux absorbant en fonction de l'application.

Aujourd'hui, le besoin de caractériser toujours plus précisément et de manière fiable les matériaux absorbant est grandissant. On cherche en laboratoire à pouvoir comparer les différents matériaux absorbant et ainsi les améliorer, mais aussi hors laboratoire pour mesurer les performances du matériau acoustique in situ et ainsi comprendre l'influence du matériau en condition réelle.

La thèse s'inscrit dans ce contexte de caractérisation de matériaux absorbant, en ayant une approche de mesure d'antenne hémisphérique. Cette approche différente permet le développement de nouvelles techniques inspirées des méthodes sphériques, et notamment, de ses avantages en terme de représentation angulaire. L'hémisphère profitant de la même géométrie que le problème traité (le demi plan), on pourrait penser que les solutions développés seraient plus optimisées en coût de calcul et permettrait un système de mesure plus simple que la sphère de microphone.

Les enjeux sont de développer la théorie et les méthodes de caractérisation hémisphériques qui pourront dépasser les limitations existantes des méthodes communes de caractérisation. Les applications possibles se placeraient du laboratoire de recherche à la caractérisation en industrie. Ceci passe par l'étude approfondie des techniques sphériques existantes à savoir l'ambisonie, et de son adaptation possible pour le cas hémisphérique.

## **Publications et communications :**

none

---

## **Projet professionnel :**

Partir en industrie après la thèse



**NOM et Prénom :** DUPORT Chloé  
**Email :** chloe.duport@ensta-bretagne.org  
**Directeur de thèse :** JOCHUM Christian  
**Co-directeur :** JOCHUM Christian  
**Co-encadrant 1 :** LEROUX Jean-Baptiste  
**Co-encadrant 2 :** NEME Alain

Etablissement : Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées  
Laboratoire d'accueil : IRDL  
Equipe : Structures, fluides et interactions  
Financement : Union Européenne  
Spécialité : Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Modélisation avec prise en compte de l'interaction fluide-structure du comportement sous charge d'un cerf-volant pour la traction auxiliaire des navires

## Résumé

Ce sujet de thèse fait partie du projet 'beyond the sea' qui a pour but de développer un système de kite à boudins gonflables pour la propulsion auxiliaire de navires. L'objectif de ce travail est de prévoir la traction du cerf-volant en fonction de sa trajectoire et de la force du vent. Puisque les kites à boudins gonflables sont des structures souples, il est nécessaire de prendre en compte l'interaction fluide-structure (IFS). La vitesse du cerf-volant (et donc la traction émise et les efforts sur la structure) vont dépendre de sa géométrie (et donc de la déformation du cerf-volant en fonction des efforts).

Pour pouvoir utiliser cette IFS dans une première phase de design, les modèles doivent être peu coûteux en temps de calcul afin de pouvoir estimer rapidement la traction du kite et ses déformations en fonction du vent, de sa géométrie et de ses matériaux, de sa trajectoire, etc. On pourra ensuite utiliser des modèles plus complexes et plus fins sur les cas de chargement critique, où les déformations sont les plus importantes.

Pour estimer la traction du cerf-volant sur le navire en fonction du vent et de la géométrie du cerf-volant, un modèle fluide simplifié a été mis au point, basé sur la théorie de la ligne portante de Prandtl. Ce modèle a été comparé à des modèles plus complexes dans les différentes configurations de vols habituelles d'un cerf-volant et permet d'obtenir des résultats très satisfaisants de par sa simplicité et sa rapidité d'exécution par rapport aux modèles plus complexes.

La deuxième partie du travail a porté sur la création d'un modèle structure simplifié du cerf-volant. Le kite est découpé en cellules élémentaires composé de deux lattes, d'une section du boudin principal et de la toile correspondante, que l'on va remplacer par une poutre aux propriétés mécaniques équivalentes. Le but de ce modèle est d'être capable de déterminer la déformation du cerf-volant en fonction du chargement (i.e. du vent) qu'il perçoit. Ce modèle structure simplifié a ensuite été comparé à un modèle plus complexe mis au point également dans le cadre du projet.

Une boucle d'interaction fluide-structure (i.e. interaction entre les deux modèles) a été mise en place, en prenant en compte la longueur des lignes et le bridage du kite. Les résultats de cette boucle seront comparés à une autre IFS plus complexe développée dans le cadre du projet.

La dernière étape sera de représenter le kite en vol dynamique en prenant en compte l'interaction fluide-structure et de comparer les résultats obtenus (vitesse du kite, traction, etc) avec des résultats expérimentaux également obtenus dans le cadre du projet.

## **Publications et communications :**

Communication :

15èmes Journées de l'Hydrodynamique

7ème Airborne Wind Energy Conference

11ème conférence HIPER (High-Performance Marine Vehicles)

Article soumis :

Comparaison d'une méthode de ligne portante 3D non linéaire avec des simulations RANSE 3D, La Houille Blanche

## **Projet professionnel :**

Continuer dans le milieu de la recherche, plutôt industriel et dans le domaine maritime, de préférence sur la mécanique des fluides ou l'interaction fluide-structure.

**NOM et Prénom :** EL HACHEM Ziad  
**Email :** ziad.el-hachem@etu.univ-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** FREOUR Sylvain  
**Co-directeur :** CHALLITA George  
**Co-encadrant 1 :** CELINO Amandine  
**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Université de Nantes  
Laboratoire d'accueil : GeM  
Equipe : E3M  
Financement : Salarié  
Spécialité : Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Prise en compte du gonflement dans l'étude du vieillissement hygroscopique de matériaux composites à renforts naturels

## Résumé

Grâce à leur coût de production modéré et leurs propriétés mécaniques spécifiques élevées, les matériaux composites à matrice polymérique sont de plus en plus utilisés à la place des matériaux métalliques, dans de nombreux secteurs comme l'industrie aéronautique ou navale. Les fibres naturelles d'origine végétale, telle que le lin, possèdent les propriétés nécessaires (propriétés mécaniques spécifiques élevées entre autres) pour être employées comme renfort dans ce type de matériau en substitut des fibres de verre.

En milieu humide, ces fibres, principalement composées de cellulose, absorbent une grande quantité d'eau. Un gonflement anisotrope s'associe à cette absorption d'humidité et d'intenses champs de contraintes internes apparaissent au niveau du composite, durant la diffusion d'eau. Cela peut mener à une détérioration du matériau, particulièrement à l'interface fibre-matrice. Il est donc crucial de caractériser à la fois la reprise en eau et les variations dimensionnelles des composites renforcés par des fibres naturelles afin de prédire leur comportement à long terme.

Dans ce contexte, l'un des objectifs de cette thèse consiste à étudier l'effet du gonflement hygroscopique de bio-composites sur leur cinétique de diffusion. Une démarche expérimentale et numérique sera menée afin de caractériser et de calculer les déformations et contraintes de service générées par des sollicitations de natures hydriques et mécaniques. Des éprouvettes de résine pure feront l'objet de cette étude, ainsi que des composites avec 3 fractions volumiques de fibres de lin : 20, 40 et 60 %.

Les éprouvettes et les composites à 20 et 40 % de fibres ont été déjà mis au vieillissement humide dans des enceintes climatiques à 75 % et 95 % d'humidité relative et à une température de 22°C. Durant ce processus, des relevés gravimétriques réguliers au cours du temps ont permis de remonter à la fraction massique d'eau contenue dans les éprouvettes. La courbe obtenue de l'évolution de cette teneur en eau avec le temps constitue la cinétique de diffusion du matériau. De plus, afin de comprendre le phénomène de gonflement des matériaux, des mesures du gonflement hygroscopique ont été entreprises au cours du phénomène de diffusion. Des essais en analyse mécanique dynamique ont été également réalisés à différents stades du vieillissement, afin de suivre la variation du module mécanique et de la température de transition vitreuse au cours de la diffusion. Afin d'exploiter les cinétiques de diffusion obtenues expérimentalement et de mieux comprendre la diffusion de l'humidité locale dans les matériaux, un modèle de simulation de la diffusion a été mis en place. Il nous permet de remonter au coefficient de diffusion pour chaque matériau et à la teneur en eau locale au cours du temps et maximale à la saturation.

Pour remonter aux contraintes internes, il est maintenant nécessaire de réaliser le codage et la simulation numérique des déformations de nature hygro-mécanique se produisant au cours du vieillissement. De nouvelles campagnes de vieillissement humide vont être lancées, notamment sur les éprouvettes de polypropylène avec 60 % de fibres de lin. Un travail similaire sera mené sur la caractérisation du comportement des fibres unitaires de lin sollicitées à différentes conditions d'humidité relative. Suite à ces campagnes, on pourra alimenter un modèle diffusif multi échelle pour prédire le comportement du composite à partir des données connues sur tous ses constituant

## Publications et communications :

x

## Projet professionnel :

Après avoir obtenu mon diplôme de génie mécanique de l'Université Libanaise et durant mon M2R à l'UPMC, j'ai été exposé pour la première fois au monde innovant et intéressant de la recherche, qui m'a incité à poursuivre mes études doctorales en Génie Mécanique pour plus tard revenir au Liban et développer la recherche dans ce domaine. De plus, l'enseignement constitue une mission qui me passionne.

**NOM et Prénom :** ELHAJ Abdulkader

**Email :** abdul-kader.el-haj@etu.univ-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Soubra Abdul Hamid

**Co-directeur :** Al-Bittar Tamara

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Université de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : TRUST

Financement : Autre

Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Analyse probabiliste des fondations des éoliennes avec prise en compte de la variabilité spatiale tridimensionnelle

## **Résumé**

L'analyse et le dimensionnement des ouvrages en mer sont généralement effectués dans un cadre déterministe. Or, le degré d'incertitude lié d'une part au chargement (houle, vent, etc.) et d'autre part aux propriétés du sol marin, rend la prise en compte de la variabilité de ces paramètres d'entrée indispensable. L'objectif de ce projet est l'optimisation du dimensionnement des ouvrages en mer avec prise en compte de la variabilité spatiale des propriétés du sol et de la variabilité du chargement appliqué à ces ouvrages. On s'intéresse plus particulièrement à des fondations d'éoliennes.

Dans les approches déterministes en géotechnique, les valeurs moyennes des paramètres d'entrée sont utilisées sans prendre en compte les incertitudes de ces paramètres et sans considérer la structure de corrélation spatiale des propriétés du sol. A l'opposé, les approches probabilistes intégrant la variabilité spatiale des paramètres du sol permettent une meilleure estimation de la fiabilité de notre ouvrage. Dans ce travail, on s'intéresse à effectuer une analyse probabiliste pour des fondations d'éoliennes avec prise en compte de la variabilité spatiale tridimensionnelle des propriétés du sol.

L'étude déterministe des fondations d'éoliennes nécessite une analyse tridimensionnelle (3D) du fait du type de chargement complexe appliqué à la fondation (dû au vent et à la houle). Or, les problèmes déterministes 3D sont connus comme étant très gourmands en temps de calcul. Ceci présente un très grand frein à l'utilisation des méthodes probabilistes classiques type Monte Carlo. D'autre part, la prise en compte de la variabilité spatiale 3D augmente de manière significative le temps de calcul lors des analyses probabilistes. Dans le cadre de ce projet, on fournit pour ces cas d'études complexes une méthodologie fiable et efficace pour la propagation des incertitudes.

## **Publications et communications :**

Articles soumis dans les congrès:

54th ESReDA

IFIPWG7.5

---

## **Projet professionnel :**

Activités d'enseignement

1ère année de thèse:

vacataire (24 h de TP et 3 h de TD);

Participation à la jury des soutenances de stages L3 GC

2ème année de thèse:

vacataire (26 h de TP)

Participation à la jury des soutenances de stages L3 GC

Poste de Maître de Conférence après la thèse.

**NOM et Prénom :** EVEN Anaïs

**Email :** aeven@socomore.com

**Directeur de thèse :** Yves Grohens

**Co-directeur :** Guillaume Vignaud

**Co-encadrant 1 :** Nadia Gutter

**Co-encadrant 2 :** Philippe Tingaut

Etablissement : Université Bretagne Sud

Laboratoire d'accueil : IRDL

Equipe : Composites, nanocomposites, biocomposites

Financement : CIFRE

Spécialité : Génie des Matériaux

**Titre de la thèse :** Caractérisation fine des interfaces et compréhension des mécanismes d'inhibition de la corrosion dans le cadre de revêtements sol-gel hybrides appliqués sur alliages d'aluminium

## Résumé

Ce projet s'inscrit dans la thématique globale des remplacements des chromates dans les industries aéronautique et aérospatiale imposée par la législation REACH et dans la mise au point de solutions innovantes pour des gains de productivité. De nos jours, les primaires anticorrosion utilisés contiennent un taux élevé de Cr(VI), toxiques, afin d'assurer la protection contre la corrosion de, entre autres, tous les avions. Un revêtement et des procédés de mise en œuvre et d'application innovants pour la protection des structures aéronautiques ont été développés au cours d'une précédente thèse.

Les revêtements étudiés au cours de ce projet sont basés sur la technologie hybride sol-gel/polymère. Un système monocouche (2-en-1) pour remplacer le système de protection anticorrosion complet (anodisation + peinture primaire) est donc utilisé. Les procédés de mise en œuvre et d'application de ces revêtements sont des procédés robotisés. Les revêtements sont appliqués par pulvérisation, permettant de s'affranchir de traitements en bain, et sont polymérisés sous une lampe UV équipant un bras de robot. La polymérisation sous UV permet ainsi d'accroître la durée de vie de la formulation et de s'affranchir de l'utilisation de systèmes solvantés, mais aussi de réduire les temps de cycle puisqu'une polymérisation sous lampe UV dure quelques secondes contre plusieurs minutes pour un étuvage thermique.

L'objectif principal de la thèse est de mettre en évidence les mécanismes et de comprendre les phénomènes permettant d'apporter une protection contre la corrosion. En effet, en maîtrisant mieux la structuration des revêtements anti-corrosion et les mécanismes de diffusion des inhibiteurs, la durabilité du revêtement sera accrue. Ces performances ainsi mises en évidence permettront de faire la preuve de la simplification potentielle des opérations de maintenance. L'objectif principal de la thèse permettra la valorisation et la sécurisation d'une technologie en rupture avec les technologies actuellement utilisées.

L'objectif est d'étudier le revêtement qui constitue un réservoir d'inhibiteurs de corrosion par une caractérisation fine des interfaces et interphases et une compréhension des mécanismes d'inhibition de la corrosion. Pour cela, plusieurs travaux sont menés :

- Etude de la structuration aux interfaces et comportement physico-chimique des films de résine et des inhibiteurs (référence et nouvelle génération proposée). En particulier, un état de l'art a porté sur les techniques d'évaluation de la propriété anti-corrosion, sur les inhibiteurs de corrosion, sur l'adhérence des revêtements sol-gel au métal. Le vieillissement de ce type de revêtements pour la protection contre la corrosion a été étudié, ainsi que les moyens permettant d'évaluer les caractéristiques en lien avec cette capacité de protection (structuration chimique, ?).

- Etude des lois de diffusion de l'eau et de l'oxygène dans le film polymérisé (perméabilité) et études des lois de diffusion des inhibiteurs dans le film polymérisé

- Proposition de méthodes d'essais industriels de caractérisation du vieillissement du revêtement en conditions laboratoires représentative de l'environnement aéronautique (sollicitations, mécaniques, chimiques, climatiques, ?)

D'autres résultats sont attendus au cours de la thèse tels que la compatibilité des systèmes peintures avec le revêtement et l'étude du vieillissement du revêtement et du système complet en conditions critiques de fatigue.

## Publications et communications :

aucune

## Projet professionnel :

Une fois la thèse terminée, je souhaite être reconnue comme ingénieur spécialisé dans la technologie sol-gel ou bien dans les revêtements pour la protection contre la corrosion. Mon second objectif est l'accession à des postes à responsabilité dans la recherche et de développement dans l'industrie chimique.

**NOM et Prénom :** FAGUNDES GASPAROTO Henrique

**Email :** gasparoto@enib.fr

**Directeur de thèse :** BENBOUZID Mohamed

**Co-directeur :** SIQUEIRA MEIRELLES Pablo

**Co-encadrant 1 :** CHOCHRON Olivier

**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université Bretagne Occidentale

**Laboratoire d'accueil :** IRDL

**Equipe :** RSM

**Financement :** Salarié

**Spécialité :** Robotique - Mécanique

**Titre de la thèse :** Modélisation, Optimisation et Conception d'un Propulseur Magnéto-Couplé Reconfigurable pour la Robotique Sous-Marine

## Résumé

Ce projet de recherche vise à développer un nouveau système de propulsion pour les véhicules sous-marins (robots), qui devrait garantir l'étanchéité totale, une plus grande maniabilité et une meilleure efficacité. L'étanchéité parfaite doit être assurée par des accouplements magnétiques, qui permettent la transmission du couple à l'extérieur du robot, sans trous ni joints mécaniques sur sa coque. Une meilleure manoeuvrabilité devrait être obtenue grâce au système de propulsion reconfigurable, qui permet l'orientation de l'hélice, assurant ainsi plus de degrés de liberté pour chaque propulseur, ce qui réduit le nombre total de propulseurs requis pour conduire et diriger le véhicule, augmentant ainsi son efficacité. Ce système est appelé propulseur magnéto-couplé reconfigurable (PMCR) et il n'était pas encore possible d'être entièrement conçu et appliqué à un vrai robot sous-marin. Pour ce faire, un concept innovant doit être proposé avec des actionneurs appropriés, modélisés, optimisés, détaillés, fabriqués et testés. Pour une reconfiguration large de l'hélice, le nouveau PMCR devrait avoir trois degrés de liberté: un pour la transmission de puissance et deux autres degrés agissant pour orienter l'hélice. Le nouveau design devrait être modélisé paramétriquement avec ses actionneurs et son système de contrôle, compte tenu de son comportement mécanique et magnétique, composant un prototype numérique qui devrait être optimisé. Le modèle magnétique paramétrique utilisera la méthode qui peut être évaluée (calculée) le plus rapidement parmi : la méthode des éléments finis, la méthode des dipôles magnétiques équivalents, ou la méthode d'intégration des volumes finis. Le processus d'optimisation peut prendre en compte des méthodes évolutives telles que les algorithmes génétiques, déjà utilisés par notre équipe de recherche. Ainsi, un PMCR optimale devrait être atteinte pour les paramètres qui seront considérés. Le projet exécutif sera réalisé pour fabriquer, assembler, tester et valider cette nouvelle PMCR.

## Publications et communications :

- 1) H. F. Gasparoto, O. Chocron, M. Benbouzid, and P. S. Meirelles, "Magnetic design and analysis of a radial reconfigurable magnetic coupling thruster for vectorial AUV propulsion," in IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. Beijing: IEEE, Oct 2017, pp. 2876-2881.
- 2) H. F. Gasparoto, O. Chocron, M. Benbouzid, P. S. Meirelles, and L. O. S. Ferreira "Static Torque Analysis of a Flat Reconfigurable Magnetic Coupling Thruster for Agile AUVs" in IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Submitted.

## Projet professionnel :

Je souhaite continuer à enseigner après ma soutenance de doctorat, en recherchant un poste d'enseignant-chercheur. Dans le cadre de la recherche, j'ai l'intention de poursuivre le développement de nouveaux mécanismes magnéto-mécaniques, et d'étudier leurs possibilités d'application dans les prothèses et autres outils de réadaptation fonctionnelle.

**NOM et Prénom :** FAURE Florent  
**Email :** florent.faure@univ-ubs.fr  
**Directeur de thèse :** Perrot Arnaud  
**Co-directeur :** Lecompte Thibaut  
**Co-encadrant 1 :** Pimbert Sylvie  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université Bretagne Sud  
**Laboratoire d'accueil :** IRDL  
**Equipe :** PTR05  
**Financement :** CIFRE  
**Spécialité :** Génie civil

**Titre de la thèse :** Étude du vieillissement hygrothermique et sous UV de composites préparés à partir de polyéthylène haute densité et de différentes farines de fibres naturelles

## Résumé

Cette thèse est financée par l'entreprise Silvadec, producteur de lame de terrasse, bardage, etc. en bois composite. Les composites WPC sont constitués de farine de bois, polyéthylène haute densité et se développent de plus en plus dans l'industrie de la construction. On les trouve notamment sous forme de lame de terrasse ou de bardage. Ces produits d'extérieur nécessitent une bonne durabilité vis-à-vis des intempéries tels que la pluie, les UV... Cette thèse a deux objectifs principaux : étudier le comportement des composites face au vieillissement et substituer la farine de bois par d'autres farines végétales dans la composition des lames. Concernant le vieillissement des composites, le premier point est l'optimisation de la méthodologie de validation des produits. Silvadec utilise l'absorption d'eau des lames comme discriminant pour vérifier la conformité des nouvelles références. Le bois est un matériau hydrophile contrairement aux polyoléfiniques semi-cristallins classiques. Ainsi, l'absorption d'eau des composites est un facteur important à maîtriser afin d'assurer l'intégrité du composite WPC dans le temps. À l'échelle des particules de bois, celles-ci gonflent et provoquent l'apparition de contraintes internes qui créent des décohésions farine/matrice ainsi que des ruptures matricielles. À l'échelle des lames de terrasse, l'absorption d'eau se traduit par une dégradation irréversible par fissuration. Afin de valider un produit, les industriels utilisent des normes qui préconisent un vieillissement donnant des résultats non-significatifs sur un temps court (matériau non-saturé, absorption d'eau hétérogène?). Pour y remédier, différentes tailles d'échantillons usinés dans des lames ont été vieillis dans de l'eau. Une immersion à 60°C accélère la cinétique d'absorption par rapport à 23°C sans dégrader le composite. Toutes les tailles donnent une valeur d'absorption à saturation identique. Une diminution du volume d'étude diminue le temps pour atteindre la saturation alors qu'une augmentation permet d'observer les phénomènes de fissuration. Il est donc possible de déterminer et de comparer la durabilité des composites vis-à-vis de la prise en eau sur des temps courts tout en obtenant des résultats représentatifs du comportement intrinsèque du matériau. Cette méthode a permis la détermination d'un coefficient de diffusion qui reste le même indépendamment de la taille des échantillons. En comparaison avec les données de la littérature, il y a environ un facteur 10 avec la littérature. Ce facteur peut être dû au fait que les échantillons absorbent selon trois directions. En effet, le calcul du coefficient de diffusion prend en compte l'épaisseur de la direction principale de diffusion. Des essais d'absorption uni-axiale et sur des échantillons plats sont en cours pour confirmer cette hypothèse.

Le second volet de l'étude du vieillissement concerne la réalisation de cycles de vieillissement dans un délai court. La démarche consistera à appliquer un vieillissement mettant en jeu les UV, le gel/dégel et de la pulvérisation d'eau en atmosphère contrôlée. On suivra l'évolution des propriétés mécaniques, optiques, thermiques en fonction du temps sur un composite conforme et non-conforme tout en identifiant les mécanismes d'endommagement. Actuellement, l'enceinte de vieillissement équipée des UV et de la pulvérisation d'eau est en conception. La température et l'humidité de cette enceinte seront contrôlées avec une enceinte climatique extern

## **Publications et communications :**

Article: Properties of an industrial extruded HDPE-WPC: the effect of the size distribution of wood flour particles

Communications envisagées: AUGC 2018, Matériaux 2018

## **Projet professionnel :**

Du point de vue professionnel, je souhaite m'orienter vers l'industrie et plus précisément dans l'étude des composites dans les domaines qui pourront me le permettre.



**NOM et Prénom :** FNEICH Fatima  
**Email :** fatima.fneich@univ-brest.fr  
**Directeur de thèse :** AUBRY Thierry  
**Co-directeur :** pas de co-directeur  
**Co-encadrant 1 :** VILLE Julien  
**Co-encadrant 2 :** SEANTIER Bastien

Etablissement : Université Bretagne Occidentale  
Laboratoire d'accueil : IRDL  
Equipe : PTR1  
Financement : Contrat de recherche  
Spécialité : Génie des Matériaux

**Titre de la thèse :** STRUCTURE ET RHÉOLOGIE D'HYDROGELS CHARGÉS DE NANOFIBRILLES DE CELLULOSE-APPLICATION À L'ÉLABORATION DE BIOAÉROGELS COMPOSITES FONCTIONNELS

## Résumé

Sources renouvelables et biodégradables, les nanofibrilles de cellulose (NFC) sont de plus en plus étudiées dans la recherche et l'industrie. En raison de leur fort rapport de forme, les NFC constituent un ingrédient essentiel de suspensions visqueuses et de gels aqueux renforcés par les liaisons hydrogène interfibrillaires.

Dans le cas de suspensions diluées de NFC, d'une part, cette étude consiste en des mesures en viscosimétrie à différentes fractions volumiques de NFC ainsi qu'à différentes fractions de sel afin d'étudier l'effet de la force ionique sur la viscosité. Dans le cas de systèmes déionisés, les résultats obtenus illustrent la difficulté à atteindre expérimentalement le régime dilué ; en outre, la viscosité intrinsèque et la constante de Huggins obtenues sont en accord avec les prédictions du modèle de Berry et Russel pour la dispersion de bâtonnets rigides non chargés. L'augmentation de la concentration en sel s'accompagne d'un effet de réaggrégation des NFC qui réduit considérablement la viscosité intrinsèque ainsi que l'effet électrovisqueux primaire observé pour les systèmes déionisés.

Dans le cas de suspensions plus concentrées, d'autre part, la structuration des échantillons est telle qu'elle ne permet pas de mesures en viscosimétrie. En effet, un comportement à seuil d'écoulement est observé en cisaillements oscillatoire et permanent.

L'augmentation de la fraction volumique de NFC améliore la stabilité thermique des échantillons et accroît considérablement le seuil d'écoulement.

L'observation de suspensions de NFC à l'aide de différentes techniques de microscopie permet de décrire l'état de dispersion des NFC dans les suspensions. A terme, l'objectif est de moduler leurs propriétés structurales dans le but de former des aérogels composites de structure variable, contrôlée et optimisée pour des performances super isolantes thermiques.

## **Publications et communications :**

-Fatima FNEICH, Julien VILLE, Bastien SEANTIER, Thierry AUBRY "Structure and rheology of cellulose nanofibrils suspensions and hydrogels: effect of volume fraction and ionic strength", Annual European Rheology Conference, Sorrento (Italie), 17-20 avril 2018 (accepté).

-Fatima FNEICH, Julien VILLE, Bastien SEANTIER, Thierry AUBRY, « Rhéologie de suspensions aqueuses de nanofibrilles de cellulose : effet de la fraction volumique et de la force ionique », 52ème Colloque du Groupe Français de Rhéologie, Nice, 24-26 octobre 2017.

## **Projet professionnel :**

Recherche et enseignement supérieur

**NOM et Prénom :** FONTAINE Joran  
**Email :** joran.fontaine@oniris-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Alain Le-Bail  
**Co-directeur :** Dominique Dellavalle  
**Co-encadrant 1 :** Joëlle Grua-Priol  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** ONIRIS  
**Laboratoire d'accueil :** GEPEA  
**Equipe :** GPA  
**Financement :** CIFRE  
**Spécialité :** Procédés des Fabrication, Optimisation de Process

**Titre de la thèse :** Structuration des pâtes céréalières en pétrin batch :  
Étude de l'alvéolation et de la texturation en lien avec le dimensionnement des équipements

## Résumé

Cette thèse s'inscrit dans le contexte du LABCOM MIXILAB et concerne le pétrissage et les interactions au cours du pétrissage entre pétrin (système batch) et pâtes à pain destinées à des productions industrielles de masse (pain de mie).

Le pétrissage de pâte à pain au moyen d'un pétrin est la première étape du procédé de panification, qui est destiné à structurer la pâte. Cette opération a un impact important sur la structure finale du pain, car différentes réactions physiques et biochimiques surviennent entre les ingrédients, conduisant à la structuration d'une pâte viscoélastique, incluant des alvéoles de gaz qui seront le point de départ de la fermentation. Cette opération est suivie par les étapes de division, façonnage, fermentation et de cuisson pour obtenir finalement le pain consommable. Les pétrins sont caractérisés par leurs capacités de cisaillement et d'étirement de la pâte, qui permettent de réaliser les principales fonctions du pétrissage :

- (1) l'homogénéisation des ingrédients de la pâte,
- (2) l'hydratation de la farine
- (3) le développement d'un réseau de gluten
- (4) la micro aération de la pâte

Les caractéristiques de mélange dans le pétrin varient en fonction des paramètres de vitesses de l'outil/ bol pour une géométrie donnée. La question traitée dans ma thèse est l'étude de l'influence de cette géométrie, selon la taille ou la forme de l'outil ainsi que sa position dans la cuve.

Les avancées majeures attendues de cette thèse visent à développer des modèles de connaissance permettant d'améliorer la conception et le dimensionnement des pétrins batch en simple et double outil grâce à une meilleure compréhension des phénomènes d'aération et de prise en force de la pâte.

## **Publications et communications :**

Congrès WCCE 2017 : Poster "Bread dough preparation in a mixer : impact of wall clearance on dough properties"

Congrès EFFoST 2017 : Poster "A multiscale approach to understand dough microstructure formation during process;from protein network to dough rheology"

Congrès Biopolymers 2017 : Oral international "Dough microstructure formation as influenced by mixer geometry during mixing process"

---

## **Projet professionnel :**

Travailler dans le domaine industriel des pétrins et mélangeurs.

**NOM et Prénom :** GABORIT Mathieu

**Email :** gaborit@kth.se

**Directeur de thèse :** Olivier Dazel

**Co-directeur :** Peter Göransson

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université de Maine

**Laboratoire d'accueil :** LAUM

**Equipe :** Acoustique & Mécanique des Matériaux

**Financement :** Autre

**Spécialité :** Acoustique

**Titre de la thèse :** Modelling of thin and imperfect interfaces

## Résumé

As the computational power available for simulation increases, more and more refined models come at hand, allowing to dig details and better understand their influence. In the scope of acoustic absorbers, solution exists to model slabs, panels, (perforated) plates and multilayer systems (even fully anisotropic). Teams around the world are working to improve our understanding and simulation abilities for meta-materials, networks of diffractors, curved, slit panels, micro-perforated media. We are looking for details : interfaces. Many system are composite ones: stacks of panels with glue, stitched elements, thermo-glued felts... These assembly processes have an impact on the acoustic behaviour since they induce a local change in the medium's properties. These traces left behind by assembly are also challenging because of their irreproducible sometimes random nature, small size and potentially dramatic impact.

We aim at including efficiently the effects of thin, uncontrollable, interfaces between media in numerical models. Aiming at efficiency, we are looking for new tools, departing from the classical Monte Carlo framework and taking advantage of the physical nature of the problem to guide potential heuristics.

The PhD is separated in a first, deterministic period where we investigate representation of boundary conditions in numerical schemes and influence of several parameters on thin poroelastic media's behaviour. This period is thought as a way to explore the literature on numerical method and numerical representation of stochastic problems as well as literature on characterization of thin layers and uncertainties quantification.

A second period is meant to explore possible representations of the stochastic nature of small sized layers and proper interfaces through means of numerical models.

## **Publications et communications :**

MG, O.Dazel, J.-P.Groby, L.Schwan, T.Weisser, P.Göransson, Coupling FEM, Bloch Waves and TMM in meta-poroelastic laminates. Accepted à Acta Acustica + 1 conférence (DENORMS17)

MG, O.Dazel, G.Gabard, P.Göransson, Coupling of Finite-Element and Plane Waves Discontinuous Galerkin methods for time-harmonic problems, Révisé pour Int.J of Num Meth in Eng. + 3 conférences (CFA16, CFM15, CFM17)

MG, O.Dazel, P.Göransson, Simplification of acoustic screen models. A soumettre à JASA-EL + 2 conférences

---

## **Projet professionnel :**

J'envisage de postuler éventuellement au CNRS après la fin de la thèse mais ne suis pas fermé à des postes à l'étranger.

**NOM et Prénom :** GLABECK Pauline  
**Email :** pauline.glabeck@ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Michel CORET  
**Co-directeur :** Laurent STAINIER  
**Co-encadrant 1 :** Daniel BRIMBAL  
**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes  
Laboratoire d'accueil : GeM  
Equipe : Prodécé et Mécanique des Matériaux  
Financement : CIFRE  
Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Modélisation du vieillissement sous irradiation des aciers inoxydables austénitiques des internes de cuve des REP: approche couplée par dynamique d'amas et méthode éléments finis

### Résumé

Une des problématiques principales du vieillissement des internes de cuve est liée à leurs éventuelles déformations. En effet, soumis à l'irradiation neutronique provenant des assemblages combustibles, ces composants sont sujets à différents phénomènes comme le gonflement, le fluage et la relaxation. Dans le cadre d'une réflexion sur l'allongement de la durée de vie des réacteurs, l'anticipation et la prédiction du comportement de ces structures sur le long terme est nécessaire. C'est dans ce contexte que Framatome développe, depuis plusieurs années, des modèles de comportement des matériaux sous irradiation. Le premier modèle est un modèle de dynamique d'amas ayant déjà permis d'obtenir des résultats encourageants pour la prédiction du gonflement sous irradiation. Le deuxième modèle est un modèle de comportement mécanique adapté à l'analyse par élément finis, prenant en compte l'élasto-plasticité, le gonflement et le fluage d'irradiation. Il s'agit dans cette étude de modéliser le fluage sous irradiation avec le code de dynamique d'amas et d'intégrer les résultats dans le modèle de comportement mécanique, en vue d'une utilisation pour des calculs de grande structure comme le cloisonnement des REP. Les problématiques de cette étude sont la modélisation du fluage d'irradiation par le code de dynamique d'amas et sa calibration sur un grand nombre de données expérimentales par algorithme génétique ainsi que l'intégration de ce modèle dans le code éléments finis.

### **Publications et communications :**

Numat 2016 Montpellier, Poster : Application of a material constitutive model for austenitic stainless steels to an irradiated hexagonal block

### **Projet professionnel :**

Ingénieur R&D chez Framatome

**NOM et Prénom :** GLANOWSKI Thomas

**Email :** thomas.glanowski@ensta-bretagne.org

**Directeur de thèse :** MARCO Yann

**Co-directeur :** HUNEAU Bertrand

**Co-encadrant 1 :** LE SAUX Vincent

**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées

**Laboratoire d'accueil :** IRDL

**Equipe :** Durabilité

**Financement :** CIFRE

**Spécialité :** Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Compréhension et modélisation des mécanismes élémentaires d'endommagement en fatigue du caoutchouc naturel

## Résumé

Mes travaux de thèse portent sur la durabilité des élastomères renforcés en noir de carbone pour des applications anti-vibratoires automobiles (entreprise Vibracoustic). Le noir de carbone est ajouté à la matrice élastomère afin d'améliorer certaines performances telles que la raideur, la résistance à la fatigue, au déchirement, à l'abrasion, etc. La formulation des caoutchoucs est complexe puisqu'elle intègre de nombreux ingrédients tels que la gomme, les charges, l'oxyde de zinc, le soufre, etc. Cette formulation puis le mélangeage et le procédé d'injection induisent une population d'inclusions qui est fortement connectée aux propriétés en fatigue des élastomères chargés. En effet, il a été montré que les agglomérats de noir de carbone se révèlent être des sites privilégiés d'amorçage de fissures en fatigue. Ainsi, la description et la compréhension des mécanismes élémentaires autour des inclusions, sont d'une grande importance pour optimiser la résistance à la fatigue des pièces industrielles. Les mécanismes élémentaires sont dépendants des propriétés de l'inclusion telles que leur nature chimique, leur géométrie, leur taille et leurs propriétés d'interface et de cohésion. Les attentes de cette étude sont :

- Identifier les inclusions critiques en fatigue et comprendre les scénarios d'endommagement associés afin de limiter leur sévérité ;
- Disposer d'un outil quantitatif et efficace pour déterminer la criticité, vis-à-vis de la fatigue, de la dispersion des inclusions dans un mélange.

A cette fin, différents outils expérimentaux et numériques sont mis en place. L'utilisation de la micro-tomographie aux rayons-X et la microscopie électronique à balayage permet de localiser les sites activés et de décrire des mécanismes et scénarios d'endommagement. Ces techniques permettent de caractériser les populations d'inclusions dans le matériau. Un traitement d'image permet de dissocier les inclusions de la matrice. L'observation 3D fournit de précieuses informations sur la morphologie des inclusions (taille, géométrie et densité) et sur leur distribution spatiale. Ensuite, afin de comprendre les mécanismes dissipatifs associés à l'amorçage, un protocole de mesures thermographiques à l'échelle de la microstructure permet d'accéder aux gradients d'énergie dissipée autour d'un agglomérat de noir de carbone supérieur à 100 $\mu$ m. Le protocole mis en place utilise des films minces comportant des inclusions, une caméra infrarouge avec une optique de grossissement et un microscope optique numérique. Ces mesures thermomécaniques couplées avec de la corrélation d'image permettent ensuite d'alimenter des simulations éléments finis qui contribueront à la détermination des scénarios d'endommagement et à la définition d'un indice de nocivité des inclusions sur la tenue en fatigue.

## Publications et communications :

**Publication :**

T. Glanowski, V. Le Saux, C. Doudard, Y. Marco, C. Champy, P. Charrier, Proposition of an uncoupled approach for the identification of cyclic heat sources from temperature fields in the presence of large strain, *Continuum Mech. Thermody*, 29, 1163-1179 (2017)

**Communications :**

- IO3M (2016) : poster
- AUSSOIS (2017) : poster
- DEPOS27 (2017) : poster
- ECCMR (2017) : présentation orale

---

## Projet professionnel :

Ingénieur de recherche dans l'industrie ou enseignant chercheur

**NOM et Prénom :** GORECKI Marie  
**Email :** marie.gorecki@eleves.ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Nicolas MOES  
**Co-directeur :**  
**Co-encadrant 1 :** Guillaume PEILLEX  
**Co-encadrant 2 :** Laurianne PILLON

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes  
Laboratoire d'accueil : GeM  
Equipe : Modélisation et Simulation  
Financement : Organisme de recherche:CNRS-IFSTTAR-CEA.  
Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Amélioration de la description physico-numérique de l'endommagement et de la rupture sous choc

## Résumé

Lors de l'impact à haute vitesse d'un projectile sur une cible métallique ductile, des ondes de choc se propagent dans les deux milieux. La matière subit alors une importante compression : la pression peut atteindre plusieurs GPa. Les ondes de choc se réfléchissent ensuite en détente sur les bords libres de chaque pièce. L'interaction entre ces ondes de détente au sein de la cible conduit à sa mise en tension brutale, ce qui déclenche un processus d'endommagement par nucléation, croissance puis coalescence des pores, et qui aboutit finalement à la rupture du matériau par formation d'une écaille si la tension est suffisante.

La modélisation de ces phénomènes implique l'utilisation de modèles compressibles, en grandes transformations et une équation d'état permet de rendre compte des fortes variations de masse volumique dans les ondes de choc et de détente. Il est également nécessaire de disposer de modèles d'endommagement et de rupture.

Parmi ces modèles, ceux actuellement utilisés au CEA/DAM reposent sur une description physique de la phénoménologie de l'écaillage mais ont des limitations importantes, parmi lesquelles la dépendance au maillage. L'objectif de cette thèse est donc de dépasser ces limitations et proposer un modèle numérique pertinent physiquement, tout en permettant un traitement de l'endommagement et de la rupture indépendant du maillage.

La stratégie retenue consiste en l'utilisation d'un schéma de dynamique explicite avec une discrétisation spatiale en Volumes Finis : le schéma de Von Neumann & Richtmyer (VNR). L'endommagement est pris en compte à travers un modèle cohésif. La rupture macroscopique de la matière est modélisée par un saut de déplacement calculé à l'aide de la méthode d'Hansbo & Hansbo. Cette méthode, historiquement développée pour les Eléments Finis, est similaire à la XFEM et permet de simuler la rupture indépendamment du maillage en ajoutant des degrés de liberté aux noeuds proches de la discontinuité.

Ce travail présente l'adaptation de la méthode d'Hansbo & Hansbo aux Volumes Finis et son introduction dans le schéma VNR. Une attention particulière est portée au choix de la condensation de la matrice de masse. Deux techniques de condensation sont comparées sur des critères de précision des résultats et de stabilité du schéma numérique. Enfin, les résultats d'une simulation d'expérience d'écaillage sont comparés à des signaux expérimentaux.

## **Publications et communications :**

Une participation à l'European Conference on Computational Mechanics (ECCM) est prévue pour juin 2018

## **Projet professionnel :**

Recherche au sein d'un organisme de recherche type CEA ou R&D en mécanique des matériaux en entreprise



**NOM et Prénom :** GRAINE Noussaiba  
**Email :** noussaiba.graine@insa-rennes.fr  
**Directeur de thèse :** Pr.HJIAJ Mohammed  
**Co-directeur :** Néant  
**Co-encadrant 1 :**  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Institut National des Sciences Appliquées Rennes  
**Laboratoire d'accueil :** LGCGM  
**Equipe :** GEOSAX  
**Financement :** Union Européenne  
**Spécialité :** Génie civil

**Titre de la thèse :** Advanced soil modelling for FE analysis of critical civil infrastructures of petrochemical plants

## Résumé

Dans le domaine de l'ingénierie sismique, l'interaction sol-structure est un phénomène important qui doit être pris en compte pour reproduire correctement le comportement non linéaire d'une structure et ainsi pouvoir prédire ses déplacements relatifs. Les pieux courts forés sont beaucoup utilisés dans les raffineries et les usines pétrochimiques, pour transmettre au sol toutes les forces et tous les couples agissant sur les supports pour les réservoirs élevés, les équipements des échangeurs de chaleur ainsi que les supports de tuyauterie. La prédiction de leur réponse aux charges horizontales dépendantes du temps, comme celles causées par les tremblements de terre, est un problème difficile en géotechnique en raison de l'interaction complexe entre le pieu et la masse du sol. Plusieurs méthodes ont été proposées dans la littérature parmi lesquelles la technique du macro-élément qui a reçu de plus en plus d'attention ces dernières années. Ce nouveau concept consiste à condenser l'ensemble du comportement du système sol-fondation en un seul élément subdivisé en deux sous-éléments. Un champ lointain correspondant à la zone de propagation des ondes sismiques et un champ proche correspondant à un domaine fini où se condensent toutes les non-linéarités du système. Pour le cas des fondations profondes, cela inclut à la fois les non-linéarités géométriques que sont les interactions de contact pour les pieux ('gapping'), et les non-linéarités matérielles à savoir la plasticité du sol sous la fondation ou le long du pieu. La réponse du macro-élément est décrite en termes de forces généralisées et de déplacements généralisés, permettant ainsi une diminution considérable des degrés de liberté nécessaires pour la description du modèle.

Plus particulièrement, dans cette thèse, la performance des pieux verticaux rigides isolés ou en groupe est étudiée en utilisant une approche numérique. Des calculs intensifs d'analyse limite avec éléments finis sont réalisés pour la détermination de la surface de rupture d'un pieu isolé en premier lieu, à la fois dans un sol cohésif et frottant soumis à un chargement généralisé vertical, horizontal en plus d'un moment de flexion. Les limites supérieures et inférieures précises des charges de rupture d'un pieu rigide intégré dans un sol homogène sont calculées numériquement via un nouveau logiciel d'analyse limite. Des études paramétrique pour l'investigation des effets de paramètres clés comme le ratio longueur diamètre, le niveau de la charge verticale sur la forme et la taille de la surface de charge sont réalisés. Une expression fermée de la surface ultime est dérivée et étalonnée avec les résultats numériques. Les résultats sont présentés sous la forme d'une surface de rupture tridimensionnelle normalisée et des chartes de dimensionnement en fonction des paramètres adimensionnels.

Enfin, pour la suite, les simulations numériques vont être étendues au cas de groupe de pieux rigides et un nouveau macro-élément permettant de tenir compte des effets de l'interaction sol-structure sera développé, calibré et validé à partir des résultats disponibles dans la littérature.

## **Publications et communications :**

Un article de conférence ayant obtenu l'accord préliminaire pour être présenté dans la 16th European Conference on Earthquake Engineering à THESSALONIKI en Grèce.

Titre: MACRO-MODEL FOR RIGID PILE FOUNDATION IN COHESIVE-FRICTIONAL SOILS: DETERMINATION OF THE FAILURE SURFACE

## **Projet professionnel :**

Tout d'abord, j'envisage d'achever les objectifs de cette thèse de doctorat avec succès et dans le temps qui lui est imparti. Ensuite, je compte m'insérer dans le monde professionnel à travers un poste industriel et non académique. Le but ultime étant de m'établir en tant qu'ingénieur civil hautement qualifiée avec une expertise technique de pointe dans la conception d'infrastructures stratégiques.

**NOM et Prénom :** GRANGEAT Romain

**Email :** romain.grangeat@univ-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Frederic Jacquemin

**Co-directeur :** -

**Co-encadrant 1 :** Cyril Lupi

**Co-encadrant 2 :** Marion Girard

Etablissement : Université Bretagne Occidentale

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : E3M

Financement : ANR

Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Durabilité des structures collées multi-matériaux en environnement sévère

## Résumé

Les travaux de recherche s'inscrivent dans le projet INDUSCOL qui concerne l'étude des structures EMR (Énergies Marines Renouvelables), et plus particulièrement des hydroliennes. Le projet se place dans le cadre d'un projet ANR France Énergie Marines. L'objectif est d'établir des règles de conception et de maintenance pour les systèmes EMR multi-matériaux collés en immersion. Cette thèse est dirigée par Frédéric Jacquemin, co-encadrée par Cyril Lupi et Marion Girard du GeM. L'une des innovations de ce projet est l'utilisation de capteurs permettant de suivre le vieillissement in-situ. Durant ces travaux, deux types de capteurs à fibre optique sont utilisés : le capteur à réseau de Bragg permettant de suivre des déformations au cœur du joint de colle et le capteur de Fresnel permettant d'interroger directement la structure moléculaire de la colle en mesurant son indice optique. Le joint de colle étant la partie la plus hydrophile, il va piloter les modes de dégradations de la structure collée. L'objectif de ce projet de thèse est de comprendre les différents mécanismes de dégradation des assemblages collés en immersion. L'un des verrous scientifiques de la durabilité des assemblages collés réside dans la présence d'une interphase entre les substrats et le joint de colle comportant des propriétés souvent différentes de la colle seule et pouvant accélérer ainsi la diffusion d'eau dans le joint collé. La première partie du projet consiste à choisir une colle époxy commerciale utilisée par les industriels du projet. Cette dernière doit répondre à différents critères. Le premier critère important est la valeur de la température de transition vitreuse du matériau qui est mesurée par analyse mécanique dynamique (DMA). Le second critère est le niveau de rigidité de la colle qui est mesuré à l'aide d'essais de traction et DMA. Suivant ces différents critères, une colle a été sélectionnée. La seconde partie du projet a permis de définir le protocole de mise en œuvre de la colle, afin d'obtenir en fin de procédé un matériau avec des propriétés mécaniques stables. Dans ce cadre, des essais DMA et DSC (Analyse Calorimétrique Différentielle) ont été réalisés. De plus, nous avons utilisé les capteurs à fibre optique afin d'interroger le matériau lors de sa polymérisation. Pour cela, il a fallu mettre en place un procédé d'insertion de ces capteurs. Une fois la colle sélectionnée, le procédé de mise en œuvre et l'insertion des capteurs définis, les premiers essais de vieillissement ont été réalisés. Ils ont permis d'identifier la cinétique de diffusion d'eau dans la colle et également dans les assemblages collés. Le suivi du vieillissement in-situ à l'aide des capteurs optiques donne des résultats encourageants. Dans un même temps, les premiers résultats expérimentaux ont permis d'alimenter et de valider un modèle de diffusion d'eau au sein du joint de colle simulé à l'aide d'un logiciel de calculs par éléments finis. En conclusion, les premiers résultats sont très encourageants, et nous espérons pouvoir mettre en place une instrumentation permettant de suivre la diffusion d'eau in-situ dans les assemblages collés industriels. Un autre objectif consiste à développer un modèle de comportement hygro-mécanique de l'assemblage collé afin d'aller encore plus loin dans l'analyse du monitoring de ces structures. Dans le contexte industriel, ces techniques seront un atout important pour les opérations de maintenance des hydroliennes.

## **Publications et communications :**

06/04/2017 ? Communication poster SF2M (Société Française Métallurgie Matériaux) : « Instrumentation par fibre optique des structures collées »

08/10/2017 ? Communication poster Conférence JADH (Journées d'Étude sur l'Adhésion) : « Suivi de la cinétique de polymérisation d'une colle époxy à l'aide d'un capteur à fibre optique »

## **Projet professionnel :**

Après mon doctorat j'ai pour objectif d'intégrer un centre R&D spécialisé dans les énergies renouvelables. Je pense que mon diplôme d'ingénieur INSA, ainsi que mon doctorat portant sur la durabilité des matériaux me permettront de mener à bien ce projet professionnel.

**NOM et Prénom :** GREBENSHCHYKOVA Zhanna

**Email :** zh.grebenshchykova@gmail.com

**Directeur de thèse :** Florent CHAZARENC

**Co-directeur :** Jacques BRISSON

**Co-encadrant 1 :** Yves COMEAU

**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Institut Mines-Télécom Atlantique

**Laboratoire d'accueil :** GEPEA

**Equipe :** Ingénierie de l'Environnement

**Financement :** Autre

**Spécialité :** Génie des Procédés et Bioprocédés

**Titre de la thèse :** Développement d'un procédé de traitement d'effluents par filtres plantés de saules aérés : détermination des critères de dimensionnement et d'opération en climat continental à forte amplitude thermique.

## Résumé

Mon projet doctoral vise à adapter l'application des marais filtrants au nord de l'Amérique du Nord, dans des zones du climat froid. Ma thèse sera constituée des trois volets :

- 1) Le premier volet abordera le fonctionnement de marais filtrants sous-surfaciques à l'écoulement vertical en climat froid. Un dispositif expérimental à l'échelle pilote a été installé à la station d'épuration d'une municipalité typique de petite taille près du Québec. Ce volet fait partie du projet PhytoVal P qui a pour le but de « développer des filières de traitement des eaux usées adaptées à la réalité socioéconomique des collectivités de petite taille, localisées en milieu nordique, éloignées ; et misant sur des approches novatrices de phytotechnologies et de déphosphatation afin d'assurer le respect des exigences et normes de rejet et ainsi, protéger l'environnement et garantir la sûreté des systèmes d'alimentation en eau des collectivités de façon durable ». Le suivi de performance est effectué à partir de la fin juin 2016 et le sera pour une durée de 2 ans environ. Ce premier volet sera présenté dans ma thèse au Chapitre 1.
- 2) Le sujet du deuxième volet est la relation entre la température froide extérieure et le fonctionnement du marais filtrant. Le même dispositif pilote que pour le volet 1 sera utilisé pour répondre aux objectifs de ce volet. Des données de température à plusieurs profondeurs dans le substrat sont enregistrées depuis le mois d'août 2016 et le seront pour 2 ans. Ce volet correspondra au deuxième Chapitre de ma thèse.
- 3) Le troisième volet sera focalisé sur les végétaux dans le marais filtrant. Un dispositif expérimental à l'échelle mésocosmes est installé dans une serre de Jardin Botanique de Montréal. Dans cette expérience, des espèces arbustives non envahissantes seront comparées à des espèces herbacées couramment utilisées en marais filtrants. Le début de l'expérience est prévu pour le mois de juin, et sa durée sera de 6 mois minimum (soit jusqu'au l'obtention des résultats). Ce volet correspond à la troisième Chapitre.

## **Publications et communications :**

Grebenshchykova Z., Brisson J., Chazarenc F., Comeau Y.

First year performance of CWs planted with willow under cold-climate conditions. IPC2017 14th International Phytotechnologies Conference. Montreal, Canada. September 25 to 29, 2017

Grebenshchykova Z., Brisson J., Chazarenc F., Comeau Y.

Constructed wetlands planted with willow for domestic wastewater treatment under cold climate. The IWA S2Small2017 Conference on Small Water & WastewaterSystems and Resources Oriented Sanitation. Nantes, France. October 22 to 26, 2017.

## **Projet professionnel :**

Des postes en R&D dans des entreprises ou des projets de recherche appliqué dans des organismes divers m'intéressent pour poursuivre mon travail dans le domaine de traitement des eaux en France ou à l'étranger.

**NOM et Prénom :** GRELIER Erwan

**Email :** erwan.grelier@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** NOUY Anthony

**Co-directeur :** N/A

**Co-encadrant 1 :** CHEVREUIL Mathilde

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : Modélisation et Simulation

Financement : Contrat de recherche

Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Quantification d'incertitudes pour les problèmes vibratoires sur large bande de fréquence

## Résumé

On s'intéresse à la réponse vibratoire aléatoire de structures éventuellement non-linéaires, qui peut être très sensible aux sources d'incertitudes et dont les modèles numériques la simulant sont coûteux en temps de calcul et en mémoire. L'objectif du projet de thèse est de prédire l'impact de ces nombreuses sources d'incertitudes sur la réponse du modèle ou sur une variable d'intérêt post-traitée de la réponse à partir d'un nombre limité d'essais numériques. Il s'agira de mettre en œuvre des méthodes d'apprentissage statistique en grande dimension pour estimer les statistiques de la réponse, des probabilités de dépassement de seuil, analyser la sensibilité de la réponse vis-à-vis des paramètres du modèle...

L'étude se situe dans la continuité de travaux réalisés pour l'approximation des variables d'intérêt utilisant un faible nombre d'appels à un code déterministe, et en exploitant la structure de rang faible et/ou parcimonieuse de la solution. Elle sera dédiée dans ce projet au développement d'une méthode d'approximation permettant la prédiction d'une réponse aléatoire sur une large bande de fréquence. D'une part, l'approximation sera optimisée pour une quantité d'intérêt et construite par des méthodes adaptatives intégrant la connaissance du modèle vibratoire, d'autre part, il s'agira de proposer des formats de rang faible avec une paramétrisation adaptée afin d'optimiser la réduction de modèle pour prendre en compte la dépendance en fréquence. Les modèles précis dans ce contexte étant coûteux, une approche sera d'utiliser un modèle réduit, de fidélité et à coût de calcul moindres. Les bases d'apprentissage seront alors composées d'échantillons de fidélités différentes.

## **Publications et communications :**

Pas de publication pour le moment.

Présentation orale à UNCECOMP 2017 (Rhodes Island, Greece).

Futures présentations orales à MASCOT-NUM 2018 (Nantes, France) et à SIAM UQ18 (Garden Grove, Etats-Unis d'Amérique), future présentation d'un poster à MoRePaS 2018 (Nantes, France).

---

## **Projet professionnel :**

Carrière dans la recherche et l'enseignement supérieur.

**NOM et Prénom :** GUO Wei

**Email :** wei.guo.etu@univ-lemans.fr

**Directeur de thèse :** PAGNEUX Vincent

**Co-directeur :** BI Wenping

**Co-encadrant 1 :** AUREGAN Yves

**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université de Maine

**Laboratoire d'accueil :** LAUM

**Equipe :** Guides & Structures

**Financement :** Contrat de recherche

**Spécialité :** Acoustique

**Titre de la thèse :** Spatial-transient behaviors in lined ducts

## Résumé

It is well-established that the least attenuated mode dominates the sound attenuation in lined ducts, the performance of sound attenuation can be improved by increasing the axial decaying rate of the least attenuated mode, which is maximized at the first exceptional point. In this paper we study the least attenuation of sound power in a fundamental 2D semi-infinite lined duct based on the viewpoint of optimization. We show that in lined ducts an acoustic source can achieve spatial-transient non-attenuation propagation, even if all the eigenmodes decay exponentially with increasing propagation distance. The source can be generated like a Gaussian beam and circumvent the liner. We show that the least attenuated mode can only describe the space-asymptotic behaviors, it is inadequate to describe the total attenuation behaviors with eigenvalues alone. Then we employ the maximum deviation between the spatial-transient behaviors and the least attenuated mode as an indicator to quantify the non-normality. The non-normality diverges at the first exceptional point. We show that even though the least attenuated mode has the maximum axial decaying rate, the spatial-transient non-attenuation propagation can still be achieved. The relationship between the least attenuated sources and eigenmodes are investigated as well. Our analysis can give some inspirations in other dissipative systems.

## Publications et communications :

No publications so far

---

## Projet professionnel :

I would like to work as a researcher in an university or an institute in China.

**NOM et Prénom :** HAGGUI Mondher  
**Email :** Mondher.Haggui.Etu@univ-lemans.fr  
**Directeur de thèse :** ELMAHI Abderrahim  
**Co-directeur :** AKROUT Ali  
**Co-encadrant 1 :** JENDLI Zouhaier  
**Co-encadrant 2 :** HADDAR Mohamed

Etablissement : Université de Maine  
Laboratoire d'accueil : LAUM  
Equipe : Matériaux  
Financement : Boursier étranger  
Spécialité : Acoustique

**Titre de la thèse :** Analyse multi-échelles du comportement mécanique d'un éco-composite constitué d'une matrice à base de résine thermoplastique renforcée de fibres de lin

## Résumé

L'étude proposée s'inscrit dans la recherche de solutions alternatives à l'utilisation de composites issus totalement ou partiellement de ressources renouvelable, ce qui représente un enjeu environnemental non négligeable pour les générations futures. Le matériau de l'étude est constitué à base de fibres de lin associées à une résine thermoplastique. Ces différents constituants sont assez largement étudiés de nos jours de par leur qualité éco responsable mais sont très peu associés afin de proposer une solution en matériau composite respectueuse de l'environnement et potentiellement recyclable.

L'emploi de ces matériaux dans différents secteurs nécessite aussi une connaissance plus approfondie des phénomènes liés à la plasticité et à l'endommagement qui conditionnent leur durée de vie au cours du chargement. Cette connaissance nécessite d'effectuer des essais élémentaires en laboratoire et de développer des modèles numériques prédictifs pour estimer les propriétés mécaniques résiduelles et simuler la progression des mécanismes au cours du chargement. Une des difficultés rencontrées lors de la prédiction du comportement mécanique d'une structure en matériaux composites est le caractère diffus et anisotrope de la microfissuration et de la rupture de l'interface commune à la fibre et à la matrice.

L'anisotropie matérielle du composite conditionne fortement la progression de certains mécanismes d'endommagement au cours du chargement.

## **Publications et communications :**

-International Congress Design and Modelling of Mechanical Systems (CMSM'2017);

?Damage analysis of Flax fibre/ Elium Composite under static and fatigue testing?;

M. Haggui, A. El Mahi, Z.Jendli, A.Akrou, M. Haddar

-International Conference on Advanced Materials, Mechanics and Manufacturing,(A3M'2016); ?Damage identification in flax fibre composite with thermoplastic matrix under quasi static loading?; M. Haggui, Z.Jendli, A.Akrou, A. El Mahi, M. Haddar

## **Projet professionnel :**

L'essentiel de l'activité doctorale consiste en un travail de recherche novateur, encadré par un directeur de recherches doctorales, au sein d'une unité de recherche. Elle se conclut par la rédaction d'une thèse qui constitue la validation d'un travail scientifique ayant permis la construction et l'acquisition de savoirs, de savoir-faire et d'outils méthodologiques.



**NOM et Prénom :** HATTE Quentin  
**Email :** quentin.hatte@univ-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** CASARI Pascal  
**Co-directeur :** JOUAN Pierre Yves  
**Co-encadrant 1 :** RICHARD Mireille  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** GeM  
**Equipe :** E3M  
**Financement :** Autre  
**Spécialité :** Génie des Matériaux

**Titre de la thèse :** Prédire l'état mécanique, physique et chimique d'un revêtement de protection en fonction des conditions de mise en œuvre : application à la corrosion sur substrat acier

## Résumé

La thèse s'inscrit dans le cadre d'un projet porté par l'IRT Jules Verne, en partenariat avec 2 entreprises : General Electric et SOCOMORE, ainsi que 2 laboratoires de recherche de l'Université de Nantes : le GeM (équipe État Mécanique et Microstructure des Matériaux à St Nazaire) et l'IMN (équipe Plasma et Couche Mince à Nantes). Ce projet se concentre sur la durabilité des systèmes peintures en environnements contraignants (corrosion atmosphérique marine et en zones immergées). L'étude porte, entre autres, sur les méthodes de préparation de surface. Le but est d'améliorer l'adhérence entre le substrat et la peinture, d'augmenter la durabilité du système complet et donc de limiter la maintenance souvent très coûteuse.

Pour répondre à ces objectifs, la thèse s'intéresse à 2 traitements de surface prometteurs, pouvant être combinés ou non. En effet, la thèse soutenue par Julien Keraudy en 2015 a permis de mettre au point un revêtement de Ni et NiO déposé par PVD HiPIMS sur acier aux propriétés anticorrosion remarquables. Par ailleurs, l'entreprise SOCOMORE dispose de solutions anticorrosion via l'utilisation du procédé sol-gel. Ces 2 méthodes ne sont initialement pas destinées au substrat et aux systèmes peintures envisagés dans le projet. C'est pourquoi un travail de recherche, comprenant notamment la thèse, a été engagé.

Après une étude bibliographique sur les procédés PVD et sol-gel adaptés à l'anticorrosion, le travail de thèse s'est porté sur la prise en main et le développement de moyens de caractérisation des systèmes peintures, des traitements de surface et des matériaux utilisés. Les solutions sol-gel et PVD déjà existantes ont ainsi été testées comme traitement de surface dans différents systèmes peintures. Les performances de ceux-ci ont été évaluées grâce à des essais de cross-cut, d'adhésion plot, de flexion 4 points in situ sous MEB (Microscopie Électronique à Balayage), de brouillard salin et de Spectroscopie d'Impédance Electrochimique (SIE). Un certain nombre de résultats ont pu être obtenus.

Dans un second temps, la thèse s'est portée sur le suivi des procédés sol-gel et PVD dans l'optique d'améliorer la compréhension des phénomènes mis en jeu lors des dépôts. Ainsi, la transition sol-gel a pu être suivie par des analyses gravimétriques, de spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) ou de développement des contraintes internes. Pour ce dernier point, une méthode a été développée. Elle s'appuie sur le suivi du rayon de courbure après dépôt sur clinquant de faible épaisseur par traitement d'image. Bien que ces études soient toujours en cours, un certain nombre de résultats ont pu être obtenus. Par exemple, l'influence de l'humidité relative sur la cinétique de transition sol-gel a pu être mise en évidence.

Pour finir, le travail consistera à développer l'étude de la transition sol-gel. L'analyse des résultats devra être continuée et de nouveaux essais de suivi gravimétrique seront réalisés par DVS (Dynamic Vapor Sorption). Ils permettront de confirmer les résultats obtenus, de tester des environnements plus humides et d'évaluer le rôle de la température sur la cinétique. Enfin, une étude sera réalisée sur le procédé PVD. L'homogénéité du revêtement en fonction de la position du substrat dans la chambre de dépôt sera évaluée. Pour cela, l'épaisseur et les contraintes seront mesurés sur des échantillons placés à différents endroits du porte substrat, par profilométrie et étude du rayon de courbure.

## **Publications et communications :**

Q. Hatte, P. Casari, P.Y. Jouan, M. Richard-Plouet, P.A. Dubos, S. Branchu, N. Guitter, R. Coulais, Characterization of corrosion resistant coatings deposited on steel, Poster presentation, EMRS Strasbourg, (2017).

## **Projet professionnel :**

Le projet professionnel est de devenir expert technique dans l'industrie. Initialement, l'objectif était de se spécialiser dans une technique de dépôt (sol-gel ou PVD). Pour différentes raisons liées au projet, cette spécialisation n'a pas eu lieu. Cela a permis de travailler sur les deux techniques. Des TP seront donnés cette année pour valider le choix de ne pas se tourner vers l'enseignement.

**NOM et Prénom :** HAUTEFEUILLE Alexandre  
**Email :** alexandre.hautefeuille@ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Comas-Cardona Sebastien  
**Co-directeur :**  
**Co-encadrant 1 :**  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Ecole Centrale de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** GeM  
**Equipe :** PMM  
**Financement :** Autre  
**Spécialité :** Procédés des Fabrication, Optimisation de Process

**Titre de la thèse :** Modélisation et caractérisation du couplage écoulement-déformation dans le procédé d'injection C-RTM de thermoplastiques renforcés de fibres continues.

## Résumé

Lors de la fabrication d'une pièce composite par le biais du procédé d'injection/compression, la combinaison d'une faible perméabilité hydraulique et d'une viscosité du polymère élevée provoquent une augmentation de la pression de la résine et le risque de mouvements et de déplacements des fibres. Actuellement, il n'existe pas de moyens ou méthodes de prédiction de la déformation d'un renfort textile engendrée par un écoulement fluide. Le couplage entre les déformations de l'architecture fibreuse imposées par la fermeture du moule et induites par l'écoulement de résine doit être connu pour déterminer une fenêtre procédé adaptée. Cette dernière est délimitée par les performances des outils de fabrication mais aussi par la limite d'injectabilité du renfort. La limite d'injectabilité correspond aux conditions de fabrication à partir desquelles l'architecture du renfort est déformée et la pièce rendue non conforme. Les objectifs du travail de thèse gravitent donc autour de la compréhension et l'anticipation des phénomènes de mouvement de fibres lors du procédé d'injection compression de polymère thermoplastique au travers de renforts à fibres continues. Les travaux réalisés jusqu'alors ont consisté à la mise au point d'un banc d'essais de grandes dimensions pour visualiser les déformations planes engendrées par la compression d'un renfort fibreux saturé. Un code de suivi de point a été développé pour quantifier les déformations du matériau.

Parallèlement, un banc d'essais a été développé pour évaluer les différents coefficients de friction (lubrifié et sec) de manière cohérente vis-à-vis du procédé d'injection compression.

Les travaux à venir vont consister à déterminer les contraintes liées à l'écoulement dans la phase (1) du procédé à savoir l'injection de polymère sur renfort fibreux sec. Ces travaux auront pour but de trouver une fenêtre d'injection adaptée à la préforme injectée. Cette thèse s'inscrit au sein du projet national INCREASE (FUI-AAP20)

Partenaires: Solvay, IFTH, Billion SAS, Pernoud, Chomarat Textiles Industries, IPC, INSA Lyon et Centrale Nantes.

## **Publications et communications :**

A venir (mai):

Experimental study of flow-induced in-plane deformations of saturated fibrous reinforcement during compression. FPCM14, Iulăa, Suède. A.Hautefeuille, S. Comas-Cardona

## **Projet professionnel :**

Ces travaux sont intéressants d'un point de vue industriel car ils traitent de l'optimisation des procédés de mise en œuvre rapide des matériaux composites, ce qui est un point clé au niveau industriel. Mon ambition est de rejoindre un centre de recherche industriel lié à l'industrie des transports, idéalement Aéronautique / Aérospatiale.

**NOM et Prénom :** IBANEZ PINILLO, Rubén  
**Email :** ruben.ibanez-pinillo@elevec.ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Prof. F. Chinesta  
**Co-directeur :** Prof. A. Huerta  
**Co-encadrant 1 :** Prof. E. Abisset-Chavanne  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Ecole Centrale de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** ICI  
**Equipe :** ICI  
**Financement :** Salarié  
**Spécialité :** Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Model Order Reduction for non-linear mechanics.

## Résumé

Many model order reduction techniques have been developed throughout history i.e. POD, k-PCA, PGD among others. These techniques are proven to be very effective when dealing with linear problems. However, linear dimensionality reduction is unable to address reduction when the solution is highly non linear. Nonlinear dimensionality reduction becomes a powerful tool for extracting the manifolds that can be then used for making safely interpolations, for extracting the uncorrelated parameters that models involve and for defining general parametric solutions. Relevant information can be extracted when the data is ranged with some specific pattern. Therefore, the usage of manifolds will be exploited to make simulations either faster or more accurate. During the first period of the research project, another approach to model materials will be analyzed. Indeed, data coming from experimental results will play an important role, following the so-called Data-Driven approach. Such methodology will be applied to continuum solid mechanics i.e. linear and non-linear elasticity, inelastic behaviours, etc. On the other hand, the fact of building a manifold can be seen as the off-line phase of many model order reduction methods. Basically, the off-line phase allows the simulation to achieve real time constraints in the on-line phase.

## **Publications et communications :**

Archives of Computational Methods in Engineering, 25, 47-57, 2018.  
International Journal of Material Forming, 10, 653-669, 2017.  
International Journal of Material Forming, 1-11, 2017.  
Computational Mechanics, 60, 813-826, 2017.

Conference Participation: ADMOS 2017, ICTP 2017, EMMC 2018, ESAFORM 2018, MORCOS 2018, ECCM-ECFD 2018, WCCM 2018

## **Projet professionnel :**

Je voudrais rester dans un cadre de recherche appliquée, peu importe si c'est dans l'académie ou industrielle.

**NOM et Prénom :** JADAL Mariam  
**Email :** mariam.jadal@etu.univ-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Didier DELAUNAY  
**Co-directeur :** Lingai LUO  
**Co-encadrant 1 :** Jérôme SOTO  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** LTN  
**Equipe :** SPIGA  
**Financement :** Autre  
**Spécialité :** Energétique - Thermique - Combustion

**Titre de la thèse :** Conception et caractérisation thermique d'un échangeur?stockeur constitué d'un matériau à changement de phase dans une structure conductrice.

## Résumé

La récupération de rejet thermique et le stockage de l'énergie thermique présente un enjeu important dans la stratégie de recherche fondamentale et technologique en Europe. Le stockage thermique par chaleur latente s'est révélé être une technique prometteuse, à la fois du point de vue de l'efficacité énergétique et d'un point de vue économique. On appelle Matériaux à Changement de Phase (MCP), les matériaux utilisés pour ce type de stockage. Ces derniers représentent une forte densité de stockage et un changement de phase à température quasi-constante, permettant de stocker une grande quantité d'énergie dans des conditions de transfert thermique plus constant qu'un stockage par chaleur sensible. L'utilisation des matériaux à changement de phase en tant que matériaux de stockage présente l'inconvénient d'une faible conductivité thermique, qui limite l'échange entre le fluide caloporteur et le milieu de stockage. Par conséquent, la conception d'un matériau de stockage efficace et rentable requiert le développement de techniques d'amélioration des transferts thermiques. Se basant sur les nombreuses études antérieures, un concept de stockage par chaleur latente dopé en conductivité thermique a été développé. Le stockage est basé sur une technologie intégrant une structure conductrice de Graphite Naturel Expansé (GNE), imprégnée par un MCP. Ce système présente les résultats les plus prometteurs en termes de temps de retour pour des applications industrielles à cycles thermiques courts. Le matériau composite GNE-MCP est fabriqué par compression uniaxiale des vermicules de graphite. Cette compression permet la formation d'une matrice de graphite, induisant une orientation de plans de graphite suivant le plan des plaques et une structure orthotrope du matériau composite. Ceci conduit à une conception du stockage où le fluide caloporteur traverse orthogonalement le réseau de plaques dans lesquelles les transferts dans le plan sont privilégiés.

L'objectif de notre étude est de proposer une modélisation numérique d'un échangeur-stockeur multi tubes et multi plaques, en utilisant différentes formulations de conservation d'énergie et de les valider expérimentalement. Pour cela, un dispositif expérimental constituant le module élémentaire du stock a permis de déterminer les caractéristiques thermiques du matériau composite GNE-MCP et de valider le modèle thermique. Ce dispositif permet de déterminer la conductivité thermique plane, la résistance thermique de contact entre l'échantillon et un élément chauffant/refroidissant par une méthode inverse. Le modèle numérique 3D réalisé sous Comsol permet de valider le modèle de changement de phase. Cependant, compte tenu de la complexité du système envisagé (nombre de plaques important), un modèle numérique 3D serait trop gourmand en ressources pour étudier le comportement thermique du matériau composite dans un échangeur stockeur multitube, et multi plaques, pendant les phases de stockage et déstockage. On propose de réaliser un modèle numérique 2D par éléments finis avec Comsol, complété dans la troisième dimension par une routine sous Matlab couplant les différentes tranches constitué par les plaques élémentaires. Trois méthodes numériques ont été comparées : méthode du  $C_p$  apparent, méthode enthalpique et méthode de cinétique. Cette dernière prend en compte la cinétique de cristallisation en phase de solidification. Le modèle a été confronté aux résultats expérimentaux obtenus sur le démonstrateur.

## Publications et communications :

[1] Mariam Jadal, Kevin Merlin, Didier Delaunay, Lingai LUO, Jérôme Soto, ?Etude d'un dispositif de caractérisation thermique de matériaux composites : application à un matériau à changement de phase dans une structure conductrice?, Compte rendu du Congrès de la Société Française de la Thermique SFT, Marseille 2017.

[2] Mariam Jadal, Kevin Merlin, Didier Delaunay, Lingai LUO, Jérôme Soto, ? Analyse des transferts thermiques dans un matériau à changement de phase dopé en conductivité?, Compte rendu du Congrès de JITH (Journées Internationales de Thermique), Monastir, Tunisie 2017.

## Projet professionnel :

Enseignant chercheur,  
Ingénieur de recherche en entreprise ou chargé de recherche en laboratoire (en fonction des opportunités)

**NOM et Prénom :** KA Moussa

**Email :** moussa.ka@univ-rennes1.fr

**Directeur de thèse :** Pr Christophe LANOS

**Co-directeur :** Pr Christophe LANOS

**Co-encadrant 1 :** Mr David HOFFMANN

**Co-encadrant 2 :** Mr Laurent MOLEZ

**Etablissement :** Université Rennes 1

**Laboratoire d'accueil :** LPGN

**Equipe :** Matériaux et thermo-rhéologie

**Financement :** Industrie

**Spécialité :** Génie des Matériaux

**Titre de la thèse :** Caractérisation des caractéristiques et performances de composites géopolymères

## **Résumé**

Le sujet proposé est focalisé sur la caractérisation et l'étude des performances de matériaux de construction formulés avec des liants géopolymères. Les liants géopolymères sont produits à partir d'un mélange de minéraux avec une solution de silicates alcalins. Ces liants sont caractérisés par une haute réactivité conduisant à la structuration des silicates et aluminates, ce qui confère à la matrice solide des propriétés mécaniques intéressantes. Les travaux réalisés dans cette thèse permettront, d'une part, de mettre en place un protocole de caractérisation des composites géopolymères puis, de comprendre les mécanismes d'évolution des caractéristiques de ces produits en fonctions des conditions auxquelles ils sont exposés. Ces données doivent conduire à l'estimation des conditions de durabilité des composites géopolymères afin de mieux gérer l'adéquation entre le choix d'une formulation et l'usage du produit. L'étude de la durabilité entamée révèle que certains matériaux ont un retrait, une perte de masse, une porosité et un coefficient de capillarité assez importants.

## **Publications et communications :**

Communication: Characterization of the physicochemical, mechanical and durability properties of geopolymer-based composites. Workshop Franco-Malaisien à l'IUT de Saint Malo, 19/10/2017.

## **Projet professionnel :**

Après ma thèse j'envisage de travailler en tant que chercheur en Recherche Développement et Innovation dans le domaine des matériaux de construction que ce soit en entreprise ou dans les organismes privés et publics.

**NOM et Prénom :** KADI Mohamed EL Amine

**Email :** mohamed-el-amine.kadi@imt-atlantique.fr

**Directeur de thèse :** TAZEROUT Mohand

**Co-directeur :** LOUBAR Khaled

**Co-encadrant 1 :** AWAD Sary

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Institut Mines-Télécom Atlantique

Laboratoire d'accueil : GEPEA

Equipe : équipe verte

Financement : Boursier étranger

Spécialité : Energétique - Thermique - Combustion

**Titre de la thèse :** contribution à l'étude de l'influence des biocarburants et de leurs propriétés sur le fonctionnement des moteurs à combustion interne.

## Résumé

L'objet des travaux à mener dans le cadre de cette thèse est d'étudier l'influence des propriétés physico-chimique des carburants alternatifs sur les performances des moteurs à combustion interne.

il s'agit essentiellement de :

De comprendre l'effet des principales propriétés physico-chimique sur le déroulement de la combustion de ces carburants à travers la modélisation thermodynamique.

De mener une étude expérimentale sur différents types de carburants alternatifs dont les résultats permettront de valider le modèle proposé.

## **Publications et communications :**

M.A. KADI, K. LOUBAR, S. AWAD, M. TAZEROUT, "Purification of biodiesel by the use of a mixt bed of sawdust and ion exchange resin", accepted in 7th international conference on engineering for waste and biomass valorisation, July 2-5, 2018 Prague, Czech Republic.

M.A. KADI, N. AKKOCHE K. LOUBAR, S. AWAD, M. TAZEROUT, Kinetic study of transesterification using two swarm particle optimization methods.

N.AKKOCHE, M. BALISTROU, K. LOUBAR, M.A KADI, M. TAZEROUT, Pyrolysis polybutadiene model including self-heating and self-cooling effects : Kinetic study via particle swarm optimization

---

## **Projet professionnel :**

occuper un poste de maitre de conférence B.



**NOM et Prénom :** KALIOUDJOGLOU Loïck

**Email :** loick.kalioudjoglou@univ-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Auvity Bruno

**Co-directeur :** Christophe Josset

**Co-encadrant 1 :** Vincent Melot

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Université de Nantes

Laboratoire d'accueil : LTN

Equipe : TFSE

Financement : CIFRE

Spécialité : Mécanique des Milieux Fluides

**Titre de la thèse :** Modélisation numérique des Générateurs de vapeur par méthode CFD

## **Résumé**

Naval Group Centre de Nantes-Indret est spécialisé dans la conception des systèmes de propulsion (bâtiment surface ou sous marin) et de conversion d'énergie (Energie Thermique des Mers). Les cycles thermiques utilisés requièrent entre autre l'utilisation d'évaporateurs. Naval Group conçoit et fabrique ce type d'appareil pour ses applications.

Naval Group est confronté à 2 enjeux : réduire l'encombrement et pouvoir prédire avec précisions les performances de ses évaporateurs afin de réduire les coûts. La réduction de l'encombrement permet de répondre à plusieurs besoins : améliorer la maintenance, pouvoir disposer d'autres équipements supplémentaires et diminuer les coûts de matière. L'amélioration de la précision du dimensionnement permet de pouvoir s'affranchir d'essais de premier de série ou des ajustements géométriques ultérieurs.

Pour atteindre ces deux objectifs, il est nécessaire d'avoir des outils de calculs permettant de modéliser finement l'évaporateur. Cependant, ces derniers sont dimensionnés à ce jour principalement à l'aide de modèles de calcul semi-empiriques validés sur des technologies classiques d'échangeurs. Ces modèles ne permettent donc pas d'optimiser l'agencement interne de l'échangeur et de prédire avec précisions les performances de ce dernier.

Naval Group mène un programme de développement autour des outils de modélisation ainsi que des réflexions d'innovations de ces évaporateurs. L'enjeu de la thèse est donc de pouvoir disposer de nouveaux modèles de calculs permettant de prédire avec précision les performances et optimiser ses évaporateurs.

Les principaux verrous technologiques à lever sont :

- Compréhension des phénomènes physiques mis en jeu dans les évaporateurs
- Modélisation de ces phénomènes

## **Publications et communications :**

Un article "PREDICTION OF HYDRAULIC PERFORMANCE OF SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGER : COMPARISON OF 1D AND CFD-POROUS MEDIA APPROACHES" est en cours de soumission. Il présente la comparaison entre les codes classiques de dimensionnement utilisés en industrie et le code développé pendant la thèse.

## **Projet professionnel :**

Mon projet professionnel est de continuer à travailler en R&D dans le domaine de la CFD appliqué aux systèmes énergétiques.

**NOM et Prénom :** KARAM Reine

**Email :** reine.karam@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** DENELEE Dimitri

**Co-directeur :** BULTEEL David

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : IFSTTAR

Equipe : Géotechnique, Eau, Risques et Sciences de la Terre

Financement : Salarié

Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Développement d'un nouveau liant alcali-activé incorporant des sédiments de dragage

## Résumé

Dans un monde qui s'oriente de plus en plus vers le développement durable, les matériaux alcali-activés (MAA) sont apparus comme étant des liants alternatifs au ciment Portland ordinaire (OPC), puisque ce dernier présente l'inconvénient d'émettre une grande quantité de CO<sub>2</sub> lors de sa fabrication. En effet, les cimenteries émettent 5 à 7% des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, les coproduits industriels tels que les laitiers de hauts fourneaux (LHF) peuvent servir comme liants alternatifs au ciment Portland ordinaire (OPC). L'activation alcaline de ces produits par l'introduction de certains agents basiques, permet l'acquisition et l'amélioration des propriétés rhéologiques et mécaniques du liant. D'autre part, 45Mm<sup>3</sup> de sédiments sont dragués annuellement en France mais l'évolution de la réglementation va tendre à restreindre leur immersion en mer. La valorisation d'une partie de ces sédiments en tant que matières premières entrant dans la composition de liants contribuerait à limiter l'épuisement des ressources naturelles.

L'objectif de notre travail est le développement d'un nouveau type de liant alcali-activé, à base de laitiers de hauts fourneaux, incorporant des sédiments de dragage.

Les principaux facteurs qui peuvent affecter les réactions d'activation alcaline et jouer un rôle sur la structure, la minéralogie et les propriétés des matériaux obtenus sont la nature de l'activateur alcalin basique, sa concentration (%Na<sub>2</sub>O et rapport Ms = SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O) et le rapport Eau/Solide. L'activation alcaline des LHF a été étudiée en première étape sans sédiments, en variant les différents paramètres (nature de l'activateur : NaOH seul ou en mélange avec Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, %Na<sub>2</sub>O : 2,5 à 10%; Ms entre 1,2 et 1,7; alors que le rapport E/S est fixé à 0,45). En seconde étape, un pourcentage fixe de 30% de sédiments a été incorporé dans les formulations des matériaux alcali-activés(MAA). Les effets de cet ajout sédimentaire sur les propriétés du liant obtenu sont étudiés sachant que le rapport E/S a été corrigé à 0,62 pour travailler à maniabilité constante.

## Publications et communications :

S. Noureddine El Moussawi, R. Karam, M. Cladière, H. Chébib, R. Ouaini, V. Camel, Effect of sterilisation and storage conditions on the migration of bisphenol A from tinfoil cans of the Lebanese market, Food Addit. Contam. - Part A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess. 35 (2017) 1?10. doi:10.1080/19440049.2017.1395521.

## Projet professionnel :

Diplômée d'un M2 Recherche en Sciences Analytiques, j'ai réussi à trouver une thèse dans le domaine du génie civil. Après la thèse, mon projet professionnel va rester basé dans le domaine de la recherche. A court terme, un post-doc me permettra d'avoir une expérience plus large hors de mon sujet de thèse. A long terme, je voudrais bien être une chercheuse qui développe plusieurs axes de recherche.

**NOM et Prénom :** KELLA BENNANI Hamza

**Email :** hamza.kella-bennani@insa-rennes.fr

**Directeur de thèse :** Mohammed HJIAJ

**Co-directeur :** None

**Co-encadrant 1 :** Mohammed KHALIL FERRADI

**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Institut National des Sciences Appliquées Rennes

**Laboratoire d'accueil :** LGCGM

**Equipe :** GEOSAX

**Financement :** Union Européenne

**Spécialité :** Génie civil

**Titre de la thèse :** Finite Element models for simulations of civil components and mechanical equipment of plants.

## **Résumé**

L'objectif principal de ma thèse est de développer des modèles éléments finis raffinés pour comprendre le comportement et prédire les déformations des équipements et composants critiques destinés aux industries chimique, pétrochimique, ainsi qu'aux industries du nucléaire. Parmi ces composants on peut citer les coudes courbés, les joints sous forme de T et les réservoirs, qui ont fait l'objet de plusieurs projets de recherche, cette analyse mécanique consiste principalement à prédire les déformations (gauchissement, ovalisations..) de ces composants soumis à des excitations violentes, telles que les séismes, incendies et inondations. En effet, il existe une importante bibliographie sur la modélisation des tuyauteries et de nombreux éléments finis de tuyaux droits et coudés sont disponibles dans les grands codes d'éléments finis. Des synthèses ont déjà été réalisées par le passé et les effets importants à prendre en compte sont le gonflement dû à la pression interne et l'ovalisation des sections transverses plane et anti-plane, dans un premier temps, on se place dans l'hypothèse des petites rotations et déformations, pour ensuite passer au cas des grandes déformations. L'idée directrice de ces travaux et de considérer un élément à deux, trois ou quatre nœuds, de type poutre courbe ou droite prenant en compte l'ovalisation, le gauchissement et le gonflement. La cinématique de poutre est enrichie d'une cinématique de coque pour la description du comportement des sections transverses. Les déplacements des points sur la section sont écrits sous forme de séries de Fourier dont le nombre de termes doit à la fois être suffisant pour obtenir de bons résultats et pas trop grand pour limiter le temps de calcul.

Suite à cette analyse, il paraît indispensable d'évaluer la vulnérabilité de ces composants en utilisant des courbes de fragilité qui présentent la probabilité de défaillance de ces équipements en fonction de l'intensité de l'excitation (sismique, inondations, incendies?).

## **Publications et communications :**

pas encore

## **Projet professionnel :**

Compléter avec succès mon programme de doctorat dans les délais prédéfinis.

Acquérir des connaissances techniques / scientifiques multidisciplinaires de pointe et devenir un chercheur / ingénieur reconnu dans le domaine de l'ingénierie structurelle.

Devenir un expert des systèmes de tuyauterie.

Travailler en étroite collaboration avec des multinationales / pour les besoins de l'industrie

**NOM et Prénom :** KHAIRALLAH Diana

**Email :** diana.w.khairallah@gmail.com

**Directeur de thèse :** Pierre Hornych

**Co-directeur :** Pas de co-directeur

**Co-encadrant 1 :** Juliette Blanc

**Co-encadrant 2 :** Jean Michel Piau

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : IFSTTAR

Equipe : Lames

Financement : CIFRE

Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Analyse et modélisation du comportement mécanique de structures de voies ferrées avec sous-couche bitumineuse

## Résumé

Les phénomènes de tassement et d'usure du ballast, sous sollicitations dynamiques conduisent à des fréquences et coûts de maintenance élevés. Plusieurs études ont montré que ces tassements étaient liés aux accélérations élevées produites dans le ballast par le passage des trains à grande vitesse. Pour atténuer ce problème, une couche de grave bitume a été réalisée sous la couche de ballast sur la LGV Bretagne-Pays de la Loire. Elle est destinée entre autre à diminuer l'amplitude des accélérations produites au passage des TGV. La LGV BPL comporte 105 km avec une sous couche en Grave-Bitume sous le ballast, et 77 km avec une sous-couche granulaire. Afin de pouvoir étudier les réponses dynamiques de ces différentes structures et de comprendre l'effet des différentes couches sur la réponse dynamique, quatre sections ont été instrumentées au moyen, entre autres, d'accéléromètres, de jauges de déformation, de sondes de température.

Les données des passages des TGV sont récupérées durant une phase de montée en vitesse sur les 4 sections. Les signaux de mesure sont téléchargés sur un serveur, classés et traités. Un développement de méthodes d'analyse, pour le traitement des signaux des différents capteurs a constitué la première étape de la thèse. Des routines Scilab ont été développées pour traiter et tracer les mesures des capteurs des différentes sections. Un programme global a été créé, qui permet de lancer plusieurs fonctions de récupération de fichiers du(des) passage(s) en question, filtrage des courbes, calcul de vitesses, traitement et tracé de graphiques. Pour chaque signal de capteur ainsi filtré (accéléromètres et capteur de déflexion ancré), la méthode « cumul des bogies porteurs » est ensuite appliquée aux sept bogies porteurs constituant le train à grande vitesse. Ces signaux sont ensuite tracés en fonction d'une distance (produit entre la vitesse du train et le temps (???????? en abscisse)). Afin de pouvoir comparer les réponses des différentes structures, les extremums (min et max) de ces courbes sont déduits.

Une comparaison entre les résultats de déflexion et d'accélération de la section granulaire et la section bitumineuse a été menée pour tous les passages de TGV sur la voie LGV BPL durant la phase de montée en vitesse et pour les différents capteurs installés. Les accélérations à la base et au sommet de la couche granulaire ont été aussi traités.

## **Publications et communications :**

Khairallah, D., Blanc, J., Cottineau, L.M., Hornych, P., Hosseingholian, M., Ducreau, A., Pouget, S., and Voignet, P. (2017). Monitoring Of Railway Structure With Bituminous Underlayment. GEORAIL 2017 3ème Symp. Sur Géotechnique Ferrov.

## **Projet professionnel :**

A la suite de ma thèse, je compte à poursuivre dans le domaine de la recherche sur les infrastructures et leurs instrumentations (ferroviaires idéalement).

D'autre part, je souhaite m'intégrer dans l'enseignement, auquel je me rattache bien.

**NOM et Prénom :** KHODER Yahya  
**Email :** yahya.khoder@ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Thierry Coupez  
**Co-directeur :** Tony Nicolas  
**Co-encadrant 1 :** Luisa Silva  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Ecole Centrale de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** ESB  
**Equipe :** ICI  
**Financement :** Boursier étranger  
**Spécialité :** Mécanique des Milieux Fluides

**Titre de la thèse :** Générations et adaptations de maillages à partir d'images satellites : simulation numérique de l'aérothermie des villes urbaines.

## Résumé

L'objectif de ce travail est de construire une nouvelle méthodologie pour la simulation des transferts thermiques couplés avec l'écoulement au sein de zones urbaines qui sont reconstruites à partir d'images d'environnements urbains. Ceci permet de étudier les micro-climats au sein des villes pour pouvoir prédire les circulations de polluants, la conception de systèmes de protection thermique, la température de surface et hauteur des murs, les champs du vent dans la ville, etc. dans le but de proposer des solutions pour éviter les canicules, l'îlot de chaleur et l'effet de serre au niveau national. Aujourd'hui, il devient de plus en plus évident que l'échelle locale est incontournable dans la mise en œuvre de la plupart des visions climatiques. Dans un premier temps, nous allons développer une méthode de simulation directe, en 2D puis en 3D, au moyen d'éléments finis stabilisés et hautement parallèles afin de reconstruire notre domaine d'application. Puis, les maillages sont générés directement à partir d'imagerie 3D et les équations qui régissent les écoulements sont résolues ainsi que celles du transfert radiatif en utilisant dans la librairie ICITech. Ceci va nous permettre de passer à une échelle supérieure à partir des outils de cartographie terrestre très récents dans ce domaine.

## Publications et communications :

8 Juin ? 9 Juin 2017: Présentation Orale « Reconstruction 3D et Calcul du transfert Radiatif en Zone Urbaine. » à la journée mathématiques appliquées, Université Saint Joseph de Beyrouth, Liban.

12 Sep ? 14 Sep 2017 : Présentation Orale & Poster « Generation and Adaption of Mesh From Satellite Image and Aerothermal Numerical Simulation of Urban Area. » Conférence Internationale ? Science of the future?, Nizhny Novgorod, Russie.

## Projet professionnel :

Lors de cette thèse, notre objectif est de prédire les écoulements en environnements urbains. Donc, nous nous intéressons au développement d'une technique de reconstruction des environnements urbain qui va permettre de résoudre les équations Navier-Stokes Couplées avec la chaleur avec/sans terme radiatif.

**NOM et Prénom :** KOBEISSI Alaa  
**Email :** alaa.kobeissi@insa-rennes.fr  
**Directeur de thèse :** LEOTOING Lionel  
**Co-directeur :** RAHME Pierre  
**Co-encadrant 1 :** GUINES Dominique  
**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Institut National des Sciences Appliquées Rennes  
Laboratoire d'accueil : LGCGM  
Equipe : PSM  
Financement : Allocation Région ou Département  
Spécialité : Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Caractérisation mécanique de matériaux composites à partir d'un essai hétérogène de traction biaxiale intégrant l'effet des chemins de déformation et de la vitesse de déformation

## Résumé

L'élaboration d'un matériau composite résulte de l'association de constituants aux propriétés mécaniques très différentes. Une infinité de combinaisons s'offre au concepteur qui peut proposer un matériau « à la carte », dédié à une application industrielle. La souplesse d'élaboration de ces matériaux et la diversité des constituants permet d'aboutir à des matériaux multifonctionnels, capables de répondre à diverses contraintes d'un cahier des charges. Si ces matériaux présentent de nombreux atouts, la définition de modèles mécaniques fiables reste difficile lors de la phase de prototypage virtuelle. L'association de matériaux aux propriétés mécaniques très différentes conduit à l'apparition de phénomènes propres à chaque échelle d'observation. La caractérisation expérimentale des différents comportements, fortement anisotropes, est relativement difficile car les dispositifs d'essais conventionnels ne sont pas toujours adaptés. Ce projet s'appuie sur la complémentarité des compétences en caractérisation expérimentale et en modélisation numérique des matériaux de deux équipes de recherche, pour proposer une procédure de caractérisation originale basée sur un dispositif de sollicitation multiaxiale. Un essai de caractérisation mécanique sous sollicitations multiaxiales, comme le permet le dispositif de traction biaxiale, est clairement adapté à l'identification de comportements fortement anisotropes. Un essai unique permet de solliciter le matériau selon plusieurs directions et limite ainsi le nombre d'essais préconisés par les procédures d'identification conventionnelles. Le potentiel de l'essai de traction biaxiale a été démontré pour les matériaux métalliques mais très peu d'études ont vu le jour concernant la caractérisation des matériaux composites avec ce dispositif. L'une des difficultés majeure pour la mise en place de ce type d'essai concerne la définition de la forme de l'éprouvette à tester. Cette difficulté est accrue avec les matériaux composites car la phase de définition et d'optimisation de la forme de l'éprouvette doit également intégrer les contraintes du procédé d'élaboration du composite étudié. Le premier verrou scientifique à lever lors de ce travail de thèse consistera à définir une forme d'éprouvette adéquate, dédiée aux comportements mécaniques à identifier. Les chemins de déformation associés à certains modes de déformation observés sur une pièce industrielle peuvent être relativement complexes. Grâce au pilotage indépendant des deux axes de sollicitation de l'essai de traction biaxiale, des chemins de déformation complexes et réels peuvent être parcourus. La réalisation d'essais de caractérisation suivant différents chemins de déformation devrait permettre une meilleure compréhension du comportement mécanique des matériaux composites et une calibration plus précise des critères à la rupture conventionnels. Ce travail de thèse comprendra également la quantification de l'effet de la vitesse de déformation sur la réponse du matériau composite. En effet, si l'effet de la vitesse de déformation sur certains matériaux composites est observé, il est encore aujourd'hui très peu quantifié et modélisé. Certaines études ont d'ailleurs montré que l'effet de la vitesse de déformation pouvait être différent suivant le sens longitudinal ou transverse des fibres d'un pli, introduisant alors une anisotropie supplémentaire.

## **Publications et communications :**

Candidat au ECCM 2018 (European Conference on Composite Materials) : "Numerical Investigation on Cruciform Composite Shape for the Biaxial Characterization Test"

## **Projet professionnel :**

Actuellement doctorant en cotutelle entre l'INSA Rennes et l'Université Libanaise, et ayant l'opportunité de travailler sur des expérimentations innovantes, pour cela j'aspire à un poste d'enseignant chercheur. Ceci me permettra d'améliorer encore plus mes connaissances scientifiques dans le domaine du génie mécanique.



**NOM et Prénom :** KODIEH Alaa  
**Email :** alaa.kodieh@univ-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** MAROT Didier  
**Co-directeur :** GELET Rachel  
**Co-encadrant 1 :** NGUYEN Ngocson ngocson  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** GeM  
**Equipe :** IEG  
**Financement :** Boursier étranger  
**Spécialité :** Génie civil

**Titre de la thèse :** Poro-elastoplastic Numerical Modeling of Internal Erosion within a Soil and Its Consequences on Soil Mechanical Behavior.

### **Résumé**

Loading of hydraulic structures such as dams, dikes or levees induces hydrodynamic forces which may lead to the detachment and transport of the fine particles within the soil skeleton. This phenomenon is characterized as internal erosion phenomenon, which is one of the main causes of instabilities within hydraulic earth structures. This phenomenon has two types of erosion processes, suffusion and interface erosion. Suffusion is the process that occurs within the volume of the soil and concerns only the finer particles which are detached and move inside the soil matrix constituted by coarse particles. This process leads to the loss of fine particles and thus the modification of the mechanical behavior of soil. Several experimental tests have been conducted to characterize the internal erosion process and its consequences on the mechanical behavior of soil samples. However, these results are obtained at the sample scale and need to be upgraded to the structure scale. The aim of this thesis is to upgrade experimental expertises from the sample scale level to the structure level throughout numerical modeling to solve the problems the stakeholders may face concerning the sensitivity of their structure to suffusion, the weak zones of the structure, and the kinetic of suffusion in order to have maintenance. Thus, the objectives are to develop poro-elastic and poro-elastoplastic models with suffusion to reproduce the final stage of suffusion (maximum mass loss), reproduce the kinetic of suffusion process (mass loss over time), and investigate the consequences of suffusion on the mechanical behavior soil.

### **Publications et communications :**

- Applied for the International conference for scour and erosion which will take place in Taiwan on the 5th of November, where I have submitted a paper with the title "Coupled hydro-mechanical model of a poro-elastic medium subjected to suffusion".

### **Projet professionnel :**

- Research domain throughout continuing in post doc and ATER  
- Teaching domain

**NOM et Prénom :** L'HER Gwendoline  
**Email :** gwendoline.lher@ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Daniel Siret  
**Co-directeur :** x  
**Co-encadrant 1 :** Myriam Servières  
**Co-encadrant 2 :** x

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes  
Laboratoire d'accueil : AAU  
Equipe : Crenau  
Financement : Autre  
Spécialité : Architecture et Etudes Urbaines

**Titre de la thèse :** Le concept de "citoyen-capteur" dans les dispositifs de participation habitante au sein de l'action publique urbaine

## Résumé

Actuellement en doctorat en aménagement de l'espace et urbanisme au sein de l'équipe CRENAU de l'UMR AAU CNRS/ECN/ENSAN. Mon travail de thèse est une recherche exploratoire à l'intersection des thématiques « territoire » et « numérique ». Il s'agit d'étudier des jeux d'acteurs au sein d'un urbanisme collaboratif. La recherche s'appuie sur la notion de « citizen as sensor » pour décrire les engagements individuels amateurs dans le cadre d'une démarche de transformation de la ville mettant en œuvre les nouvelles technologies de l'information et de la communication. Cette notion est apparue dans le champ de la cartographie collaborative. Elle représente les interactions entre un individu, son milieu et ses outils mobiles qui participent à la vie de la cité en échangeant des informations attachées à un territoire. Aujourd'hui la fabrication de la ville s'est transformée, déplaçant l'action publique urbaine d'une capacité de planification vers une capacité de mobilisation. Je m'interroge plus particulièrement aux dispositifs déployés par les acteurs qui interviennent sur des problématiques environnementales dans la mesure où ceux-ci nécessitent une action collective assumée. Se pose alors la question : comment les techniques numériques mobile et la participation par l'expérience interviennent dans la mise en débat du sensible au sein des dispositifs d'action publique urbaine ?

## **Publications et communications :**

L'Her, Servières, Siret, (en cours d'évaluation). "La cartopartie, une balade urbaine appropriée par les collectivités", Cahiers de la Recherche Architecturale, Urbaine et Paysagère.

L'Her, Servières, Siret, (en cours d'évaluation). "Citizen as Sensor in Urban Public Action: case study in Air Pollution", Journal of Science Communication

L'Her, Servières, Siret, (2017). "Participer et transformer les territoires - Interactions entre habitants, techniques et milieux à partir de la notion de citoyen-capteur", vol.31 n°1-2, Revue Netcom.

---

## **Projet professionnel :**

poursuite en postdoc.

**NOM et Prénom :** LAUZERAL Nathan  
**Email :** nathan.lauzeral@ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Francisco Chinesta  
**Co-directeur :** /  
**Co-encadrant 1 :** Domenico Borzacchiello  
**Co-encadrant 2 :** /

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes  
Laboratoire d'accueil : ICI  
Equipe : ICI  
Financement : Contrat de recherche  
Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Manifold learning-based patient specific surgical simulators

## Résumé

Cette thèse a pour but de développer l'utilisation d'outils de réduction de modèles numériques dans le cadre médical. La réduction de modèle vise à réduire la complexité de calcul de simulations numériques sans simplifier la physique sous-jacente. On peut citer les méthodes les plus classiques telles que : la Proper Orthogonal Decomposition, la Reduced Basis ou la Proper Generalized Decomposition.

Les premiers résultats de cette thèse sont issus d'une collaboration avec l'Institut de Recherche contre les Cancers de l'Appareil Digestif (IRCAD, Strasbourg) et portent sur l'élaboration d'un modèle réduit de foie dont la forme est adaptable au patient et supportant le calcul en temps réel. Le modèle réduit est construit à partir d'une base de données de 485 formes de foies fournies par l'IRCAD. La première étape a été de créer un Modèle Statistique de Forme (MSF) à partir de cette base de données. Pour ce faire, une nouvelle méthode de recalage d'images 3D a été développée afin de préserver la qualité du maillage du modèle éléments finis lors du recalage. A partir de ce MSF, le modèle réduit est construit grâce à l'utilisation de la Sparse Subspace Learning, une nouvelle méthode de réduction de modèle, appliquée conjointement avec une méthode de morphing nommée iFEMWRAP. Une première application portant sur la respiration a été développée afin de tester la validité de la démarche.

La deuxième partie de la thèse porte sur la réduction d'un modèle d'électroporation appliqué au cœur. Ce projet est réalisé en partenariat avec l'université de Brno (République Tchèque). Ce travail est l'occasion d'appliquer la réduction de modèle à un problème multi-physiques (thermique, électrique, biologique) fortement couplé, ce qui est peu présent dans la littérature. Dans un troisième temps, la collaboration avec l'IRCAD sera de nouveau mise à contribution pour aller plus loin dans la simulation de la respiration.

## Publications et communications :

Conférences :

- Poster à DataBEST, Nantes, Mars 2017
- Présentation orale à ESB Séville, Juillet 2017
- Présentation orale à ICCB Compiègne, Septembre 2017
- Présentation orale à VIP Porto, Octobre 2017
- A venir : présentation orale à Virtual Physiological Human Conference, Saragosse, Septembre 2018

Articles :

- Publication à paraître dans "Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization".
- Deux articles en cours de rédaction.

---

## Projet professionnel :

Continuer dans le domaine de la simulation médicale, éventuellement dans les applications de réalité augmentée liées à la chirurgie.

**NOM et Prénom :** LAUZET

**Email :** lauzet.n@gmail.com

**Directeur de thèse :** Marjorie MUSY

**Co-directeur :** Marjorie MUSY

**Co-encadrant 1 :** Thibaut COLINART

**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université Bretagne Sud

**Laboratoire d'accueil :** IRDL

**Equipe :** PTR4

**Financement :** CIFRE

**Spécialité :** Energétique - Thermique - Combustion

**Titre de la thèse :** Prise en compte du microclimat urbain en phase de conception bioclimatique des bâtiments

## **Résumé**

Le réchauffement climatique, l'augmentation de la population mondiale et sa migration vers les villes sont autant d'éléments qui définissent le contexte dans lequel nous vivons aujourd'hui et auxquels nous ne pouvons que nous adapter. Pour ce faire, une transition des modes de vie est primordiale à tous les niveaux. Le secteur du bâtiment suit cette transition, des réglementations et labels poussent à la performance environnementale. Parce que la meilleure énergie est celle qu'on ne consomme pas, la conception bioclimatique offre des enveloppes de bâtiments optimisées qui captent au maximum les apports passifs du site d'implantation. Cette approche bioclimatique est aidée par l'utilisation de Simulations Thermiques Dynamiques (STD). Pour l'ingénieur en bâtiment, une des données d'entrée du modèle de bâtiment est le climat (température, vent, ensoleillement, etc.), qui est généralement issu de station météo aéroportuaire. Or, des études récentes ont mis en évidence que ces données climatiques sont différentes en zones urbaines. Se pose alors la problématique suivante : Comment prendre en compte le microclimat urbain en phase de conception bioclimatique des bâtiments ?

La réponse apportée ici vise à recalculer, à l'échelle de l'îlot (cas d'étude de Lyon Confluence), un fichier météo de type TMY (Meteonorm, pour la région lyonnaise la station est à Bron) qui sont les données utilisées pour les simulations STD. Ce recalage conserve le format du fichier météorologique TMY, à savoir des données climatiques heure par heure sur l'année complète. L'opération se fait via un chaînage des logiciels CitySim puis CIM. CitySim modélise de manière explicite la 3D du quartier, en prenant en compte les typologies des surfaces de la scène urbaine (les sols, les façades et toitures des bâtiments, les arbres). En sortie on obtient les températures des surfaces urbaines de l'îlot Confluence qui sont ensuite affectées en conditions limites de l'outil climatique CIM. A partir de ces conditions limites, de la morphologie du quartier et du fichier météorologique de Bron (météo périurbaine), CIM recalcule les données climatiques locales de Confluence par un modèle 1D vertical, avec des mailles formant des strates de trois mètres de haut. Ainsi, les paramètres de vitesse et direction de vent, de température et de d'humidité relative de l'air sont simulés tous les trois mètres en vertical, ces valeurs sont considérées homogènes sur toute la maille (la strate).

Une fois le fichier climatique local généré, il est utilisé en STD Design Builder sur trois bâtiments de logements collectifs implantés dans l'îlot Confluence. Des analyses de sensibilités des sollicitations climatiques sur les résultats de STD sont ensuite présentées. Elles illustrent l'impact de la prise en compte du microclimat urbain (par recalage météorologique) sur la STD et par conséquent sur les choix qui sont faits en phase de conception bioclimatique des projets de construction.

## **Publications et communications :**

Prévu cette année:

- Communication à IBPSA France (Conférence nationale)
- Communication à ICUC10 (Conférence internationale)
- Article dans "Renewable & Sustainable Energy Reviews"

## **Projet professionnel :**

A la suite de ma thèse j'envisage de rester au sein du bureau d'études de conception qui m'embauche. Le caractère innovant de la société et l'aspect concret de l'opérationnel forme un cocktail qui me motive.

**NOM et Prénom :** LE GUEN Simon

**Email :** simon.le-guen@eleves.ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** TAUZIA Xavier

**Co-directeur :** N/A

**Co-encadrant 1 :** MAIBOOM Alain

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : LHEEA

Equipe : TSM

Financement : CIFRE

Spécialité : Energétique - Thermique - Combustion

**Titre de la thèse :** Etude expérimentale et modélisation phénoménologique des transferts thermiques au parois d'un moteur automobile

## Résumé

Du fait de la prise de conscience croissante de l'impact des activités humaines sur l'environnement et la santé, on assiste ces dernières années à un durcissement des réglementations en matière d'émissions polluantes et de gaz à effet de serre, notamment dans le secteur du transport. En effet celui-ci est responsable d'une part non négligeable de ces émissions, ce qui conduit à la mise en place de normes de plus en plus sévères, que ce soit du point de vu des quantités rejetées, mais aussi de celui des conditions d'essai (départ à froid, transitoires rapides etc.). Incidemment, les constructeurs automobiles subissent une pression croissante, ce qui les pousse à développer des groupes motopropulseurs toujours plus sophistiqués tout en mettant au point des stratégies de contrôle moteur avancées. Dans ce contexte, les outils de simulation jouent un rôle de plus en plus important et interviennent à toutes les étapes du processus de développement d'un moteur.

Les moteurs à combustion interne restent de nos jours la technologie propulsion la plus utilisées dans le secteur automobile du fait de leur fiabilité, mais une maîtrise accrue de leur comportement est nécessaire afin de limiter leurs émissions. Cette maîtrise passe par la mise au point de modèles fiables et par la réalisation d'essais.

La thèse de doctorat présentée ici est effectuée dans le cadre d'une chaire industrielle intitulée "Modélisation système pour le contrôle et la mise au point des moteurs à combustion interne" dont les membres sont Renault, Siemens et l'Ecole Centrale de Nantes. La thèse se focalise sur la chambre de combustion, et plus particulièrement sur la compréhension et la modélisation des transferts thermiques aux parois de celle-ci. Ces transferts affectent des postes clés tels que les performances, les émissions polluantes et la consommation de carburant.

Le travail effectué dans le cadre de cette thèse, en plus de l'étude bibliographique, combine une approche expérimentale et une approche numérique. Peu de modèles sont disponibles dans la littérature, et ceux les plus couramment utilisés datent de plusieurs décennies. De plus, peu d'information sont disponibles quant à la calibration de ces modèles. Des campagnes d'essai moteur sont utilisées afin de développer, tester et valider des modèles de transferts thermiques au parois de la chambre de combustion. Ceci est rendu possible par la mise au point de techniques d'instrumentation spécifiques haute fréquence compatibles avec l'environnement moteur et la dynamique des phénomènes étudiés. L'objectif final est d'obtenir un modèle qui soit à la fois robuste, prédictif et simple à calibrer.

## **Publications et communications :**

Article accepté pour la conférence SAE World Congress (WCX) 2018. Présentation de l'article à Detroit (USA) le 11 Avril 2018.

## **Projet professionnel :**

Poste d'ingénieur R&D, secteur automobile ou énergies renouvelables.

**NOM et Prénom :** LE Minh Tu

**Email :** lminh-tu.le@insa-rennes.fr

**Directeur de thèse :** Quang-Huy NGUYEN

**Co-directeur :** Mai Lân NGUYEN

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Institut National des Sciences Appliquées Rennes

Laboratoire d'accueil : LGCGM

Equipe : LGCGM

Financement : Boursier étranger

Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Modeling of pavement structure behavior under dynamical loadings multilayer plate elements with interface

## Résumé

The PhD research project aims at studying the behavior of asphalt pavement structure under dynamical loadings interface bond states between layers are taken into account. Many research in the literature have demonstrated the influence of the bond condition between layers on the performance of asphalt pavement (Brown & Brunton, 1984; Khweir & Fordyce, 2003; Krutshve et al., 2005). However only elastic model for the whole pavement structure and bond parameter determined from quasi-static interface shear tests have mostly been applied for these investigations. These quasi-static laboratory test which are still currently used to characterization bond strength between asphalt layers (Canestrari et al., 2012) give responses far from real condition. Recently in the new Technical Committee PIM of the RILEM starting in 2016, interlayer characterization in multilayer pavement will be investigated through dynamic shear tests. The last ones should give interface performance close to its behavior in actual pavement structure. Moreover, linear viscoelastic (Huet, 1963; di Benedetto et al., 2004) developed for asphalt material can be applied at structure levee (Chabot et al., 2010). However, modeling of asphalt pavement structure behavior under dynamical loading taking into account both linear viscoelastic behavior of asphalt materials and interface bond conditions between layers remain an interesting issue to be investigated.

## **Publications et communications :**

RILEM International Conference on Mechanisms of Cracking and Debonding in Pavement, Nantes, 2016.

RILEM Technical Committee PIM (Phase and Interphase behaviour of bituminous Material) TG3: Pavement Multilayer system. Activity Starting 2016.

Huang, Y. (2003). Pavement analysis and design, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 2003.

Burmister, D. M. ?The theory of stress and displacements in layered systems and applications to the design of airport runways.? Highw. Res. Board, Proc. Annu. Meet., 23, 126?144.1943.

## **Projet professionnel :**

The primary assumption made in the analysis is the layered system consisting of materials that are linear elastic, and hence, an application of the elastic layer analysis to asphalt mixtures, which is a well-known viscoelastic material, has been limited. Therefore, the intention of the study was to derive a viscoelastic solution able to take into account the time.



**NOM et Prénom :** LE NÉEL Tugdual

**Email :** tugdual.le-neel@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** HASCOËT Jean-Yves

**Co-directeur :** MOGNOL Pascal

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : PMM

Financement : ANR

Spécialité : Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Nouvelle méthodologie de conception de moules et noyaux architecturés de fonderie sable fabriqué par fabrication additive de projection de liant.

## Résumé

Le doctorat a commencé le 18 janvier 2016 en rejoignant le laboratoire du GeM à Centrale Nantes sous l'encadrement de M. Jean-Yves HASCOËT et de M. Pascal MOGNOL. Le comité de suivi de thèse est composé de M. Gérard MAUVOISIN professeur à l'INSA de Rennes et M. Matthieu RAUCH maître de conférences à Centrale Nantes.

Le sujet est « Nouvelles méthodologies de conception de moules et noyaux architecturés de fonderie sable qui sont réalisées en fabrication additive sable ».

Cette thèse fait partie d'un projet financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) catégorie « Les grands défis sociétaux : Stimuler le renouveau industriel ». Le projet vie sous le nom de MOules et Noyaux ARCHitecturés par ImprEssion 3D Sable, MONARCHIES.

Pour cela, les trois laboratoires suivants font partie du projet, le laboratoire d'ingénierie et Science de matériaux (LISM), le laboratoire angevin de mécanique, procédés et innovation (LAMPA), et L'institut de recherche en Génie Civil et Mécanique (GeM). De plus, quatre fonderies, la fonte Ardennaise, Vignon, la fonderie Rocroyenne d'aluminium, et la fonderie Brousseval et Montreuil, permettent d'assister le développement des nouveaux moules et noyaux réalisés par fabrication additive.

Les huit premiers mois de thèse ont été consacré à l'état de l'art de la technique, maîtriser la fabrication additive sable par projection de liant, la fonderie, l'optimisation topologique, et les subtilités de la métallurgie. La synthèse bibliographie a abouti à un article. Le deuxième article rédigé a été sur le développement d'une méthodologie de conception de pièce par optimisation paramétrique. La conception fait varier la conduction thermique localement afin d'obtenir un refroidissement contrôlé du moule ; l'épaisseur de la paroi varie également. Les travaux ont été présentés à la conférence International Congress on Welding, Additive Manufacturing and Associated non destructive testing (ICWAM). Les rendus sont publiés dans un journal à comité de relecture. La méthodologie est illustrée au travers de simulation par le logiciel COMSOL multiphysics. Des essais doivent être réalisés prochainement afin de mettre en exergue les paramètres de fabrication pour arriver à un moule à gradient de matériaux.

Une machine de fabrication additive de projection de liant a été développé à Centrale Nantes. Les propriétés mécanique et thermiques ont été analysé afin d'enrichir les simulations et proposer des nouvelles méthodologies de conception en fonction de leurs réponses spécifiques.

Les hypothèses sont confirmées une après une, résumées au travers de communications scientifiques.

Il est remarqué que pour maîtriser la conception d'un moule ou noyaux de sable, il faut maîtriser :

- La composition du sable et ces adjuvants afin de répondre au cahier des charges.
- L'outil de fabrication, chaque technique de fabrication a ses avantages et limites.
- Les normes environnementales qui tendent à réduire les émissions de CO2.

- Les outils d'optimisation topologique, des nouvelles méthodes d'optimisation sont possibles grâce au dépôt sélectif de matière pour répondre au cahier des charges.

- La réaction thermique de la microstructure de matériau coulé en fonction du refroidissement pour optimiser la microstructure.
- Le cycle de vie du produit afin de réduire son impact et son coût pour favoriser l'adoption.

**Publications et communications :** Les entre la pièce, l'optimisation, l'outil, la trajectoire outil.

Article

1. Article ? Bibliographie ? Comité de relecture - Accepté
2. Article ? Méthodologie ? Comité de relecture - Accepté

Conférences

1. Manufacturing 21, Rennes, France Présentation (11/2016)
2. Société Française de Métallurgie et de Matériaux Poster (04/2017)
3. International Congress on Welding, Additive Manufacturing and Associated non Destructive Testing, Metz, France Présentation (05/2017)
4. Rapid3D, Texas, USA Présentation (04/2018)

---

## Projet professionnel :

Réaliser un mi-temps comme ingénieur recherche au sein d'un laboratoire public et monter des start-ups pendant mon temps libre.

**NOM et Prénom :** LENG Julien  
**Email :** julien.leng@univ-lemans.fr  
**Directeur de thèse :** François Gautier  
**Co-directeur :** Rubén Picó  
**Co-encadrant 1 :** Vicent Romero  
**Co-encadrant 2 :** Adrient Pelat

Etablissement : Université de Maine  
Laboratoire d'accueil : LAUM  
Equipe : Guides et Structures  
Financement : Organisme de recherche:CNRS-IFSTTAR-CEA.  
Spécialité : Acoustique

**Titre de la thèse :** Contrôle des ondes de flexion par une métaplaque

## **Résumé**

L'ajout de revêtements viscoélastiques est majoritairement réalisé pour amortir les vibrations de structures industrielles, ce qui accroît excessivement leur masse. Un réseau périodique de trous noirs acoustiques (TNA) est une alternative pertinente pour résoudre ce problème. Le trou noir acoustique (TNA) est un piège à onde permettant de contrôler passivement les vibrations de structure. Sa géométrie consiste en une réduction locale de l'épaisseur d'une plaque de façon axisymétrique et suivant une loi au minimum quadratique. L'agencement périodique de TNA dans une structure permet de concevoir des métaplaques associant différents effets de bandes d'arrêt (TNA, résonance, Bragg), ce qui empêche la propagation des ondes dans le milieu pour des bandes fréquentielles spécifiques. L'efficacité d'un tel système est cependant inégale selon la bande de fréquence d'étude. Les bandes d'arrêt engendrées pour des longueurs d'ondes grandes par rapport à la longueur caractéristique du TN (bandes résonantes et de Bragg) sont généralement très fines et difficilement observables expérimentalement, contrairement aux bandes d'arrêt plus haute fréquence (effet TNA). Or, les problématiques vibroacoustiques se situent principalement en basse fréquence. L'enjeu de la thèse est donc de concevoir une métaplaque présentant l'effet TN classique haute fréquence combiné à un effet amortissant plus basse fréquence sur une bande fréquentielle la plus large possible liée à la fois à un phénomène résonant et de périodicité.

## **Publications et communications :**

Communications:

- Internoise 2017
- JJCAB 2017
- NOVEM 2018 (à venir)

Publication:

- "Tunability of the resonant modes of an Acoustic Black Hole embedded in an infinite thin plate", INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings 255 (2), 5266-5274

---

## **Projet professionnel :**

Je souhaite poursuivre dans la recherche académique en laboratoire. J'envisage un post-doc voire plusieurs en France ou à l'étranger à la suite de ma thèse.

**NOM et Prénom :** LEPOURRY Clémence

**Email :** clemence.lepourry@insa-rennes.fr

**Directeur de thèse :** Hugues SOMJA

**Co-directeur :** Hugues SOMJA

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Institut National des Sciences Appliquées Rennes

Laboratoire d'accueil : LPGN

Equipe : Geosax

Financement : CIFRE

Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Mise au point et caractérisation d'un système innovant de poutre hybride béton-acier.

## Résumé

La thèse a été précédée d'une année de travaux préliminaires. Grâce à cette dernière, les principes d'un système de poutre hybride coffrante de grande portée ont été posés. Le système est composé d'un bac acier, en forme de U, qui sert de coffrage perdu pour le béton, l'ensemble forme alors une poutre hybride béton-acier.

L'objectif de la thèse est de caractériser ce système. Elle contiendra les points suivants, mis en avant lors de la phase préliminaire :

- Le mode de connexion entre l'acier et le béton,
- Le comportement sous flexion positive,
- L'assemblage avec un poteau hybride.

Les différents phénomènes visés sont tout d'abord investigués par l'essai. Ils seront ensuite simulés numériquement. L'objectif final est de développer des modèles analytiques de comportement.

Lors de cette 1ère année, la majorité des essais expérimentaux ont été effectuées. Pour chaque partie, les travaux réalisés sont présentés ci-dessous:

- Le mode de connexion entre l'acier et le béton

Un nouveau type de connecteurs a dû être développé car les solutions classiques de type « goujons » ne sont pas adaptées. Ainsi, des éléments traversants soudés sur les semelles supérieures de la poutre permettent de transférer les efforts de connexion entre le béton armé et le métal.

Les essais, de type Push-out, ont testé deux types de sections différentes : un carré et une cornière. Grâce à sa forme, la cornière est beaucoup plus ductile que le carré. Ce connecteur répond aux exigences de transfert des efforts de cisaillement mais aussi à la résistance au soulèvement.

Un modèle EF sous AbaqusExplicit a été réalisé pour représenter les essais. A l'aide des résultats de ce modèle, une formule analytique de résistance du connecteur a été développée.

- Le comportement de la poutre sous flexion positive

Cette campagne est composée de 3 essais. Le nombre de connecteurs soudés sur le métal n'est pas identique entre les essais. Il entraîne donc un changement de la valeur du degré de connexion entre l'acier et le béton.

La finalité de cette campagne d'essais est alors de déterminer l'impact de ce degré de connexion sur la résistance à la flexion. Les résultats expérimentaux seront ensuite comparés avec un modèle analytique. Les 3 essais ont déjà été réalisées, ils sont actuellement en cours d'analyse.

- L'assemblage avec un poteau hybride

L'étude de l'assemblage de la poutre avec un poteau hybride est traitée pour caractériser un fonctionnement en portique. 3 essais identiques ont été réalisés pour obtenir une valeur caractéristique de dimensionnement.

Le mécanisme de transfert des efforts entre l'acier et le béton armé au niveau de l'assemblage est complexe. Il nécessite une analyse **Publications et communications** expérimentales couplée à la réalisation d'un modèle élément fini. Ces travaux seront réalisés l'année

prochaine. attente de publications dans une revue :

Keo P, Lepourry C, Somja H, Palas F. (2018) Behavior of a new shear connector for U-shaped steel-concrete hybrid beams, Journal of Construction and Steel Research

Le comportement à froid du système n'est finalement pas traité.

Demande de brevet français en cours n°1659678 déposée le 7 octobre 2016 et intitulée « Élément de construction pour poutre mixte acier-béton armé, ensemble de construction et kits de construction »

## Projet professionnel :

A la suite de ma thèse, je souhaite continuer à travailler dans le domaine de la construction mixte. Cette thèse va me permettre de développer des compétences d'expertise et de réflexion concernant les éléments mixtes. Le groupe Legendre porte un intérêt à ce type de profil, Une des possibilités serait alors d'intégrer l'ingénieur du groupe Legendre.

**NOM et Prénom :** LEROUX Boris  
**Email :** boris.leroux.etu@univ-lemans.fr  
**Directeur de thèse :** Jérôme Verdun  
**Co-directeur :** Laurent Morel  
**Co-encadrant 1 :** José Cali  
**Co-encadrant 2 :** Haixing He

Etablissement : Université de Maine  
Laboratoire d'accueil : L2G  
Equipe : ED4630  
Financement : CIFRE  
Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Fusion de données lidar et photographiques pour le géoréférencement direct d'un levé topographique par micro-drone aérien.

## Résumé

La société Hélicéo développe actuellement des drones pour le domaine de la topographie qui permettent la modélisation numérique du terrain à partir d'une chaîne de traitement numérique d'images acquises par un capteur photographique. Comme toute instrumentation de levés dynamiques, cette solution nécessite de géoréférencer la donnée spatiale acquise dans un système de référence de coordonnées comme par exemple le RGF93 en France métropolitaine.

Le géoréférencement se fait généralement par couplage de techniques spatiales de positionnement GNSS et techniques inertielles (centrales inertielles et/ou d'attitude). Bien que ces techniques soient bien maîtrisées et opérationnelles pour des levés dynamiques terrestres (mobile mapping) et aéroportés, elles sont difficilement transposables aux porteurs plus légers comme les micro-drones qui imposent par construction de faibles charges utiles. Cela nécessite alors l'utilisation de capteurs plus légers, essentiellement des capteurs MEMS issus de la micro technologie. La précision de ces derniers n'est cependant pas comparable à celle que l'on peut trouver dans une centrale inertielle de type tactique embarquée sur gros porteurs. Ce qui justifie que la précision du géoréférencement s'en trouve très dégradée au point d'être incompatible avec les précisions recherchées dans des applications topographiques.

Pour contourner cet obstacle le géoréférencement de la donnée spatiale issue de capteurs photographiques nécessite de mettre en place une aérotriangulation, opération qui consiste à lever les coordonnées de points de calage au sol. Connaissant les coordonnées terrain et image de ces points de calage il est alors possible de géoréférencer le nuage de points obtenu par corrélation dense d'images avec cette fois-ci les précisions escomptées (q.q cm en planimétrie, un peu plus en altimétrie). Cependant cette opération d'aérotriangulation doit être planifiée et exécutée bien avant le lever et de plus elle est très consommatrice en temps d'acquisition. Elle ne permet pas également la réactivité que demande un levé d'urgence sur zone sinistrée, sans possibilité de mise en place de points d'appui.

Pour pallier ces inconvénients la société Hélicéo cherche donc à développer une technique de géoréférencement direct sans points de calage. L'objectif de la thèse est d'étudier l'apport de la fusion des données issues de capteurs LiDAR et photographiques au géoréférencement direct de la donnée spatiale issue d'un micro-drone, d'étudier en quoi ce couplage permettrait de palier les imprécisions des différents capteurs inertiels et de positionnement GNSS et donc d'améliorer les techniques actuelles de géoréférencement direct. La complémentarité de ces deux techniques a déjà fait l'objet de travaux de recherche [3] pour l'analyse spatiale de modèles numériques de terrain issus de levés aéroportés mais n'a pas été, à notre connaissance, étudiée pour le géoréférencement direct de la donnée spatiale.

## **Publications et communications :**

Au cours de l'année 2017, nous avons publié un résumé long en premier auteur avec José Cali, Jérôme Verdun, Laurent Morel et Haixing He :

ASSESSING THE RELIABILITY AND THE ACCURACY OF ATTITUDE EXTRACTED FROM VISUAL ODOMETRY FOR LIDAR DATA GEOREFERENCING

Publié dans les archives de l'ISPRS à l'occasion du colloque « UAV in geomatics » organisé à Bonn en Septembre 2017.

url : <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-2-W6/2017/isprs-archives-XLII-2-W6-201-2017.pdf>

## **Projet professionnel :**

Après le thèse, je suis intéressé pour travailler dans l'instrumentation topographique. Fabrication, mise en oeuvre, dépannage du matériel. Réalisation de missions complexes sur le terrain. Je suis autant intéressé par la recherche que le secteur privée ou publique.

**NOM et Prénom :** LESSANIBAHRI Saman

**Email :** Saman.Lessanibahri@ls2n.fr

**Directeur de thèse :** Caro Stéphane

**Co-directeur :** Cardou Philippe

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : LS2N

Equipe : RoMaS

Financement : Organisme de recherche:CNRS-IFSTTAR-CEA

Spécialité : Robotique - Mécanique

**Titre de la thèse :** Cable-Driven Parallel Robots With Large Orientation And Translation Workspace

## Résumé

Cable-Driven Parallel Robots (CDPRs) also noted as wire-driven robots are parallel manipulators with flexible cables instead of rigid links. A CDPR consists in a base frame, a Moving-Platform (MP) and a set of cables connecting in parallel the MP to the base frame. CDPRs are well-known for their advantageous performance over the classical parallel robots in terms of large workspace, reconfigurability, large payload capacity and high dynamic performance. They have drawn interests towards industry thanks to their fundamental advantages and capabilities. However, most of the CDPRs provide only limited rotation of the MP due to the collision between the cables and the surrounding environment. The objective of this thesis is to design, analyze and build CDPRs connected to parallel robots to enlarge the rotational workspace in addition to the large translation workspace.

Initially, the latest and the most advanced stage in the development of the CDPRs with large translation and rotation workspaces is studied. Accordingly, one advantage of cable-driven parallel robots that has not yet been fully exploited is identified as the possibility of using bi-actuated cable circuit to transmit power directly from motor fixed to the frame to the MP. The latter concept is employed in the design of two different MPs that are capable of providing unlimited orientation workspace alongside large translation workspace.

As the main contribution of the thesis is considered to extend the size of the workspace of the CDPRs beside their design, we need to determine the workspaces of a robot as an assessment tool. The determination of Wrench Feasible Workspace (WFW) is carried out to investigate the static workspace of the CDPRs. This investigation is concluded in developing an algorithm that outperforms the already-existing implementations in respect of time consumption. In addition to WFW analysis the Twist Feasible Workspace (TFW) analysis is necessary for the design of CDPRs with large workspace. TFW is introduced and evaluated for CDPRs and concerns the kinematics of the CDPRs. TFW determination is carried out through three different methods, namely, discretization approach, capacity margin index and cable velocity boundaries.

Building the main framework for CDPRs with large workspace at LS2N is an objective of the thesis. Therefore, the process of prototyping is started with selection of required hardware and purchasing them e.g., motors gearboxes, pulleys, etc. Next, in the following of design, assembly and prototyping the remaining hardware, the CREATOR (robot parallèle à Câbles ayant un grand Espace de travail en Translation et en ORientation) framework is ready for the first preliminary experimentation.

The research that had been conducted in the context of this thesis is novel and compelling. However, there exist several open domains and further improvements to be investigated. Therefore, future work includes experimentation and development of CREATOR prototype to validate the obtained theoretical results, design and implementation of the alternative MPs to enlarge the workspace of the robot.

## **Publications et communications :**

1-Saman Lessanibahri, Marc Gouttefarde, Stéphane Caro, and Philippe Cardou. Twist feasibility analysis of cable-driven parallel robots. In Cable-Driven Parallel Robots, pages 128-139. Springer, 2018.

2-Saman Lessanibahri, Philippe Cardou, Stéphane Caro.  
Parasitic Inclinations in Cable-Driven Parallel Robots using Cable Loops. In CIRP Design Conference (accepted)

3-Saman Lessanibahri, Philippe Cardou, Stéphane Caro.  
Optimum Design of Cable-Driven Parallel Crane. In International Design Engineering Technical conferences (ready for submission)

---

## **Projet professionnel :**

Postdoctoral research

**NOM et Prénom :** LIANG JIABIN  
**Email :** jiajin.liang@insa-rennes.fr  
**Directeur de thèse :** LEOTOING L.  
**Co-directeur :** None  
**Co-encadrant 1 :** GUINES D.  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Institut National des Sciences Appliquées Rennes  
**Laboratoire d'accueil :** LGCGM  
**Equipe :** PSM  
**Financement :** Boursier étranger  
**Spécialité :** Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Characterization of Thermo-Viscoplastic Behavior of Metallic Alloys under Dynamic Biaxial Loadings

### **Résumé**

Sheet metal forming processes are widely adopted in industries to produce thin-wall parts. Nowadays, with increasing demands for safety, lower weight or reduced fabrication costs, new materials and innovative forming processes emerge. In order to reduce the amount of the time-consuming and expensive trial-and-error processes, Finite Element (FE) simulations are intensively used to analyze the capabilities of sheet metal forming processes. To improve the accuracy of FE models, the material must be characterized for conditions close to the ones encountered in practice. In sheet metal forming processes, the material is deformed under multi-axial states and is subjected to large strains. Hence, the identification of material constants, corresponding to the different behavior models (yield criterion, plastic hardening ?), under biaxial tensile state has become a basic issue for the characterization of phenomenological models.

The objective of this thesis is to propose a calibration method of thermo-visco-plastic models of metallic alloys submitted to in-plane biaxial tensile loadings. The calibration methodologies developed these last years in the LGCGM-PSM team will be extended in order to integrate the temperature dependency of the material behavior.

### **Publications et communications :**

None

---

### **Projet professionnel :**

Plan to go to the United States for a postdoc. After that, I will return to China and become a researcher in CASC.



**NOM et Prénom :** LIU JUAN

**Email :** juan.liu.etu@univ-lemans.fr

**Directeur de thèse :** AUREGAN Yves

**Co-directeur :** BI WENPING

**Co-encadrant 1 :** PAGNEUX Vincent

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Université de Maine

Laboratoire d'accueil : LAUM

Equipe : Guides et Structures

Financement : Salarié

Spécialité : Acoustique

**Titre de la thèse :** Cremer's maximum modal attenuation in waveguides with impedance boundary conditions

### Résumé

In an infinite waveguide lined with sound absorbent materials, for a pair of neighbour modes  $(i, i+1)$ , we can find a lining impedance  $Z_i$  Cremer, at which the mode  $i$  can achieve a maximum axial attenuation rate. These impedances are called Cremer's optimum impedances. The mechanism of the maximum attenuations at Cremer's impedances is not explained to date. A most intriguing property of the optimum impedances is that they seem to be totally unconnected with any simple results associated with the maximum absorption by the lining impedance in free space. In this paper, we show that the lining admittance may be interpreted as a coupling strength among the equal coupling rigid modes, i.e., modes in waveguides with rigid boundary conditions, by transforming the transverse Laplacian operator eigenvalue problem into a matrix eigenvalue problem. When the coupling strength is small, the eigenvalues of the mode pair  $i$  and  $i+1$  are only perturbations of their corresponding eigenvalues of rigid modes with small imaginary parts. On the other hand, when  $\gamma = \gamma_c = \gamma(E_{Pi})$ , one mode turns to be localization near the waveguide wall as a surface mode, the other return to be mode with nearly non attenuation. This remarkable effects is called "resonance trapping" in the literature. At the critical coupling,  $\gamma = \gamma_c = \gamma(E_{Pi})$ , both the eigenvalues and their corresponding eigenfunctions of the pair of neighbour modes  $(i, i+1)$  coalesce.  $E_{Pi}$  is called Exceptional points (EPs). At this point the eigenfunctions and their adjoint functions of the coalescent mode selforthogonal, the Petermann factor  $P_i$  turns to be infinite. When  $P_i$  is plotted as a function of the coupling strength  $\gamma$ , at  $\gamma = \gamma_c = \gamma(E_{Pi})$ , strong resonance occur. This strong resonance phenomenon can be illustrated in an infinite waveguide with rigid-soft wall impedance transition.

### Publications et communications :

non

### Projet professionnel :

I want to be a researcher and I will continue my research in the guides and structures field.

**NOM et Prénom :** LIU Xiaodong  
**Email :** xiaodong.liu@ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Julien Réthoré  
**Co-directeur :** non  
**Co-encadrant 1 :**  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Ecole Centrale de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** GeM  
**Equipe :** Modélisation et Simulation  
**Financement :** Autre  
**Spécialité :** Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** An efficient strategy for large Scale 3D Simulation of Heterogeneous Materials

## Résumé

The development of imaging techniques based on X-ray tomography permits one to obtain the inner structure and the details of materials at a microscopic scale. To take into account such detailed information as an input for numerical simulations is becoming more and more common. The difficulties are the computational cost, mesh generation in the context of finite element simulation and the high discontinuities of material properties which can lead to convergence problems. The subject of this presentation is the application of MultiGrid methods coupled with homogenization methods for coarse grid operators. The method allows us to solve large scale 3D thermal conduction problems in a material with highly heterogeneous properties. Hybrid MPI-OpenMP parallel computing has been used to save computational time. The material structure is obtained from a real X-ray tomography image. The influence of material heterogeneity is analyzed as well as the ratio of material properties for the thermal conduction. The efficiency of the strategy of using MultiGrid coupled with homogenization based coarse grid operators shows the possibility to carry out numerical simulations at microscopic scale with a low computational cost.

## **Publications et communications :**

pas de Publications pour l'instant.  
présentation à l'équipe  
poster pour le CSMA junior

---

## **Projet professionnel :**

travailler dans la domaine de la recherche

**NOM et Prénom :** LIU Xiaojun

**Email :** xiaojun.liu@univ-ubs.fr

**Directeur de thèse :** LANOISELLE Jean-Louis

**Co-directeur :** -

**Co-encadrant 1 :** LENDORMI Thomas

**Co-encadrant 2 :** -

**Etablissement :** Université Bretagne Sud

**Laboratoire d'accueil :** IRDL

**Equipe :** Systèmes énergétiques et procédés thermiques

**Financement :** Allocation Région ou Département

**Spécialité :** Génie des Procédés et Bioprocédés

**Titre de la thèse :** Hygiénisation des déchets alimentaires par technologie électrique

## Résumé

La législation (CE n°1069/2009) impose une étape d'hygiénisation (traitement thermique à  $T > 70^{\circ}\text{C}$  pendant 60 minutes sans interruption) avant méthanisation des déchets issus des usines agro-alimentaires et ou des restaurations collectives. Ce traitement par la chaleur réduit la rentabilité globale des installations de méthanisation. Dans le cadre de ce sujet de thèse, en collaboration avec la SEM LIGER (Locminé, Morbihan), nous étudions des solutions alternatives, notamment les technologies électriques (ex. Champs Électriques Pulsés, CEP). Ces technologies sont connues pour l'inactivation des microorganismes dans les produits alimentaires pompables. Après réalisation d'une expertise de l'efficacité énergétique des procédés d'hygiénisation existants, nous établirons les cinétiques de destruction de deux microorganismes indicateurs par traitements thermiques classiques, d'une part, et, par traitement électrique, d'autre part. À partir des résultats obtenus, nous validerons les conditions optimales pour l'hygiénisation électrique des intrants de méthanisation.

Une étude bibliographique a été réalisée sur les normes de l'hygiénisation au niveau international, les paramètres importants de l'hygiénisation thermique et de l'hygiénisation par CEP ainsi que la consommation énergétique du procédé d'hygiénisation dans des unités de méthanisation en Europe. Nous avons aussi ciblé deux bactéries thermorésistantes qui peuvent servir d'indicateurs de la performance du traitement (*Enterococcus faecalis* et *Escherichia coli*). Nous avons également répertorié les modèles mathématiques des cinétiques de destruction des agents pathogènes.

Nous avons alors pu établir un protocole pour obtenir les cinétiques de destruction des microorganismes par traitement thermique en milieu artificiel à 55, 60, 65 et  $70^{\circ}\text{C}$  en fonction du temps de traitement. La souche *Ent. faecalis* est apparue comme beaucoup plus résistante à la chaleur que la souche *E. coli*. Le résultat montre que pour *Ent. faecalis*, le temps de réduction décimale (qui correspond à la réduction par un facteur 10 de la population microbienne), était 2,2 h, 5,4 min, 30 s et 7 s à 55, 60, 65 et  $70^{\circ}\text{C}$  respectivement. Par contre, pour *E. coli*, nous avons observé une valeur-D assez faible de 156 s, 18 s, 7 s et 3 s pour les mêmes températures.

Une étude préliminaire de faisabilité sur l'hygiénisation par CEP en utilisant un générateur électrique de 2500 V a été faite. Le protocole du traitement par CEP et la caractérisation du comportement de ces 2 bactéries indicatrices vis-à-vis du traitement électrique est en cours de réalisation. Par ailleurs, pour effectuer des expérimentations avec un champ électrique plus élevé, nous avons préparé un cahier des charges d'un générateur électrique plus puissant.

En parallèle, dans l'attente de l'ensemble des équipements et de la validation des protocoles d'analyse, nous avons réalisé les tests de méthanisation afin d'étudier l'impact de l'hygiénisation thermique sur les cinétiques de leur production de biogaz.

Nous poursuivons la caractérisation des cinétiques de la destruction de microorganismes ciblés conduite par le traitement CEP en milieu artificiel. Une fois le protocole validé et les données suffisantes, nous poursuivrons l'étude du traitement CEP sur des milieux réels, notamment les déchets alimentaires. Les études seront complétées par l'intégration, à l'échelle laboratoire, d'une cellule de traitement dans un procédé continu.

## Publications et communications :

Un poster résumant les normes d'hygiénisation au niveau mondial et la consommation énergétique de l'hygiénisation thermique d'unités de méthanisation a été présenté à un congrès international à Pékin en 2017. Une communication ayant pour but une présentation orale concernant une review étudiant l'effet du traitement thermique sur l'intensification du BMP est en cours de préparation pour un congrès international à Prague prévu en août 2018. Le résultat concernant l'impact du prétraitement thermique sur le BMP est en préparation pour un journal indexé par WoS (AIMS Environmental Science).

## Projet professionnel :

J'envisage de travailler 2 à 3 ans en entreprise en France dans le secteur de la méthanisation et retourner en Chine et travailler, en tant qu'ingénieur-chercheur, au sein d'un département R&D d'une entreprise française liée au traitement des rejets ou d'une entreprise chinoise du secteur de la gestion et de la valorisation énergétique des déchets.

**NOM et Prénom :** LOPEZ POLANCO Octavio  
**Email :** octavio.lopez-polanco.2@ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** HORNYCH Pierre  
**Co-directeur :** -  
**Co-encadrant 1 :** GABET Thomas  
**Co-encadrant 2 :** CALON Nicolas

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes  
Laboratoire d'accueil : IFSTTAR  
Equipe : MAST/MIT  
Financement : CIFRE  
Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Comportement d'un enrobé bitumineux sollicité par des rails posés sur appuis continus

## Résumé

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet REVES (Réduction de l'Epaisseur de Voie en Exploitation Souterraine), dont le but est de créer une voie ferrée très mince sans ballast afin d'augmenter le gabarit disponible dans les tunnels. La thèse a pour objectif final de déterminer la viabilité des enrobés bitumineux comme matériau pour la couche de structure servant d'appui au rail, en remplacement du ballast. Il faut donc être en mesure de prédire le comportement à long terme de ce type de matériau pour une utilisation ferroviaire.

Divers phénomènes sont à étudier : le fluage (déformation de la structure sous charge statique), l'orniérage (déformation permanente accumulée par le passage répété de trains) et la fatigue (modification des propriétés locales pouvant mener à la fissuration et à la rupture du matériau).

Pour répondre à ce besoin, un modèle de comportement viscoplastique doit être mis au point et implémenté dans un logiciel de calcul aux éléments finis afin de pouvoir prédire le comportement des structures ferroviaires. Des essais seront ensuite réalisés pour ajuster le modèle au comportement de l'enrobé choisi pour le projet REVES.

## **Publications et communications :**

BCRRA 2017 : Modeling the viscoplastic creep behavior of asphalt concrete for use in ballastless railway tracks in tunnels  
Georail 2017 : Modélisation viscoplastique des enrobés bitumineux pour infrastructures ferroviaires

---

## **Projet professionnel :**

Possibilité d'embauche chez SNCF Réseau (co-financeur de la thèse), soit dans une des unités de recherche soit dans les unités de projets d'ingénierie.

**NOM et Prénom :** MAGIN Vanessa

**Email :** vanessa.magin@cstb.fr

**Directeur de thèse :** yves.andres@imt-atlantique.fr

**Co-directeur :** Nathalie garrec

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Institut Mines-Télécom Atlantique

**Laboratoire d'accueil :** GEPEA

**Equipe :** Equipe verte

**Financement :** Contrat de recherche

**Spécialité :** Génie des Procédés et Bioprocédés

**Titre de la thèse :** Potentiel des phages dans la lutte anti Pseudomonas

## Résumé

Résumer du projet :

*P. aeruginosa* est un bacille qui provoque des infections aiguës ou chroniques, parfois graves et mortelles chez les patients présentant un faible système immunitaire. En milieu hospitalier et thermal, elle colonise les surfaces humides des réseaux d'eau, telle que la robinetterie et les postes de soins. La lutte anti-*Pseudomonas* constitue un enjeu sanitaire et économique.

Les bactériophages sont des virus exclusifs de bactéries dont l'innocuité envers les cellules eucaryotes, est d'ores et déjà reconnue. Lors du cycle d'infection, les phages adhèrent à leur hôte puis injectent leur génome. La multiplication du virus aboutit ainsi à la lyse de la bactérie, libérant de nouveaux virions. Omniprésents dans l'environnement, leur grande diversité permet de sélectionner des phages infectant spécifiquement une espèce bactérienne, voire une souche donnée.

Objectifs du projet :

- ? Obtenir un panel diversifié de phages dirigé contre *P.aeruginosa*.
- ? Evaluer leur potentiel infectieux sur des souches de *P.aeruginosa* environnementales et sélectionner des modèles d'étude.
- ? Analyser l'impact de la dose infectieuse inoculée (MOI: Multiplicity of infection) sur la population bactérienne.
- ? Tester leur efficacité sur le biofilm.

## Publications et communications :

Participation au colloque organisé par Adébiotech sur "L'antibiorésistance" ( Romainvillers Avril 16)

Participation au colloque RICAI 2017 avec un poster accepté intitulé:

Bactériophages anti-*Pseudomonas aeruginosa*: Une stratégie complémentaire pour le traitement des points d'eau ?  
(Palais des congrès, Paris, 18-19 Dec 2017)

Participation aux meeting et GT du réseau Français Phages.fr:

-> Centennial Celebration of Bacteriophage Research (Institut Pasteur, Paris 24- 26 Avril 2017)

-> Phages sur Yvette/ présentation orale du projet. (20-21 Nov 2017)

-> Prochain prévu en oct 2018

## Projet professionnel :

Après un cursus universitaire orienté biotechnologie, j'ai choisi de poursuivre sur une thèse appliquée me permettant de lier recherche fondamentale et problématique de la société actuelle. A l'issue de ma thèse, plusieurs possibilités seront envisageables telles que:

- continuer sur un Post doc (grâce au Réseau Phages.fr)
- obtenir un post d'ingénieur (domaine des biotechnologies)
- concours véto

**NOM et Prénom :** MAKOURE Dounia

**Email :** dounia.makoure@etu.univ-nantes.fr

**Directeur de thèse :** ARHALIASS Abdellah

**Co-directeur :** ECHCHELH Adil

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université de Nantes

**Laboratoire d'accueil :** GEPEA

**Equipe :** Matrices et Aliments : Procédés, Propriétés, Struc

**Financement :** Autre

**Spécialité :** Génie des Procédés et Bioprocédés

**Titre de la thèse :** Valorisation des coproduits de la pêche, par extrusion réactive en biocombustible

## **Résumé**

L'épuisement de ressources pétrolières de la planète et l'intensification des lois et réglementations liées à leurs exploitations orientent la recherche scientifique vers de nouvelles sources d'énergies. Les activités de mareyage, de saurisserie et de conserverie génèrent chaque année plusieurs tonnes de coproduits de poissons et de crustacés, soit autant que la production. La valorisation de cette biomasse constitue un enjeu important pour permettre une exploitation plus profitable et durable de la ressource marine. Ainsi, la production des produits bioénergétiques (biocarburants) à partir de biomasse d'origine marine constitue une alternative aux énergies fossiles.

Ce travail concerne l'application de l'extrusion réactive enzymatique aux coproduits de la pêche afin d'en extraire le contenu lipidique. L'étude porte sur la faisabilité technique de l'utilisation de ces lipides purifiés en tant qu'additif (entre 5 et 40% de dilution) dans un carburant diesel afin d'être utilisé dans un moteur de type.

Afin d'optimiser les paramètres d'extrusion, une réaction enzymatique en réacteur batch a été réalisée. Ces essais nous ont permis d'obtenir 4 phases dont une principalement lipidique. Cette phase majoritairement constituée d'acides gras et de triglycérides a été caractérisée et ses propriétés physico-chimiques (viscosité, pH, densité, acidité) sont comparées aux propriétés du carburant standard. Par la suite, des essais sur des moteurs seront faits en effectuant des mélanges entre l'huile obtenue et le gasoil et permettant des performances suffisantes pour le fonctionnement du moteur choisi.

## **Publications et communications :**

-Communication en poster au colloque franco-marocain sur les Energies Renouvelables et leur intégration aux réseaux de transport et de distribution.

-Communication orale au congrès international Biopolymers 2017.

---

## **Projet professionnel :**

-post ater

-chercheur postdoctoral

-Maître de conférence



**NOM et Prénom :** MARCHANDISE Adrien  
**Email :** marchandise@absolute-dreamer.com  
**Directeur de thèse :** Vincent Keryvin  
**Co-directeur :** Yves Grohens  
**Co-encadrant 1 :**  
**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Université Bretagne Sud  
Laboratoire d'accueil : IRDL  
Equipe : PTR5 et PTR1  
Financement : CIFRE  
Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Mise au point et optimisation de procédés de fabrication de foils pour la course au large, basées sur l'hybridation technologique entre la fabrication additive et le placement de fibres automatisé. Caractérisation mécanique et essai des pièces en conditions réelles.

## Résumé

Le monde de la course au large et du nautisme de compétition subissent de profondes transformations depuis la coupe de l'America de 2012. Hier les bateaux flottaient, aujourd'hui ils volent. Ce vol, certes à proximité de la surface de l'eau, se fait à l'aide d'un ou plusieurs foils. Ces foils sont de véritables ailes sous-marines, reliées au bateau de telle sorte qu'il puisse voler au-dessus des crêtes des vagues, et sont des pièces aujourd'hui au cœur de la performance du bateau.

Les foils qui existent depuis plus de 40 ans sur des navires à moteur présentent des niveaux de complexité nouveaux lorsqu'ils sont implantés sur un voilier de course. L'exigence en termes d'optimisation de poids et de performances mécaniques imposent une fabrication en fibres de carbone. Le dimensionnement des foils réalisés par les architectes navals et les bureaux de calculs porte à la fois sur des critères de résistance et de raideur. Puisqu'en effet ces « ailes » sont le support du navire, elles ne peuvent être trop souples, au risque de faire des sorties de piste dangereuses aux vitesses atteintes par ces voiliers nouvelles génération (80Km/heure). Quant à la résistance celle-ci est calculée au plus juste mais la maîtrise limitée des procédés de fabrication, et leur répétabilité mal maîtrisée peuvent conduire à des ruptures. Dans l'écurie de course au large qui m'accueille dans le cadre d'une CIFRE (Absolute Dreamer), sur les 6 foils fabriqués pour la campagne du Vendée globe 2016, 3 pièces sur 6 ont cassé. Les foils présentaient des malfaçons irrémédiables dans le procédé de mise en œuvre qui était employé.

La fabrication de foils consiste essentiellement à l'empilement successif de couches de fibres de carbone pré-imprégnés de résine (époxydes). La polymérisation de ces plis se fait généralement par une cuisson à 120°C.

Ces procédés comportent nécessairement des défauts. Certains (porosités) peuvent apparaître lors de la mise en place des tissus (l'étape de drapage), mais peuvent être résorbés pendant l'étape de cuisson. D'autres défauts apparaissent pendant la cuisson (désalignement des fibres).

Après avoir étudié ces défauts et leur répercussion sur les propriétés mécaniques critiques d'un foil, mon entreprise a mis en place une activité de fabrication de foils par placement de fibres automatisé. L'objectif étant non seulement de contrôler les défauts présents au drapage via l'utilisation de cette technologie, mais aussi de développer des procédés de cuisson ayant la capacité de résorber les défauts restant.

En parallèle de la mise en place des procédés de fabrication de foil utilisant le robot de placement de fibre, j'ai conduit différentes études expérimentales portant à évaluer l'impact des différents paramètres de fabrication utilisés sur les propriétés mécaniques critiques d'un foil. Ces études ont débuté en réalisant un comparatif entre les procédés manuels et automatisés, et ont montré que l'étape de drapage seule amenait finalement peu de différences sur un objet aussi facile à draper qu'une plaque permettant de réaliser des échantillons. Les procédés de cuisson développés par Absolute Dreamer ont eux montré une importante différence par rapport à ceux qui font aujourd'hui office d'état de l'art, avec des caractéristiques mécaniques améliorées d'environ 20 à 25%.

Un banc d'essai mécanique pour caractériser des structures entières a été mis en place à l'IRDL afin de vérifier que nos procédés sont reproductibles à échelle réelle.

## **Publications et communications :**

Dans le cadre de ces travaux de recherche, les données expérimentales ont permis de mettre en évidence des phénomènes associés au couplage d'une même résine associée à différentes fibres. Ainsi, nous allons mettre en place des modèles de prédiction de performance utilisant un volume élémentaire représentatif à l'échelle microscopique. Ils seront alimentés par les résultats déjà existants et par des essais réalisés sur les constituants seuls (fibres, matrice). Ces travaux donneront lieu à publication, et n'empièteront pas sur les contours de confidentialité délimités par Absolute Dreamer.

## **Projet professionnel :**

J'ai approché Absolute Dreamer en 2014 pour les convaincre de la nécessité d'utiliser des méthodes de fabrications additives. Nous avons pu montrer dans la première année de ma thèse la faisabilité et l'intérêt de ces méthodes. Aujourd'hui l'activité de fabrication de foils se concrétise. Absolute Dreamer sera fabricant de foils, et me propose de diriger le service R&D de l'entreprise.

**NOM et Prénom :** MARTIN Antoine  
**Email :** antoine.martin1@ls2n.fr  
**Directeur de thèse :** Stéphane CARO  
**Co-directeur :** Philippe CARDOU  
**Co-encadrant 1 :**  
**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes  
Laboratoire d'accueil : LS2N  
Equipe : RoMaS  
Financement : Allocation MESR  
Spécialité : Robotique - Mécanique

**Titre de la thèse :** Conception et Commande d'un Prototype de Robot Parallèle à Câbles pour le Traitement de Grandes Structures

## Résumé

Les Robots Parallèles à Câbles (RPCs) présentent de nombreux avantages de part l'utilisation des câbles, comme de faibles inerties, des fortes ratios charge/poids et de grands espaces de travail en translation. La taille des espaces de travail que l'on peut obtenir de part l'utilisation d'un RPC nous a amené à nous intéresser à l'utilisation d'un RPC pour traiter des structures de grandes dimensions comme des ponts, des structures d'éoliennes, etc...

L'objectif est d'utiliser la structure existante pour placer les poulies du robot, et d'utiliser la plateforme du robot pour se déplacer sur cette structure et la traiter. Pour ce faire, ma thèse se décompose en quatre axes :

1. Analyse des frontières de l'espace de travail du robot parallèle à câbles.

Le Wrench Feasible Workspace (WFW) est l'ensemble des poses de la plateforme du RPC pour lesquelles les tensions que l'on peut appliquer aux câbles permettent de compenser les efforts extérieurs que supporte la plateforme de part son application. De manière générale, cet espace de travail est contenu dans le volume défini par les poulies du robot. Dans le cas où ces poulies sont attachées sur la structure à traiter, il est nécessaire que la plateforme puisse sortir de ce volume pour atteindre la structure.

Une partie de ma thèse consiste à déterminer analytiquement les équations des frontières du WFW, pour voir quels paramètres sont à régler pour sortir du volume délimité par les poulies et atteindre la structure.

2. Conception d'un robot parallèle à câbles équipé d'une plateforme à plusieurs degrés de liberté.

Contrairement à la majorité des RPC, nous étudions l'intérêt d'avoir une plateforme comportant un ou plusieurs degrés de liberté. La plateforme en question est une pince que l'on actionne grâce aux câbles, et qui vient s'agripper à la structure à traiter. Dès lors que la pince est agrippée à la structure (que l'on appelle mode "accroché"), le modèle du robot change puisque la plateforme n'est plus soutenue uniquement par les câbles, mais aussi par le contact avec la structure. Ce changement de modèle permet à la plateforme d'atteindre des poses sur la structure hors de l'espace de travail en mode "libre" du robot.

3. Analyse des interférences entre les câbles et la structure.

Un inconvénient majeur de l'utilisation des câbles concerne les collisions (aussi appelées interférences) des câbles entre eux, entre un câble et la plateforme ou encore entre un câble et son environnement. Les interférences câble-câble et câble-plateforme ont déjà été étudié de manière exhaustive dans la littérature. Toutefois, peu d'études ont été menées sur les interférences câble-environnement. Dans certains cas comme celui de notre étude, les interférences peuvent parfois être le critère principal limitant l'espace de travail du robot.

Une partie de ma thèse consiste à obtenir une formulation mathématique des régions d'interférences entre un câble et des éléments génériques composant les structures, comme des cylindres ou des poutres. Cette étude permet de tracer aisément les régions d'interférences pour aider à la conception des RPCs. Elle permet également de vérifier "en ligne" si une pose du robot est impossible à atteindre à cause des interférences, pour aider à la génération de trajectoire.

4. Réalisation et commande d'un prototype.

Un prototype est actuellement en construction au LS2N pour confirmer expérimentalement les résultats théoriques et de simulation obtenus.

### **Publications et communications :**

Article de conférence publié à CableCon2017 :

Antoine Martin, Stéphane Caro, and Philippe Cardou. Geometric Determination of the Cable-Cylinder Interference Regions in the Workspace of a Cable-Driven Parallel Robot, pages 117-127. Springer International Publishing, Cham, 2018.

Article en cours de publication pour la conférence CIRP DESIGN 2018 :

Antoine Martin, Stéphane Caro, and Philippe Cardou. Design of a Cable-Driven Parallel Robot with Grasping Device

---

### **Projet professionnel :**

Post-doc à l'étranger (en cours de réflexion).

**NOM et Prénom :** MARTINS Joao  
**Email :** joao.martins52@ua.pt  
**Directeur de thèse :** Thuillier Sandrine  
**Co-directeur :** Andrade-Campos Antonio  
**Co-encadrant 1 :**  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université Bretagne Sud  
**Laboratoire d'accueil :** IRDL  
**Equipe :** STRUCTURES FLUIDES & INTERACTIONS  
**Financement :** Contrat de recherche  
**Spécialité :** Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Toward virtual forming and design: the challenges of thermo-mechanical characterization and parameter identification of high strength steels

## Résumé

Forming and mechanical design of metallic and composites structures must become more and more virtual, in order to limit the number of prototypes and decrease the time to the industrialization of a new product. Moreover, a virtual approach leads to a safer structure with optimized performances. The main point that controls the reliability of the numerical simulations is the pertinence of the representation or modelling of the thermo-mechanical behaviour of the material and, in particular, the material parameters of the constitutive equations involved in the model. Nowadays, one of the real challenges concerns the determination of the material parameters, on a low-cost basis but with an optimal quantity of information to guarantee the reliability of the predictions. The aim of this PhD is to develop an efficient methodology for determining the material parameters of thermo-mechanical models, from dedicated tests that involve non-homogeneous temperature and strain fields. Indeed, this non-homogeneity leads to richer information than more traditional approaches with quasi-homogeneous tests, thus to a decrease of the number of experiments.

Strategies as Virtual Fields Method (VFM), Constitutive Equation Gap Method (CEGM), Equilibrium Gap Method (EGM) and Finite Element Model Updating (FEMU) were developed to retrieve material parameters based on the use of mechanical fields, like the strain field recorded by digital image correlation techniques. Moreover, this kind of strategies have been designed to handle with presence of heterogeneity in mechanical fields. Their relevance was shown in numerous applications, especially to measure the Young modulus of composites in the case of linear anisotropic elasticity and even for non-linear behaviours in plasticity. However, forming and service life in industrial environments can take place under sever conditions, namely within the plastic domain, with complex stress and strain fields and involving high gradients. It is rather difficult to rank the robustness of identifications strategies when used in plasticity. Therefore, the first phase of this work was a comparative study on these strategies in the plastic domain. The four strategies have been compared in a simple numerical test. The results revealed a good accuracy of FEMU, but with high computational cost. The VFM reached reasonable results and the computational cost was substantially lower when compared with FEMU. Based on these results, the second phase was the comparison of the VFM and FEMU in a more complex test which mimics a real experimental case. Moreover, this new study included the extension of these strategies to the framework of large deformations.

At the end of these two phases, it is expected to have enough knowledge on both strategies to proceed with the extension of both VFM and FEMU to thermomechanical conditions, which was not dealt with previously.

## **Publications et communications :**

- Parameter Identification Strategies for constitutive mechanical models, Congress on Numerical Methods in Engineering, 3-5 July 2017, Valencia, Spain.
- Identification of Material Parameters for Plasticity Models: A Comparative Study on the Finite Element Model Updating and the Virtual Fields Method, ESAFORM 2018 conference, 22-25 April 2018, Palermo, Italy.
- Comparison of inverse identification strategies for constitutive mechanical models using full-field measurements, International Journal of Mechanical Sciences (Under review)

**NOM et Prénom :** MATOIRI CHAIBATI Nadare  
**Email :** nadare.matoirichaibati@etud.univ-angers.fr  
**Directeur de thèse :** Abdessamad Kobi  
**Co-directeur :** David Bigaud  
**Co-encadrant 1 :** Horacio Colina  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université d'Angers  
**Laboratoire d'accueil :** LARIS  
**Equipe :** SFD  
**Financement :** CIFRE  
**Spécialité :** Génie civil

**Titre de la thèse :** Méthode statistique d'évaluation de la durabilité des bétons soumis à différents environnements agressifs.

## **Résumé**

La fabrication du béton dans le domaine de la construction respecte des spécifications prescriptives. En Europe, c'est la norme EN 206 qui est la référence pour la production du béton. Cependant, avec l'innovation, l'exigence d'une durabilité supérieure à 100 ans pour les nouvelles structures et les contraintes liées au respect de l'environnement, il devient de plus en plus difficile d'utiliser les seules spécifications prescriptives pour justifier la fabrication du béton. En effet, les normes existantes, limitent la durabilité du béton et sa composition. Pour compléter les spécifications prescriptives, une approche alternative basée sur la performance est proposée. Cette approche se concentre sur l'évaluation des indicateurs de durabilité au moyen de tests de performance. Un nouveau béton est ainsi qualifié si sa durabilité est au moins égale à celle du béton qui respecte les spécifications prescriptives de la norme. Les tests de performance représentent un coût économique pour l'industrie du béton qui cherche une solution pour le réduire et en même temps garantir la robustesse du processus de qualification de la nouvelle formule de béton. Une solution consiste à réduire la durée des tests et à contrôler le nombre d'échantillons pour les tests de durabilité. Ainsi, avec un plan d'essais accélérés optimisé, il est possible de caractériser la durabilité du béton en utilisant les processus de dégradation. Le plan d'essais optimisé donne le temps optimal et le nombre minimum d'essais permettant de prédire la durabilité du béton.

## **Publications et communications :**

Participation à 3 séminaires doctoraux francophone ( Roumanie, Moldavie et France)  
Participation à Qualita 2017.

## **Projet professionnel :**

Avec mon doctorat, je souhaite travailler dans le domaine de la recherche ( Génie Civil ) en entreprise.

**NOM et Prénom :** MENA Ramiro

**Email :** ramiro-francisco.mena-andrade.2@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Antonio HUERTA

**Co-directeur :** None

**Co-encadrant 1 :** José V. AGUADO

**Co-encadrant 2 :** Stéphane GUINARD

**Etablissement :** Ecole Centrale de Nantes

**Laboratoire d'accueil :** ICI

**Equipe :** ICI

**Financement :** Union Européenne

**Spécialité :** Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Fast simulation-assisted shape correction after machining

## Résumé

Large and thick aeronautical structural parts frequently exhibit significant distortions after machining because of the residual stresses due to previous steps (heat treatment). A Post- machining shape correction phase, based on successive mechanical operations (for example, 3-point bending) has to be applied. This process is long and costly and cannot be standardized because distortions vary from one part to the other (non reproducibility). The reshaping process relies entirely on the know-how and experience of the operator.

There is a need to introduce numerical simulation in order to assist the operator and propose the optimal shape correction sequence.

The aim of this project is to demonstrate the feasibility of such an approach. Two challenging issues have to be tackled:

- The building of a Reduced Order Model able to reproduce the results of the thermo-mechanical simulation (heat treatment, machining, reshaping).
- The identification of the uncertain parameters (material properties, boundary conditions), using the ROM, through the comparison of the response of the real part to the few 1st reshaping operations with the predicted behaviour.

A virtual demonstration of this approach will be performed where the ?real? part will be a simulation, which uncertain parameters will be supposed not to be known.

## **Publications et communications :**

Mena R., Deloison D., Aguado J.V and Huerta A., Influence of the Residual Stresses in Reshaping operations of large aeronautical parts, in International Conference on Adaptative Modeling and Simulations ADMOS 2017, edited by S.Perotto and P.Diez, eds., CIMNE, 2017

Mena R., Aguado J.V, Guinard S., Huerta A., Reshaping of Large Aeronautical Structural Parts: A Simplified Simulation Approach, in ESAFORM 2018, edited by L.Fratini, 2018.

## **Projet professionnel :**

After completing my PhD, I would like to continue my research career. Academia or Industry? both are appealing to me. However, as an engineer, I want to perform an applied research. My dream work is to be a research engineer at CERN.

**NOM et Prénom :** MEZI Dihya  
**Email :** dihya.mezi@univ-ubs.fr  
**Directeur de thèse :** FEREC Julien  
**Co-directeur :** AUSIAS Gilles  
**Co-encadrant 1 :**  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université Bretagne Sud  
**Laboratoire d'accueil :** IRDL  
**Equipe :** PTR1  
**Financement :** Allocation Région ou Département  
**Spécialité :** Génie des Matériaux

**Titre de la thèse :** Étude expérimentale et modélisation du procédé d'impression en 3D de pièces en thermoplastiques chargés de fibres longues

### **Résumé**

L'objectif de ma thèse intitulée "Étude expérimentale et modélisation du procédé d'impression en 3D de pièces en thermoplastiques chargés de fibres longues", est de modéliser et de comprendre le comportement d'un polymère fondu chargé de fibres pour améliorer les propriétés mécaniques de la pièce ainsi produite. Un outil numérique est en cours de développement pour prédire notamment l'orientation finale des renforts au cours du procédé de mise en forme. Ce travail nécessite aussi la réalisation d'études expérimentales sur le comportement du polymère chargé.

La méthode de mise en forme étudiée est l'impression 3D par ajout de matière (fabrication additive). Son mode de fonctionnement consiste à déposer un polymère fondu sur un plateau déjà chauffé à une température proche de sa transition vitreuse. Les mouvements transverses et longitudinaux du plateau de l'imprimante permettent le dépôt de la matière dans la largeur et la longueur de la pièce. Une fois la première couche d'impression réalisée, la buse se déplace en hauteur pour assurer le dépôt de la seconde couche. L'empilement des couches permet la création du volume final de la pièce.

Les points importants étudiés à ce jour portent sur :

? Une partie expérimentale qui consiste à étudier le comportement rhéologique et l'état d'orientation des fibres dans les pièces imprimées en 3D. La première étape était le compoundage qui consiste à mélanger le PA12 (polyamide) avec 10% en masse de fibres de carbone. Deux types de fibres ont été utilisés ; les fibres courtes dont la longueur est de 0.25 mm et des fibres longues avec une longueur de 6mm. Par la suite, des essais sur le rhéomètre capillaire ont été réalisés pour définir la viscosité du PA12 vierge et des PA12 chargés. Enfin, une visualisation microscopique permet d'observer l'état d'orientation des fibres dans le filament d'impression et la pièce imprimée.

? Une modélisation numérique de la surface libre à la sortie de la buse d'extrusion d'imprimante 3D pour comprendre et caractériser entre autres l'effet du gonflement et son influence sur l'orientation des fibres.

### **Publications et communications :**

Conférence internationale à Nantes le 28 mars 2018.

---

### **Projet professionnel :**

Suivre mes travaux de recherche.



**NOM et Prénom :** MOUSSA Omar  
**Email :** omar.moussa1@etu.univ-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** BELLETTRE Jerome  
**Co-directeur :** MASSOLI Patrizio  
**Co-encadrant 1 :** TARLET Dominique  
**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Université de Nantes  
Laboratoire d'accueil : LTN  
Equipe : TFSE  
Financement : Allocation MESR  
Spécialité : Energétique - Thermique - Combustion

**Titre de la thèse :** Diagnostics optiques pour le développement et l'élaboration de biocarburants efficaces

## Résumé

Les émulsions eau dans l'huile (W/O) semblent être une solution viable et intéressante pour remplacer les carburants hydrocarbonés classiques vu leurs émissions réduites de gaz à effet de serre (CO, CO<sub>2</sub>?), de particules et de Nox. Ceci est principalement dû à un phénomène de nature thermique : la micro-explosion. En effet, lorsqu'une goutte d'émulsion est portée à température, la différence entre les points d'ébullition de l'eau (100°C) et de l'huile (270-350°C) fait que les gouttelettes d'eau dispersées passent de la phase liquide à la phase gazeuse en premier. Ceci engendre une expansion volumique qui atomise la goutte d'émulsion en plusieurs gouttes filles. Cette atomisation permet un meilleur mélange carburant-air, et une combustion plus complète et donc plus « propre ».

Néanmoins, l'énergie délivrée par l'évaporation des gouttelettes d'eau n'est parfois pas suffisante pour atomiser la goutte d'émulsion. Ce phénomène est plus connu sous le nom de « puffing », qui pourrait être défini comme une micro-explosion partielle.

La micro-explosion dépend donc de plusieurs paramètres tels que la température de chauffe, la nature de la phase huileuse, mais surtout la taille des gouttelettes d'eau dispersées. Certains travaux ont montré que la probabilité de micro-explosion est plus importante lorsque la coalescence des gouttelettes d'eau est observée. C'est le cas pour les émulsions sans (ou avec peu) de surfactants, et avec une distribution de taille de gouttes dispersées assez large.

Si le phénomène de micro-explosion est largement décrit qualitativement, il l'est un peu moins du point de vue quantitatif. De plus, les méthodes expérimentales utilisées sont considérées comme intrusives, et risquent de biaiser les mesures. L'un des buts de ma thèse est donc de caractériser la micro-explosion en utilisant des diagnostics optiques non intrusifs et in-situ. Ces techniques optiques peuvent ainsi mesurer des paramètres physiques (température, taille de gouttes), mais surtout leurs évolutions dans le temps. Il est important de rappeler que les émulsions sont des systèmes fondamentalement instables où les phases aqueuse et huileuse ont naturellement tendance à se séparer.

## Publications et communications :

Communications en congrès:

- PARAMETRIC STUDY OF MICRO-EXPLOSION OCCURRENCE OF W/O EMULSIONS (MCS-Naples 2017)
- FLUORESCENCE VIZUALISATION OF W/O EMULSION DROPLET (MCS-Naples 2017)

Publication soumise:

- Parametric study of the occurrence of Micro-explosion of W/O emulsion droplet (Internation Journal of Thermal Science)

---

## Projet professionnel :

Actuellement en 2<sup>ème</sup> année de doctorat, j'aimerais par la suite continuer dans le domaine de la R&D soit en occupant un poste en industrie, soit dans le cadre d'un post-doc à l'étranger. J'ai pu acquérir le bagage technique et scientifique nécessaire lors de ma formation initiale d'ingénieur et des stages qui l'ont ponctuée.

**NOM et Prénom :** MOUSSION Philippe  
**Email :** ph.moussion@gmail.com  
**Directeur de thèse :** Jack Legrand  
**Co-directeur :** Catherine Dupré  
**Co-encadrant 1 :** Dominique Grizeau  
**Co-encadrant 2 :** Eric Gasparotto

**Etablissement :** Université de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** GEPEA  
**Equipe :** BAM  
**Financement :** CIFRE  
**Spécialité :** Génie des Procédés et Bioprocédés

**Titre de la thèse :** Etude des conditions favorisant la production en photobioréacteur d'un exo-métabolite algosourcé d'intérêt cosmétique.

### **Résumé**

Je réalise une thèse CIFRE sous contrat de confidentialité dont l'objectif est de cultiver des souches de microalgue marine produisant des exométabolites. Le but est à terme de produire un principe actif, qui sera intégré dans un actif cosmétique et produit à échelle industrielle.

A mi-parcours plusieurs travaux ont été réalisés.

Une synthèse bibliographique concernant la biologie/écologie/physiologie des microalgues permettant de connaître et maîtriser leur culture a été menée.

Un criblage préliminaire parmi les 4 souches choisies initialement a permis de sélectionner 2 souches sur la base d'essais de mise en culture. Des méthodes de caractérisation/dosage de l'exo-métabolite et des molécules potentiellement impliquées dans sa production ont été développées.

Une des deux souches retenues a été cultivée en photobioréacteur (3L) en mode discontinu dans le but d'optimiser la production de biomasse et de métabolites dans différentes conditions de culture. Des études des réactions physiologiques et cinétiques participant à la production des métabolites sont menées en parallèle.

Enfin, cette souche est également en culture en mode continu dans un photobioréacteur (10L) qui permettra le passage de la culture vers le photobioréacteur pilote du laboratoire industriel.

Les conditions de culture amenant à des résultats de productivité et de concentration en actif maximales pour cette première souche seront ensuite validées pour la seconde souche. En 3eme année, ces résultats seront validés à plus grande échelle au sein du photobioréacteur pilote.

### **Publications et communications :**

Une publication des résultats relatifs à l'étude écophysiological des souches est prévue. Pour des raisons de confidentialité, les mécanismes permettant une surproduction du métabolite ne sont pas publiables.

### **Projet professionnel :**

Ingénieur/chargé de projet R&D dans les biotechnologies ou agronomie dans le secteur privé.

**NOM et Prénom :** MOZAFFARI Sajad

**Email :** sajad.mozaffari@eleves.ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Michel VISONNEAU

**Co-directeur :** -

**Co-encadrant 1 :** Jeroen WACKERS

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : LHEEA

Equipe : METHRIC

Financement : Allocation MESR

Spécialité : Mécanique des Milieux Fluides

**Titre de la thèse :** Adaptive Grid Refinement for Hybrid LES

## Résumé

L'objectif de cette thèse est de fournir la base théorique solide, l'implémentation pratique et la validation pour une méthode d'utilisation du raffinement automatique de maillage avec de la LES (Large Eddy Simulation) Hybride. Des modèles de LES Hybride comme la DES (Detached Eddy Simulation), qui combinent une modélisation de la turbulence RANS traditionnelle proche des parois et une modélisation LES plus loin, permettent de simuler plus précisément des écoulements turbulents complexe que les modèles de turbulence classiques. Pour la LES Hybride, le choix entre les modèles RANS et LES ainsi que la longueur de filtration de la LES dépendent directement de la taille des cellules. Si du raffinement automatique de maillage est utilisé, la modélisation de la turbulence devient une partie de la procédure adaptative puisqu'elle dépend de la taille du maillage. Par conséquent, le choix des endroits du maillage à raffiner doit prendre en compte les besoins des modèles de turbulence. Des critères de raffinement, à développer dans la thèse, combineront par conséquent des indicateurs physiques et des estimations plus classiques de l'erreur numérique.

## **Publications et communications :**

Mozaffari, S., Visonneau, M. and Wackers, J., Unsteady Flow Over a Smooth Flat Plate Using DES., 20th Numerical Towing Tank Symposium (NuTTS 2017), Wageningen, 1-3 October 2017.

## **Projet professionnel :**

The successful completion of the thesis will push the boundaries in terms of the possibility to simulate complex flows with separation and confirm the position of ISIS-CFD as one of the world's foremost flow solvers in this domain.

**NOM et Prénom :** MULLER Laura  
**Email :** laura.muller@onera.fr  
**Directeur de thèse :** Laurent GORNET  
**Co-directeur :** Laurent GORNET  
**Co-encadrant 1 :** Jean-Michel ROCHE  
**Co-encadrant 2 :** Antoine HURMANE

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes  
Laboratoire d'accueil : GeM  
Equipe : UMR CNRS 6183  
Financement : Salarié  
Spécialité : Génie des Matériaux

**Titre de la thèse :** Estimation accélérée des performances en fatigue des matériaux et structures composites thermoplastiques par le suivi de leur auto-échauffement

## Résumé

Les essais de fatigue réalisés industriellement sont utilisés pour obtenir la limite de fatigue d'un matériau, définie comme la contrainte en dessous de laquelle le matériau peut être cyclé infiniment sans rompre. Cependant, de tels essais nécessitent des campagnes expérimentales de plusieurs mois, ainsi que de nombreuses éprouvettes. Une alternative, les essais d'auto-échauffement, consiste à appliquer à une seule éprouvette plusieurs paliers constitué de quelques milliers de cycles de fatigue chacun, en incrémentant le niveau de contrainte d'un palier à l'autre. Le comportement thermique de l'éprouvette change entre les paliers à faibles et à hautes contraintes. Ce changement de comportement peut s'expliquer par une éventuelle modification des propriétés visqueuses de la résine ainsi que par l'apparition d'un endommagement de fatigue (multi-fissuration, délaminage). La valeur seuil de contrainte à partir de laquelle ce changement de comportement thermique se produit a été comparée et identifiée à la limite de fatigue déterminée par les essais classiques pour les matériaux métalliques, composites stratifiés d'UD et thermoplastiques à fibres courtes. Si ce lien est généralisé, les essais d'auto-échauffement permettraient de déterminer rapidement la limite de fatigue d'un matériau avec une seule éprouvette.

L'enjeu de la présente thèse est de mettre en évidence cette correspondance pour les matériaux composites à matrice thermoplastique. Le matériau étudié est un composite thermoplastique tissé carbone/PA66 fourni par le CETIM, d'épaisseur 2mm. Le travail de première année a consisté à mettre en œuvre plusieurs campagnes expérimentales : caractérisation thermomécanique sous chargement statique, suivi d'auto-échauffement sous sollicitations cycliques, essais de fatigue conventionnels.

## **Publications et communications :**

Publications : Conférence Fatigue Design 2017, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.02.020>

Communication :

Journées du Printemps, Paris, 30/31 mai 2017 (poster)

Fatigue Design, Senlis, 29/30 novembre 2017 (oral)

12th International Fatigue Congress, Poitiers, 27 mai au 1er juin 2018 (oral)

## **Projet professionnel :**

Suite à ma thèse, je souhaiterais également découvrir le monde plus appliqué de l'industrie, en intégrant une équipe R&D d'une entreprise orientée aérospatial, afin de pouvoir utiliser mon diplôme d'ingénieur aérospatial et mon doctorat. Quant au monde de la recherche, si j'y reste, c'est pour cibler les centres de recherche directement relié au spatial, comme le CNRS ou l'ESA.

**NOM et Prénom :** NGUYEN Tuan-Anh  
**Email :** tuan-anh.nguyen2@insa-rennes.fr  
**Directeur de thèse :** NGUYEN Quang Huy  
**Co-directeur :** SOMJA Hugues  
**Co-encadrant 1 :**  
**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Institut National des Sciences Appliquées Rennes  
Laboratoire d'accueil : LGCGM  
Equipe : Structure  
Financement : Boursier étranger  
Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Développement d'un modèle analytique et numérique relatif au comportement tridimensionnel des membrures béton incluant l'interaction flexion-torsion-effort tranchant

## Résumé

### CONTEXTE

Dans le contexte des structures en béton armé courantes, il est usuel de négliger la torsion devant les autres sollicitations comme l'effort tranchant et/ou le moment fléchissant. En effet, la raideur et la résistance à la torsion sont d'un ordre de grandeur inférieur à la raideur et résistance en flexion dans les éléments d'ossature, de type poutre et poteaux. Cependant, dans certains cas particuliers, la torsion des éléments peut jouer un rôle déterminant dans la stabilité des structures. C'est par exemple le cas dans le cadre de la tenue des balcons dans les bâtiments isolés par l'intérieur.

En effet, les réglementations thermiques en vigueur imposent de traiter le pont thermique qui se crée au niveau du plancher, dont le monolithisme avec le voile extérieur entrainerait un pont thermique. C'est pourquoi le plancher est fixé au voile par un rupteur de pont thermique. Cet élément permet la continuité de l'isolation, en limitant le système transmettant le poids du plancher au voile à quelques éléments structuraux légers. Dès lors, afin de minimiser les éléments structuraux, habituellement en acier et donc peu isolants, dans le cadre de la tenue des balcons il est fait appel à la contribution du LINTEAU. Ce dernier est dans un état combiné de flexion, cisaillement et torsion, pour lequel les modèles théoriques et numériques sont peu nombreux dans la littérature.

### METHODE DE MODELISATION

La méthode de modélisation en élément fini est considérée situable pour l'analyse de tous types de structure, de simple à complexe. Parmi les modèles d'élément fini, le modèle de type multifibre répond bien aux besoins d'une modélisation en trois dimensions, capable de prendre en compte la non-linéarité de matériaux et géométrie, en assurant en même temps un très bon rapport entre la précision des résultats obtenus et le coût de calcul computationnel.

En sachant que des formulations classiques comme Euler-Bernoulli ou Timoshenko assument que la section transversale reste toujours plane après avoir déformé, cette hypothèse devient insuffisante pour des sollicitations de cisaillement et de torsion. Lorsque ces sollicitations deviennent dominantes, des actions enrichies du champ cinématique du corps rigide sont indispensables.

Développement d'un modèle d'éléments finis multifibres 3D d'enrichissement, qui est capable de surmonter la pénurie d'analyse des sollicitations de cisaillement et torsion, fait donc l'objet de ces travaux.

### VALIDATION DU MODELE ET PERSPECTIVE

Dans un premier temps, la formulation en déplacements est utilisée pour la modélisation d'un modèle d'éléments finis multifibres en béton armé (y compris les armatures transversales), de comportement de matériaux élastique linéaire. Plusieurs cas de tests ont été réalisés et comparés aux résultats théoriques et celui calculés par les différentes recherches. Des bons accords acquérir permettent de valider l'utilisation du modèle. Les phénomènes de gauchissement et de distorsion sous sollicitations de torsion et de cisaillement sont bien pris en compte et représentés.

De passage au domaine non linéaire de matériaux, les premiers résultats de modélisation avec la loi de comportement non-couplée d'EUROCODE 2 pour le béton armé sont également réalisés avec des bonnes corrélations à la théorique. Les prochains travaux de recherches seront constitués de la modélisation à une loi de comportement non-linéaire couplée et un développement en utilisant les formulations mixt

### **Publications et communications :**

Article: "Mesure des performances énergétiques des bâtiments : le problème direct", Journal de Transport et de Communication, Vietnam, Décembre 2016

### **Projet professionnel :**

Diplômé INSA Lyon 2014, Etant enseignant à la Section de Structure en Génie Civil, l'Ecole Supérieure de Transport et de Communication au Vietnam depuis 2014, en Juin 2016 je suis revenu en France pour faire mes études doctorales afin d'approfondir mes connaissances dans le domaine d'études des structures en béton armé.

**NOM et Prénom :** NGUYEN Viet Phuong  
**Email :** viet-phuong.nguyen@insa-rennes.fr  
**Directeur de thèse :** Mohammed HJIAJ  
**Co-directeur :** NGUYEN Quang Huy  
**Co-encadrant 1 :**  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Institut National des Sciences Appliquées Rennes  
**Laboratoire d'accueil :** LGCGM  
**Equipe :** Laboratoire de genie civil et genie mecanique  
**Financement :** Boursier étranger  
**Spécialité :** Génie civil

**Titre de la thèse :** Modelling the new RCS joint between reinforced concrete and steel beam

### **Résumé**

The objectives of my thesis includes:

1. Identification of the fundamental transfer mechanisms between concrete and embedded steel profile activated in this new type of beam?column connection. A preliminary study of the force transfer mechanisms will be made based on an extensive review of the existing literature.
2. Making a numerical model using refined FE software - ABAQUS which takes into account various phenomena such as the contact and friction steel and concrete, material nonlinearities, ect.
3. Experimental study.
4. Based on 2 and 3, developing a design method to properly evaluate the resistance of this new hybrid RCS connection.
5. Calibration of the developed design model using the numerical parametric studies and existing test results.

Now I finished my experimental study and numerical study by using the software ABAQUS

### **Publications et communications :**

I only have one conference paper in Wycoming - USA in August 2017 with the title: "EXPERIMENTAL STUDY ON A NOVEL EXTERIOR RCS HYBRID JOINT". I am writing 2 other journal paper about my experimental study and numerical study.

### **Projet professionnel :**

Because I have scholarship from my country, I must come back to continue working in my university after finishing the PhD.



**NOM et Prénom :** PARROT Jérôme

**Email :** jerome.parrot@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** HASCOET Jean Yves

**Co-directeur :** MOGNOL Pascal

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : PMM

Financement : Allocation MESR

Spécialité : Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** W.A.M, Wire Additive Manufacturing, Champs des possibles et Utilisation raisonnée

## Résumé

La fabrication additive regroupe l'ensemble des procédés permettant de fabriquer, point par point ou couche par couche, par ajout de matière, un objet physique à partir d'un objet numérique. D'abord réservé au prototypage, les technologies de fabrication additive permettent aujourd'hui de réaliser des pièces répondant aux caractéristiques fonctionnelles attendues du produit final.

Actuellement, les techniques de fabrication additive pour les pièces métalliques peuvent être séparées en deux groupes : (a) celles qui dans une première étape mettent de la poudre métallique dans un récipient avant de la faire fusionner localement pour ainsi fabriquer la première couche. Puis dans un second temps recouvrent cette même couche avec de la poudre et réalise une nouvelle fusion locale. Ces deux étapes sont répétées jusqu'à obtention de la pièce finale. (b) Celles qui déposent directement le métal correspondant à une section de la pièce.

Dans le second groupe, les technologies diffèrent par la source énergétique utilisée et le type d'apport en métal. Une sous classification peut être faite : LMD (Laser Metal Deposition) lors de l'utilisation de poudre métalliques et WAM (Wire Additive Manufacturing) lors de l'utilisation de fil métallique. Lors de l'utilisation d'un fil, la source énergétique est majoritairement issue d'une adaptation des procédés de soudure à la fabrication additive : l'arc électrique.

Les études menées dans le cadre de cette thèse en partenariat avec l'entreprise EDER portent sur l'analyse d'une source énergétique nouvelle dans le domaine de la fabrication additive pour la réalisation de pièce métallique avec un apport sous forme de fil. Cette nouvelle source est l'utilisation de champs magnétiques générés par un système inductif.

Dans un premier temps, des études numériques et expérimentales sont réalisés pour permettre de montrer la faisabilité de l'utilisation d'une telle source énergétique dans une approche additive. La détermination de paramètres de fabrication viables (Puissance inductive, vitesse de dépôt et d'avance fil, entre autres) constituera le cœur des travaux. Dans un second temps, lors de l'obtention de ces paramètres, des caractérisations mécaniques et métallurgiques seront étudiés pour permettre une cartographie de cette nouvelle approche.

**Avancement :**

La détermination de paramètres de fabrication est réalisée. La réalisation de cordons de dépôt simple est possible, et la réalisation de cordons superposés également. Un modèle numérique est réalisé et permet d'effectuer une corrélation et une meilleure compréhension des phénomènes physiques (principalement thermiques et magnétiques) mis en jeu lors de la réalisation d'un cordon de matière. Ces résultats ont été présentés lors d'une conférence internationale en mai 2017 (ICWAM), avec une publication associée. Des caractérisations métallurgiques ont été faites et feront l'objet d'une présentation en juin 2018 (MUGV). La réalisation de multicouches importants en vue de la réalisation d'éprouvettes pour des essais mécaniques est actuellement en cours de réalisation. Il en suivra une caractérisation mécanique.

## **Publications et communications :**

Hascoët J-Y., Parrot J., Mognol P., & Willmann E. (2017). Induction heating in a wire additive manufacturing approach. *Welding in the World Journal*.

Hascoët J-Y., Parrot J., Mognol P., & Willmann E., Approach by induction heating for wire additive manufacturing, Conference ICWAM (Int. Conf. of Welding Additive Manufacturing), 17-19 mai 2017, Metz.

Parrot J., Hascoët J-Y., Mognol P., & Willmann E., Microstructure of stainless steel (310) deposited by wire induction additive manufacturing (WIAM), Conference MUGV, 7-8 juin 2018, Bordeaux-Talence.

## **Projet professionnel :**

Actuellement, une poursuite en recherche tout comme une poursuite dans le domaine privé (recherche et développement) est envisagée. Le choix n'a pas encore été fait.

**NOM et Prénom :** PECHET Gatien  
**Email :** gatien.pechet@ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** HASCOET Jean-Yves  
**Co-directeur :** -  
**Co-encadrant 1 :** RAUCH Matthieu  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Ecole Centrale de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** GeM  
**Equipe :** PMM  
**Financement :** Autre  
**Spécialité :** Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Génération de trajectoires pour la réalisation de pièces grandes dimensions en fabrication additive par dépôt de fil. Application au secteur naval

## Résumé

La fabrication additive (ou impression 3D) est une technologie qui se développe de plus en plus ces dernières années. Les industriels investissent beaucoup dans cette technologie qui a des atouts séduisants et qui suscitent un profond intérêt. Le procédé Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) se caractérise par la fusion d'un fil métallique grâce à un arc électrique, par conséquent les procédés de soudage Métal Inert/Active Gas (MIG/MAG) ou Tungsten Inert Gas (TIG) sont utilisés. Il possède de nombreux avantages par rapport aux procédés de fabrication additive métallique à poudre (LMD, SLM), notamment : un taux de dépôt plus élevé, la possibilité de fabriquer des pièces de grandes dimensions, une excellente compétitivité au niveau des coûts... Cependant, un certain nombre de problématiques scientifiques restent à résoudre avant de pouvoir utiliser ce procédé à échelle industrielle (gestion des trajectoires, contraintes résiduelles et déformations élevées, des propriétés mécaniques parfois inférieures aux produits forgés?). Un des verrous scientifiques majeurs est donc la définition des stratégies de trajectoire et des paramétrages permettant d'obtenir des pièces répondant aux contraintes métallurgiques voulues.

Dans le domaine naval, les alliages de cupro-aluminium sont fortement utilisés, car ils possèdent une très bonne résistance à la corrosion marine tout en ayant des propriétés mécaniques comparables à celles des aciers spéciaux. Cependant, les pièces moulées à fortes épaisseurs présentent des délais d'approvisionnement important et une faible flexibilité quant à la conception et réalisation. Le procédé WAAM offre ici une alternative potentielle, grâce à la méthodologie Design For Additive Manufacturing (DFAM). C'est pourquoi les premières expérimentations se sont tournées vers ces alliages. Dans le cadre du laboratoire commun JLMT (Joint Laboratory of Marine Technology) entre Centrale Nantes et Naval Group, un plan d'expériences a été mis en place dans le but d'observer l'effet de l'apport de chaleur sur plusieurs aspects : dimensionnel, thermique, microstructural et mécanique. Les résultats permettent de mieux appréhender le comportement de cet alliage avec le procédé WAAM et améliorer le choix des paramètres pour les futures fabrications. Dans l'objectif de prévoir l'impact de différents paramètres sur les fabrications, des simulations ont été aussi réalisées puis comparées à des valeurs expérimentales.

## **Publications et communications :**

J-Y HASCOËT, G. PECHET, M. RAUCH, « Étude de l'impact de l'apport de chaleur sur les propriétés de pièces fabriquées par le procédé WAAM », Conférence SF2M, 6 avril 2017 (Poster).

A venir :

J-Y HASCOËT, G. PECHET, M. RAUCH, G. RÜCKERT, « Study of the impact of the heat input for NAB parts manufactured in WAAM », Conférence MUGV, 7-8 juin 2018.

## **Projet professionnel :**

Ingénieur R&D dans l'industrie, dans le domaine des matériaux métalliques.

**NOM et Prénom :** PEREZ HERREROS Jesus  
**Email :** jesus.perez-herreros@ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** KOTRONIS Panagiotis  
**Co-directeur :** Sans objet  
**Co-encadrant 1 :** ESCOFFIER Sandra  
**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes  
Laboratoire d'accueil : GeM  
Equipe : Sans objet  
Financement : CIFRE  
Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Comportement sismique des fondations : vers l'introduction d'un aspect fréquentiel dans l'outil macroélément

## Résumé

La prédiction de la réponse sismique des fondations se pose comme un problème courant dans le domaine du génie civil et du parasismique. Il y a actuellement un intérêt grandissant pour les approches basées sur le calcul des déplacements permanents et sur la détermination de critères de performance.

Le concept du macroélément, introduit par Nova et Montrasio en 1991, permet de préserver les principaux phénomènes mis en jeu, tout en évitant la complexité et le coût numérique d'analyses dynamiques non linéaires aux éléments finis. Le macroélément est un élément discret de liaison à comportement non-linéaire, placé à la base de la superstructure et qui permet de substituer en totalité, ou en partie, le sol et la fondation. Il dispose d'une loi de comportement non-linéaire, décrite en termes de forces et de déplacements généralisés, établissant à l'échelle macroscopiques les couplages dynamiques (linéaires et non-linéaires) dans plusieurs directions entre la superstructure, le sol et la fondation. La prise en compte de ces non-linéarités et du couplage entre les degrés de liberté constitue l'apport principal de cette nouvelle approche. Les développements de cet outil heuristique ont concerné à l'origine les fondations superficielles (Crémer et al. 2001, Chatzigogos 2007, Grange 2009). L'extension du concept au cas des fondations profondes est très récente (Correia 2011, Li 2014).

L'objectif principal de cette thèse est d'intégrer, dans le cadre de l'approche macroélément pour les fondations profondes en dynamique, un facteur temporel (fréquentiel) dans le modèle rhéologique ou dans la relation constitutive du macroélément. Un deuxième aspect important qui est abordé dans cette étude est l'interaction pieu-sol-pieu et l'effet que l'écartement des pieux combiné ou non, avec l'effet de la fréquence de sollicitation, peut avoir sur la réponse de la fondation. Ces travaux comportent également une partie expérimentale avec des essais sismique en centrifugeuse visant à mettre en avant l'effet fréquentiel/temporel et/ou visqueux sur le comportement du système fondation-structure.

## Publications et communications :

Articles en conférence :

- \* State of the art of pile foundations and pile groups design under seismic loading - 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Seoul 2017
- \* Kinematic interaction of piles under seismic loading ? 9th International Conférence Physical Modelling in Geotechnics, London 2018 (accepté)
- \* Apports de l'interaction sol structure dans le dimensionnement des groupes de pieux sous séisme - Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'Ingénieur ? Champs-sur-Marne 2018 (envoyé)

---

## Projet professionnel :

Une première expérience professionnelle de 3 ans dans le domaine du génie parasismique, j'ai constaté que les délais imposés dans la pratique ne permettent pas de traiter en détail certaines problématiques. Mon objectif professionnel est d'obtenir un niveau d'expertise en géotechnique sismique et pour ce faire, il me semble nécessaire d'avoir des bases solides en recherche et dans la pratique.

**NOM et Prénom :** PHAM Hong Duc  
**Email :** hong-duc.pham@ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Patrice CARTRAUD  
**Co-directeur :** Franck SCHOEFS  
**Co-encadrant 1 :** Christian BERHAULT  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Ecole Centrale de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** GeM  
**Equipe :** Modélisation & Simulation  
**Financement :** Boursier étranger  
**Spécialité :** Génie civil

**Titre de la thèse :** Analyse mécanique des lignes d'ancrage pour l'éolien flottant

## Résumé

The emergency of fighting against global warming effects of the planet leads to an ever increasing need of substituting conventional coal and fossil fuels by green energy solutions. Wind energy is one of the great options for this purpose. The advantages of using offshore wind turbines (over those installed in the mainland) have been demonstrated by having more stable wind energy captured, and more importantly not causing harmful noise to inhabitants at the nearby areas. In France, several projects are currently being developed: 6 commercial projects of fixed offshore WT of 500MW each (at the site of Tréport, Fécamp, Courseulles-sur-Mer, Saint-Brieuc, Noirmoutier-en-l'Île / Isle of Yeu, Saint-Nazaire) and 4 floating wind turbines projects of 25 MW each (at the sites of Groix, Leucate, Gruissan and Fos-sur-Mer) have already been awarded by the French government with installation objectives between 2020 and 2021...

This thesis work is inspired by the European project FLOATGEN, the first French Floating Wind Turbine (FWT) (and also the first one 100 % European) to be installed at the SEMREV sea test site ? Le Croisic (operated by the Ecole Centrale de Nantes) by the end of 2017. To be deployed at SEMREV for the period of 2 years (2018-2019), the initial objective of this project is to confirm the technical feasibility and economic viability of FWTs. FLOATGEN is therefore conceived as a starting point for the development of commercial floating wind farms.

Instead of using only conventional steel mooring components, the application of nylon as a mooring component in the present project is considered an innovative mooring solution providing a more feasible and cost-effective design. However, nylon exhibits highly nonlinear, time depending load-elongation and fatigue characteristics that complicate the design of such mooring components. Therefore, pertinent laboratory rope tests have been defined and performed to characterize such behaviours. Based on these tests, the load-elongation behaviours have been well understood. An empirical approach to determine quasi-static and dynamic stiffness of nylon has been proposed-. This has also been successfully integrated in numerical modelling, showing that the present approach provides a more conservative and reliable design over the conventional synthetic-mooring modelling approach. On the other hand, nylon fatigue behaviour is a complex issue because depending on different design scenario, different damage modes will interfere. At high tension, nylon fatigue is dominated by the creep behaviour. Another mode of fatigue, the internal abrasion damage that might interfere even in normal operating condition can lead to significant loss of rope strength, thus modifying the tension response of mooring lines by time.

In the next step, the additional tests to characterize the internal abrasion fatigue will be performed at the beginning of 2019. Besides, the probabilistic approach is applied to estimate the global reliability of the mooring lines. The modified material characteristics and mooring tension responses due to fatigue damage can be estimated providing information for fatigue assessment during exploitation.

## **Publications et communications :**

Full paper for Congrès Français de Mécanique 2017 (Lille)

---

## **Projet professionnel :**

Poste universitaire au Vietnam

**NOM et Prénom :** PICARD Etienne  
**Email :** etienne.picard@irt-jules-verne.fr  
**Directeur de thèse :** CARO Stéphane  
**Co-directeur :** PLESTAN Franck  
**Co-encadrant 1 :** CLAVEAU Fabien  
**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes  
Laboratoire d'accueil : LS2N  
Equipe : ROMAS/Commande  
Financement : Salarié  
Spécialité : Robotique - Mécanique

**Titre de la thèse :** Modélisation, étalonnage et commande robuste de robots parallèles à câbles

## Résumé

Les robots parallèles à câbles sont généralement constitués d'une plateforme mobile que l'on déplace à l'intérieur d'un espace ou d'une structure à l'aide de câbles dont les longueurs sont contrôlées par des ensembles {moteur-réducteur-enrouleur}. L'exemple le plus connu est celui des Skycam, les caméras suspendues au-dessus de stades de football, de rugby ou de tennis.

Cette thèse se déroule dans le cadre du projet ROCKET à l'IRT Jules Verne, dont l'objectif est le déplacement de plaques métalliques de formes et de masses qui s'échelonnent entre 35 kg et 700 kg et de formes très variées. Des essais sont réalisés sur le prototype CAROCA à l'aide d'une plateforme équipée de 5 électroaimants pour prendre les pièces et de 8 dynamomètres, des capteurs d'efforts installés entre la plateforme et les câbles pour mesurer leurs tensions. Cette application requiert un contrôle précis et stable de la position de la plateforme malgré la forte variabilité des pièces à transporter. L'objectif de cette thèse est ainsi le développement d'un schéma de commande robuste, en passant par la modélisation et l'étalonnage du robot.

Jusqu'à présent, une méthode d'estimation en temps réel de la masse embarquée sur la plateforme a été mise en place grâce aux dynamomètres. Cette estimation a ensuite été implémentée dans un terme de « feedforward » d'un contrôleur en couple pour la compensation de la masse estimée. Ce contrôleur a été testé sur une trajectoire typique de prise et de dépose de pièces, d'abord avec la plateforme seule d'une masse de 366 kg, puis avec deux plaques métalliques de masses 122 kg et 249 kg, soit respectivement une augmentation de 33% et de 68% de la masse de la plateforme. Ces variations de masses ne sont pas connues d'avance par le contrôleur mais estimées à chaque cycle temps réel. La robustesse du contrôle du robot s'en est trouvée améliorée par rapport à des solutions de commande standards, la position de la plateforme étant assurée malgré une augmentation significative et non connue a priori de la charge. Enfin l'estimation a été améliorée par la prise en compte de la géométrie des poulies dans le modèle du robot, conduisant à une erreur de mesure inférieure à 4% de la masse totale embarquée.

Les prochaines étapes du travail sont l'intégration des mesures de tensions par les dynamomètres dans le schéma de contrôle pour la gestion précise des tensions. Ces capteurs pourront également être utiles pour la vérification de la bonne distribution des tensions dans tous les câbles à des fins de calibration automatique et à l'estimation fine de la déformation des câbles à partir d'un modèle géométrico-élastique du robot. D'autres méthodes de commande seront également testées pour augmenter la précision du robot, en particulier pour des vitesses et des accélérations plus importantes.

## **Publications et communications :**

Présence sur le stand de B&R Automation au SMM 2016, Hambourg, pour la présentation des robots parallèles à câbles.

E. Picard, S. Caro, F. Plestan, et F. Claveau, ?Pulleys and force sensors influence on payload estimation of cable-driven parallel robots?, soumis à IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems IROS, Madrid, Espagne, 2018

E. Picard, S. Caro, F. Claveau et F. Plestan, ?Control Solution for a Cable Driven Parallel Robot with Highly Variable Payload?, soumis à IDETC/CIE 2018 ASME International Design Engineering Technical Conferences, Québec, Canada, 2018

## **Projet professionnel :**

Réalisation de la thèse pour développer mes compétences en contrôle-commande et en robotique, et disposer d'un diplôme reconnu à l'étranger. Souhaite continuer à travailler en R&D dans le domaine de la robotique par la suite, peut-être dans une entreprise ou un laboratoire étranger.



**NOM et Prénom :** PIVDIABLYK Ivanna  
**Email :** ivanna.pivdiablyk@eleves.ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Patrick Rozycki  
**Co-directeur :** Laurent Gornet  
**Co-encadrant 1 :** Frédéric Jacquemin  
**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes  
Laboratoire d'accueil : GeM  
Equipe : MS ? Modélisation et Simulation  
Financement : Contrat de recherche  
Spécialité : Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Durabilité des performances mécaniques des assemblages composites dans un environnement hygro-thermo-mécanique

## Résumé

La conception et le calcul des assemblages boulonnés sont faits selon la norme NF E 25030-2 qui décrit la démarche de calcul des assemblages vissés. Aujourd'hui ce document constitue la référence en matière de conception d'assemblages mécaniques permettant de prendre en compte plusieurs paramètres, comme la souplesse du boulon et des pièces assemblées, la position du chargement, l'effort de serrage et son évolution, l'effort de montage, etc. Pour aider à la conception des assemblages métalliques, le CETIM a développé et commercialisé le logiciel CETIM-Cobra, basé sur cette norme NF E 25030-2. Ce logiciel permet de dimensionner un assemblage boulonné à partir des caractéristiques mécaniques des constituants élémentaires de la liaison.

Devant l'utilisation de plus en plus intensive d'assemblages mécaniques comportant en partie ou complètement des matériaux composites, ces règles de dimensionnement présentent néanmoins un inconvénient majeur puisqu'elles ne sont, théoriquement, applicables qu'aux matériaux métalliques. Par ailleurs, elles ne prennent en compte que la seule influence de la température. Or pour certains matériaux composites que l'on souhaite employer dans les assemblages, la matrice thermoplastique et ainsi le composite peuvent être sensibles aux conditions environnementales qui incluent non seulement la température mais aussi le niveau d'hygrométrie. Il est donc important de prendre en compte ces contraintes afin d'adapter et améliorer les règles de conception de tels assemblages qui intègrent, en partie ou totalement, des matériaux composites. Ceci définit l'objectif du travail actuel, à savoir étudier la durabilité des assemblages composites en fonction de leur environnement.

Dans le cadre de nos travaux, deux types de composite sont étudiés (leur différence réside principalement au niveau de la matrice qui les constitue). La première étape nécessaire pour le développement et l'amélioration d'un modèle analytique est de constituer une base expérimentale du comportement de nos deux composites pour différentes conditions environnementales (variation de la température et du niveau d'humidité relative, notée couramment HR). En effet, ces précédentes grandeurs dans le cas d'une matrice thermoplastique peuvent influencer fortement des paramètres importants de l'assemblage telles que la souplesse des pièces ?\_P qui définit le coefficient de filtrage ???? , la précharge, etc.

La seconde étape consiste à compléter la précédente base expérimentale par des analyses numériques à l'aide de la méthode des éléments finis (sous le logiciel Abaqus ou Cast3M) à l'échelle d'un Volume Élémentaire Représentatif du composite. En effet, certaines données et propriétés hors du plan du composite sont difficilement identifiables expérimentalement. Des calculs numériques d'homogénéisation nourris par les données expérimentales dans le plan nous permettront d'accéder à ces propriétés en procédant à des analyses inverses.

Les deux grandes étapes précédentes détermineront l'ensemble des propriétés mécaniques et permettront de finaliser la dernière partie qui correspond à l'amélioration et au développement d'un modèle analytique pour les assemblages en composite. Les travaux pourront être intégrés au logiciel COBRA et offriront à leurs utilisateurs de meilleurs outils pour la définition et l'étude d'assemblages constitués de matériaux composites.

## **Publications et communications :**

Participation aux Journées des doctorants 2017 au Cetim ? Senlis du 4 au 5 Octobre 2017.  
Présentation d'un poster au Colloque National Mecamat ? Aussois 2018 du 22 au 26 Janvier 2018.  
Participation à EMMC European Mechanics of Materials Conference du 26 au 28 Mars 2018.

## **Projet professionnel :**

Mon projet professionnel, suite aux travaux de doctorat, serait de travailler comme chercheuse ou ingénieure dans le domaine des matériaux composites. En effet, le milieu des composites est en perpétuelle évolution avec des attentes industrielles de plus en plus grandes ; il est important pour moi d'y poursuivre ma carrière.



**NOM et Prénom :** PRIYADARSHI  
**Email :** harsh.priyadarshi@ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Thierry Coupez  
**Co-directeur :** Luisa Silva  
**Co-encadrant 1 :**  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Ecole Centrale de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** ICI  
**Equipe :** ICI Lab  
**Financement :** CIFRE  
**Spécialité :** Mécanique des Milieux Fluides

**Titre de la thèse :** Experimental and Numerical Study of Calcium Treatment of Steel

## Résumé

In steel making process, the calcium treatment has benefit of modifying the composition, shape and size of inclusions. However, it gives very irregular results in terms of calcium recovery. Even with many efforts done to understand the behavior of calcium in the liquid steel, it is not yet accurately predicted. Excess addition of calcium in the melt may result in the formation of solid calcium sulfide which could lead to early clogging of the nozzle. On the contrary, a too low amount of calcium transferred to the steel can lead to an even worse castability. Therefore, the mechanism by which the calcium dissolves into the melt and transforms the solid inclusions must be understood in order to optimize the process conditions such as injection speed, injection depth, injection wire diameter, stirring time, etc.

Therefore the objective of the thesis is to calculate the mass transfer coefficient of calcium in liquid steel. For this we are doing the experiments at the lab scale. Our experimental device is an induction furnace equipped with a high speed camera which records the surface of the liquid metal from the top. A new method of injecting calcium has been used in which the calcium placed inside the capsule of stainless steel weighted with tungsten, is allowed to sink in the liquid metal. As a result of this, calcium is released from the capsule at the bottom of a crucible which leads to the ascension of few droplets or bubbles, depending on the temperature of the liquid metal. This method of injecting calcium makes the operation more reproducible. The objective is to confront the experimental results (like size of calcium droplet/bubble at steel surface, total amount of dissolved calcium) with the numerical model results. In order to identify the dissolution mechanism of calcium in liquid steel, mass transfer needs to be predicted. Hence, the calcium/steel interface must be accurately tracked, which is not easy with existing CFD software under real industrial conditions. Therefore, we use a home-made scientific computation platform named ICI-tech, developed at Ecole Centrale de Nantes. It is based on finite element methods, with mesh adaptation features controlled by a posteriori error estimations and very good massively parallel performances.

Rise of calcium cavities (droplet/bubble) in a liquid metal is basically a three phase problem (calcium/liquid metal/free surface). Therefore, ICI-tech has been adapted in order to take into account such a three phase flow. Validation of this new feature has been performed using classical benchmarks issued from the literature. Simulations have been done for the rise of a calcium droplet in the liquid metal matrix. The phenomena occurring when the droplet burst at the free surface is presented and is quite similar to the one observed in the experiments. Validation of the dissolution model has also been studied and the results are compared with the analytical solutions for reference benchmarks, at high Schmidt number (close to industrial conditions).

Next steps include:

- 1) Validating dissolution model when the droplet/bubble of calcium is rising
- 2) Including Calcium liquid/gas phase change and determining the mass transfer coefficient.

## **Publications et communications :**

Abstract accepted in the 10th International Conference on Clean Steel 2018

## **Projet professionnel :**

In future I would like to work in the Research and Development department of the company. (In modeling related to fluid mechanics)

**NOM et Prénom :** QUARANTA Giacomo

**Email :** Giacomo.Quaranta@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Chinesta Francisco

**Co-directeur :** Huerta Antonio

**Co-encadrant 1 :** Abisset-Chavanne Emmanuelle

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : ICI

Equipe : ICI

Financement : Union Européenne

Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Real-time monitoring and control

## Résumé

The PhD thesis concerns the developments of tools for real-time monitoring and control at three different scales: (i) the one of the part; (ii) the one of the process and (iii) the one of the (complex) system.

I ? At the first scale we considered a damaged part, trying to identify first the existence of damage and then its location. For that purpose different routes were considered:

- The one based exclusively on the use of collected data coming from dynamic loadings. The use of data-mining and manifold-learning strategies were combined with data-assimilation and some preliminary appealing results obtained. Results were presented at ECCOMAS-SMART.

- In order to represent larger parts the SEA method was implemented and the capabilities of using machine-learning techniques (classification procedures) for defining the structural partitions were evaluated.

- An important conclusion of all the performed work was that identifying the existence of damage must be based on the solution of models where the effects of local events affect large regions (e.g. dynamics) whereas the precise localization of damaged areas should be based on the use of models compatible with localization (e.g. thermal models). In order to evaluate efficient linear and nonlinear responses (it is expected that the right damage signature is related to the nonlinear effects and the frequency cascade produced from a single-frequency loading) in a laminate composite we decided to extend PGD separated representations (in-plane-out-of-plane) proposed in the static case few years ago to the dynamic case while enhancing the stability by combining an explicit-in-plane and an implicit-out-of-plane time discretization, applied to both undamaged and damaged laminates. Papers in progress.

II ? At the scale of the process, we will focus in the Hybrid-Twin concept where data-driven modeling will be employed to fill the gap between the parametric deterministic solution computed by using the non-intrusive PGD constructor (and whose parameters will be determined by assimilating data) and the measured fields. As soon as the data-driven model allows making accurate predictions, control strategies can be safely applied. An important alternative alleviating the construction of such data-driven corrections consists of extracting knowledge from the phenomenological data-driven models by using again machine-learning strategies (decision trees and its variants and improvements). In order to improve the dialog between predictions (model and data driven) and users, augmented reality will be employed.

III ? At the scale of (complex) systems (the machine, the factory or the networks and grids), 3D partial differential equations representing models of parts and processes, are replaced by 0D and 1D systems, elaborated from simplified models or phenomenological rules acquired from data-analytics. The parametric solutions of such kind of models (e.g. using modeling tools as Modelica), and their improvement / correction via enhancement or reconfiguration by using data-driven modeling is of major interest in the case of autonomous cars, driver-twins, factory 4, internet of things ? IoT-, smart grids (electric or water grids), transport, pedestrian and population dynamics, ?

## **Publications et communications :**

Conferences:

DATABEST workshop. Nantes, March 2017

ECCOMAS<sup>2</sup>SMART. Madrid, June 2017

ECCOMAS-ADMOS. Verbania, July 2017

EMMC16. Nantes, March 2018

ECCOMAS<sup>2</sup>ECCM. Glasgow, June 2018

ESMC 2018. Bologna, July 2018

WCCM2018 2018. New York, July 2018

Papers:

'A new hybrid explicit/implicit in-plane-out-of-plane separated representation for the efficient solution of dynamic problems defined in plate-like domains' (sent)

'Structural health monitoring by combining machine learning and dimensionality reduction techniques' (sent)

## **Projet professionnel :**

After the PHD I would like to keep working inside a company in order to continue to develop a new generation of simulation tools that are of major interest in the case of factory 4. Maybe, in a first moment, this development could be done inside a POSTDOC

**NOM et Prénom :** QUERARD Vincent

**Email :** vincent.querard@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Jean-Yves HASCOET

**Co-directeur :**

**Co-encadrant 1 :** Matthieu RAUCH

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : PMM

Financement : Autre

Spécialité : Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Réalisation de pièces aéronautiques de grandes dimensions par fabrication additive WAAM robotisée

## Résumé

Dans le domaine de la fabrication additive plusieurs technologies cohabitent et présentent des maturités et des applications différentes : le lit de poudre, la projection de poudre et le dépôt de fil pour ne citer que les principales.

Les technologies basées sur la poudre métallique sont maintenant relativement bien maîtrisées et permettent de réaliser des pièces directement avec une excellente qualité géométrique et avec des caractéristiques mécaniques importantes. Ces technologies sont, par contre, limitées à un espace de travail souvent réduit.

A l'inverse, le dépôt de fil métallique présente des applicatifs prometteurs notamment pour les pièces de grandes tailles avec réalisation possible dans un milieu moins protégé (Pas de poudre volatile, pas de laser par exemple). La rapidité de fabrication est également améliorée avec des taux de dépôt importants permettant de réaliser des éléments de structure de grandes dimensions. Cependant, la précision et la qualité géométrique de la pièce est moins élevée que pour les procédés basés sur la poudre métallique.

On étudie, dans le cadre de cette thèse, la réalisation de pièces de grandes dimensions du domaine aéronautique en alliage d'aluminium, par technologie WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) robotisée. Cette technologie repose sur l'utilisation un générateur de soudure à l'arc, d'un système de protection gazeuse et d'un système d'alimentation en métal d'apport sous forme de fil.

Pour répondre à cette problématique, plusieurs voies de recherche sont investiguées. La première traite principalement de la génération de trajectoires : Plusieurs expérimentations ont permis de mettre en évidence l'intérêt et l'importance de la génération de trajectoires et notamment la maîtrise de l'orientation outil pour la fabrication additive de pièces complexes en étudiant le respect de la géométrie souhaitée. Une méthodologie de génération de trajectoires, qui s'appuie en particulier sur des stratégies multi-axes, a mis en avant l'intérêt du procédé pour la fabrication et en particulier pour la réalisation de démonstrateurs de structure aéronautique. La seconde concerne principalement l'étude de la santé matière des pièces fabriquées. Des observations au niveau de la microstructure, mais aussi des caractéristiques mécaniques ont permis de mettre en évidence l'influence des paramètres opératoires sur la qualité de la matière déposée.

Enfin, la réalisation de pièces fonctionnelles dans le cadre d'un projet financé par la DGA/DGAC et dont les partenaires sont : STELIA, CONSTELLIUM, CT INGENIERIE et l'Ecole Centrale de Nantes, a permis de mettre en avant l'intérêt du procédé pour la fabrication de pièces aéronautiques. Récemment, un élément de structure aéronautique composé de raidisseurs a été fabriqué avec le procédé WAAM sur un substrat double courbure en alliage aluminium. Les difficultés accrues de réalisation ont pu être levées par l'emploi de la méthodologie développée dans le cadre de la thèse.

## **Publications et communications :**

Hascoet, J-Y, Querard, and Rauch, M. 2017. ?Interests of 5 Axis Toolpaths Generation for Wire Arc Additive Manufacturing of Aluminium Alloys.? Journal of Machine Engineering 13(3): 51?65.,

Hascoet, J.-Y., Querard, V., Rauch, M. 2017. ?WAAM of aluminum alloy structure on curved metal sheet using 5 axis tool paths and CMT welding process? 1st Int. Conf. on Welding and AM, 17-19 mai 2017, Metz.

Querard, V., Hascoet, J.-Y., Rauch, M. 2018. ?Tool path generation for WAAM of aluminum alloy: Non parallel slicing for WAAM parts? Conf. MUGV et Manufacturing'21, 7 et 8 juin 2018, Bordeaux-Talence.

## **Projet professionnel :**

Je me dirige vers une activité d'enseignement en tant que professeur agrégé.

**NOM et Prénom :** RASHEED Tahir

**Email :** tahir.rasheed@ls2n.fr

**Directeur de thèse :** Stephane Caro

**Co-directeur :** David Marquez Gamez

**Co-encadrant 1 :** Philip Long

**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Ecole Centrale de Nantes

**Laboratoire d'accueil :** LS2N

**Equipe :** ROMAS

**Financement :** Organisme de recherche:CNRS-IFSTTAR-CEA.

**Spécialité :** Robotique - Mécanique

**Titre de la thèse :** Mobile Cable Driven Parallel Robots

## Résumé

A Cable-Driven Parallel Robot (CDPR) is a type of parallel robot whose moving platform is connected to the base with cables. The lightweight properties of the CDPR makes them suitable for multiple applications such as constructions, industrial operations rehabilitation and haptic devices. A general CDPR has a fixed cable layout, i.e. fixed exit points and cable configuration. This fixed geometric structure limit the workspace size of the manipulator due to the collisions between the cables and some external wrenches that cannot be accepted due to the robot configuration. As there can be several configurations for the robot to perform the prescribed task, an optimized cable layout is required for each task considering an appropriate criterion. Cable robots with movable exit and/or anchor points are known as Reconfigurable Cable-Driven Parallel Robots (RCDPRs). By appropriately modifying the geometric architecture, the robot performance can be improved e.g. lower cable tensions, larger workspace and higher stiffness. However, for most existing CDPRs, the reconfigurability is performed either discrete and manually or continuously, but with bulky reconfigurable systems.

In this research, we introduce a novel concept of Mobile Cable-Driven Parallel Robots (MCDPRs) using a unique combination of Mobile robots and a CDPR in order to achieve autonomous reconfigurability of RCDPRs. The first MCDPR prototype has been designed and built in the context of Echord++ FASTKIT project at IRT Jules Verne, Nantes. FASTKIT addresses an industrial need for flexible pick-and-place operations while being easy to install, keeping existing infrastructures and covering large areas. The prototype is composed of eight cables, a six degree-of-freedom (DoF) moving-platform and two MBs. The overall objective is to design and implement a system capable of interacting with a high level task planner for logistic operations. Thus the system must be capable of autonomously navigating to the task location, deploying the system such that the task is within the reachable workspace and executing a pick-and-place task.

In addition to FASTKIT we are also developing a second MCDPR prototype with four mobile robots, eight cables and six DoF moving platform to explore the complexity of these robots more in depth.

During our research, we have studied such complex structured robots from different aspects. By combining the CDPRs and mobile robots, the workspace of both the robots have been reduced. Initially we have developed the Tension Distribution Algorithms and Wrench Feasible Workspace for MCDPRs with a point mass end-effector while taking into account the stability of the whole system. We have recently completed and published the kinematic and dynamic modeling of MCDPRs. We are currently working on the trajectory planning of FASTKIT for pick and place operations while solving its kinematic redundancy. We are currently in process of writing a journal publication for the complete workspace analysis of MCDPRs.

The future work will focus on writing the journal papers by experimentally validating the results on the developed prototypes. The collaborative tasking between the CDPR and the mobile robots are the key aspects of this research we would like to explore more in depth in future.

## **Publications et communications :**

1. Rasheed T, Long P, Marquez-Gamez D, Caro S. Tension Distribution Algorithm for Planar Mobile Cable-Driven Parallel Robots. InCable-Driven Parallel Robots 2018. Springer, Cham.
2. Rasheed T., Long P., Marquez-Gamez D., Caro S., Available Wrench Set for planar MCDPRs, The 2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2018).
3. Rasheed T., Long P., Marquez-Gamez D., Caro S., "Kinematic Modeling and Twist Feasibility of Mobile Cable-Driven Parallel Robots", The 16th International Symposium on Advances in Robot Kinematics, Bologna, Italy, July 17, 2018 (submitted)

## **Projet professionnel :**

At the end of my PhD, i want to continue my career in research by getting a Post Doctorate in Collaborative Robotics.

**NOM et Prénom :** REQUILE Samuel  
**Email :** samuel.requile@univ-ubs.fr  
**Directeur de thèse :** Christophe Baley  
**Co-directeur :** Alain Bourmaud  
**Co-encadrant 1 :** Antoine Le Duigou  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université Bretagne Sud  
**Laboratoire d'accueil :** IRDL  
**Equipe :** PTR1  
**Financement :** Autre  
**Spécialité :** Génie des Matériaux

**Titre de la thèse :** Optimisation du rouissage du chanvre pour un usage maîtrisé de ses fibres en tant que renforts de matériaux composites.

## **Résumé**

Afin de satisfaire une demande croissante en matériaux performants et éco-conçus, l'utilisation du chanvre, et plus particulièrement des fibres de chanvre, constitue une réelle opportunité. Premier producteur européen, la France possède un gros potentiel industriel dans la valorisation de cette plante. Aujourd'hui principalement utilisées en papeterie, ces fibres possèdent des propriétés exceptionnelles d'intérêt pour de nombreuses applications à plus forte valeur ajoutée, dont notamment la thermocompression, la plasturgie et le textile.

Ce projet de thèse s'inscrit dans un programme collaboratif financé par l'ADEME et a pour objectif de définir des outils scientifiques permettant la mesure de la qualité de la paille de chanvre afin de sécuriser l'amont de la filière et l'approvisionnement en fibre de chanvre dotée du bon niveau de rouissage de marchés cibles à haute valeur ajoutée.

Il vise à contribuer à l'accès à des marchés existant (non-tissés pour thermocompression), en cours de développement (pièces injectées automobile) et émergent (textile) pour les fibres de chanvre estimés à un besoin total supérieur à 6 000 tonnes de fibres par an, soit plus de 50 % de la production actuelle de fibre de La Chanvrière, chef de file de ce projet et leader européen de la production de fibres de chanvre.

Le travail scientifique mené pendant cette thèse est centré sur différents points majeurs. Il se propose de relier les propriétés des plantes et des tiges à celles des matériaux. Dans un premier temps il se focalise sur un travail expérimental de caractérisation mécanique et morphologique de fibres et de tiges affichant des qualités et niveaux de rouissage différents. Des essais spécifiques sont développés afin de caractériser le degré de rouissage des plantes de manière pertinente et pour mettre en évidence l'impact du rouissage sur les différentes interfaces présentes au sein des tiges. Dans un second temps, une étude à l'échelle des matériaux est conduite ; des composites renforcés par des non tissés de chanvre et d'autres injectés avec des fibres courtes sont réalisés et caractérisés. Leur microstructure, leurs performances, les interfaces entre les fibres sont étudiées à différentes échelles. Enfin, le dernier volet de cette thèse sera consacré à l'analyse de cycle de vie et au bilan environnemental des fibres de chanvre sélectionnées et des composites associés. Le recyclage de ces matériaux pourra également faire l'objet d'un travail complémentaire.

## **Publications et communications :**

Réquilé, S., Goudenhoft, C., Bourmaud, A., Le Duigou, A., & Baley, C. (2018). Exploring the link between flexural behaviour of hemp and flax stems and fibre stiffness. *Industrial Crops and Products*, 113, 179-186.

Réquilé, S., Bourmaud, A., Le Duigou, A., & Baley, C. (2017, June). Estimation de la rigidité longitudinale des fibres de chanvre à l'aide d'essais de flexion sur tiges. In *Journées Nationales sur les Composites 2017*

---

## **Projet professionnel :**

Dans le domaine des matériaux composites - Industrie ou recherche

**NOM et Prénom :** REYNE Baptiste

**Email :** baptiste.reyne@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Nicolas MOËS

**Co-directeur :** Pierre-Yves MANACH

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : MS

Financement : Allocation Région ou Département

Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Modélisation et simulation numérique des instabilités plastiques dans les alliages Al-Mg par une approche en fonction de niveaux

### **Résumé**

L'effet Portevin-Le Châtelier est une non-linéarité matérielle rencontrée dans certains alliages métalliques. Il est caractérisé par des déformations hétérogènes sous chargement homogène, associées à des chutes de contraintes. Ce phénomène appartient à une famille de comportements dont les origines physiques sont différentes mais les manifestations macroscopiques comparables: les instabilités plastiques.

Les modèles classiques utilisés pour leur prédiction dans un contexte industriel ont un coût élevé en moyens de calcul. De plus, la cinématique qu'ils prédisent demeure insatisfaisante.

L'objectif de ce travail est d'aboutir à une modélisation précise (et efficace en temps de calcul) des instabilités plastiques dans les aluminiums. Il s'appuie sur la mécanique configurationnelle et les approches numériques en fonctions de niveaux.

La caractérisation du matériau dans la littérature est complétée par des investigations expérimentales où un changement de point de vue est proposé.

### **Publications et communications :**

Poster - Workshop CSMA Junior 2018

Conférence internationale

Publication expérimentale en preparation

---

### **Projet professionnel :**

Je souhaite orienter mon projet vers un dessein académique. J'espère accéder à un post-doctorat à la suite de ma thèse, puis à l'embauche dans un laboratoire universitaire.



**NOM et Prénom :** RIOU Mickaël  
**Email :** mickael.riou29@gmail.com  
**Directeur de thèse :** Gilles Ausias  
**Co-directeur :** Julien Férec  
**Co-encadrant 1 :** Yves Grohens  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université Bretagne Sud  
**Laboratoire d'accueil :** IRDL  
**Equipe :** PTR1  
**Financement :** CIFRE  
**Spécialité :** Génie des Matériaux

**Titre de la thèse :** Maitrise du procédé de moussage d'un thermoplastique élastomère (TPE) par contrôle de la rhéologie du matériau et des paramètres du procédé d'extrusion

## **Résumé**

Pour ces 10 prochaines années, l'industrie automobile est confrontée à 3 grands enjeux : La consommation, le véhicule connecté et l'allègement du véhicule qui fait l'objet de notre projet de recherche. Quels matériaux vont permettre de réduire le poids des voitures et donc leur consommation, sans pour autant impacter leur performance ? Pour ce qui concerne un des domaines d'activité de Cooper Standard, à savoir l'étanchéité, une première étape a été réalisée en utilisant du thermoplastique de densité  $1,1 \text{ kg}\cdot\text{dm}^3$ , en remplacement de caoutchouc de densité  $1,3 \text{ kg}\cdot\text{dm}^3$ . La prochaine étape consiste à cellulariser les matériaux thermoplastiques, en visant une densité de 0,8. C'est tout l'objet de cette thèse qui s'intéressera à la maîtrise du processus de moussage lors la mise en forme des joints d'étanchéité pendant le procédé d'extrusion.

Diverses voies de moussage ont été explorées par le passé chez Cooper Standard : introduction d'agent chimique, dissolution de gaz à l'état supercritique? Cependant, ces agents gonflants aboutissent à des procédés d'extrusion compliqués à mettre en œuvre pour des produits techniques à l'échelle industrielle. Ma thèse s'intéresse au moussage d'élastomères thermoplastiques avec des particules expansibles à la température. Ces particules existent depuis plusieurs décennies mais deviennent ces dernières années économiquement attractives pour l'industrie automobile. Les matériaux moussés avec ces microsphères sont couramment appelés des mousses syntactiques.

La thèse va chercher à expliquer le comportement de ces microsphères lors du processus d'extrusion. Plusieurs problématiques seront à résoudre :

Où se déroule le moussage au cours de l'extrusion ?

Quel est l'influence de la rhéologie du matériau sur l'expansion ?

Quels paramètres process influence la qualité du moussage ?

Comment ces paramètres influencent la qualité du moussage ?

Pour résoudre ces problématiques, une modélisation du phénomène d'expansion sera effectuée. Cette simulation devra corréler des essais expérimentaux d'expansion. Des caractérisations matériaux seront effectuées pour alimenter le modèle physique. Enfin, un plan d'expérience sera effectué pour étudier l'impact de plusieurs paramètres process sur la qualité de moussage du composite.

## **Publications et communications :**

Aucune pour le moment, en attente de résultats probants.

## **Projet professionnel :**

A l'avenir je souhaite poursuivre dans le milieu industriel. Les métiers de la R&D m'intéressent particulièrement. Pour moi, la R&D est le moteur de l'entreprise. Elle permet à l'entreprise d'innover et de se démarquer de la concurrence tout en apportant des solutions aux problématiques de production.

**NOM et Prénom :** ROBARD Pierre

**Email :** pierre.robard@eleves.ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Laurent Gornet

**Co-directeur :** Patrick Rozycki

**Co-encadrant 1 :** Gilles Marckmann

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : MS

Financement : CIFRE

Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Modélisation et implantation dans le cadre éléments finis de modèles adaptés aux thermoplastiques élastomères en vue de la fatigue des structures

## Résumé

Trelleborg® est un groupe basé en Suède, de rayonnement mondial dans le domaine des solutions techniques à base de polymère telles que l'étanchéité, l'amortissement et la protection d'applications stratégiques dans le cadre d'environnement exigeants. La succursale Boots, basée à Nantes, est spécialisée dans la conception et la fabrication de soufflets de direction.

Premier producteur à l'échelle mondiale, Trelleborg Boots possède diverses usines de production au plus proche de ses clients (Chine, Mexique, USA?). Avec pour objectif de rester innovant dans le domaine, l'entreprise a décidé d'entamer un partenariat avec le laboratoire GeM (UMR CNRS 6183, Ecole Centrale Nantes) sous la forme de l'embauche d'un doctorant en thèse Cifre. L'objectif de cette nouvelle collaboration est de développer une meilleure connaissance du comportement mécanique des matériaux élastomères thermoplastiques PP/EPDM (Santoprene) et Copolyester-ether (Hydrell) constituant des soufflets automobiles réalisés sur l'usine de production Trelleborg Boots de Nantes. Ces structures automobiles sont soumises à des conditions de vie complexes puisque les pièces peuvent subir des variations de température et fonctionner dans un environnement graisseux. Il est important de pouvoir, afin d'optimiser la durée de vie de ces pièces ou de répondre à des cahiers des charges particuliers, comprendre et maîtriser la modélisation de l'évolution des propriétés mécaniques en regard des conditions de fonctionnement ainsi que d'identifier rapidement aussi le comportement mécanique en fatigue de ces pièces. En effet, d'un point de vue industriel, comprendre et prévoir l'amorçage de fissures au sein de ce matériau est un enjeu majeur afin de limiter la perte en fonctionnement de l'étanchéité des soufflets lors de chargements mécaniques complexes. Ces deux problématiques constituent le cœur de la thèse. Il est à noter aussi dans un souci de transfert de connaissances et de compétences, que l'ensemble des travaux devra être intégrable au sein du code de calcul commercial utilisé par Trelleborg, à savoir LS Dyna.

## Publications et communications :

Pas de publication à ce jour

Communications :

- poster pour la journée du GeM 2017
- présentation orale à la conférence WMBR
- poster pour le séminaire d'Aussois 2018

## Projet professionnel :

Faire le pont entre le domaine de la recherche et les entreprises en adaptant les savoirs scientifiques les plus pointus pour les adapter aux besoins spécifiques des entreprises et permettre l'échange de savoirs.

**NOM et Prénom :** ROUÉ Vincent

**Email :** vincent.roue@ensta-bretagne.org

**Directeur de thèse :** Sylvain CALLOCH

**Co-directeur :** Cédric DOUDARD

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées

Laboratoire d'accueil : IRDL

Equipe : Durabilité

Financement : CIFRE

Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Détermination rapide des propriétés en fatigue à grand nombre de cycles à partir d'essais d'auto-échauffement sous sollicitations cycliques : application aux alliages métalliques pour turboréacteurs aéronautiques.

## Résumé

Mes travaux de thèse portent sur la caractérisation rapide des propriétés en fatigue à grand nombre de cycles pour des alliages métalliques utilisés dans l'industrie aéronautique. Il s'agit d'une thèse CIFRE avec l'entreprise Safran Aircraft Engines. L'application visée est le dimensionnement en fatigue de pièces de turboréacteur, et donc la caractérisation en fatigue des matériaux utilisés dans la fabrication de ces pièces.

L'amélioration des performances des moteurs d'avion passe par l'augmentation des températures de fonctionnement et par un besoin de réduction de masse des composants. De ce fait, les pièces de turboréacteurs subissent des sollicitations, en contrainte et en température, de plus en plus sévères. Or les campagnes de fatigue pour déterminer les propriétés en fatigue de matériaux se révèlent longues et coûteuses, notamment pour des essais à haute température. Un des objectifs de la thèse est donc de mettre en place une méthode de détermination rapide des propriétés à grand nombre de cycle d'alliages métalliques pour l'industrie aéronautique afin d'évaluer rapidement l'influence de paramètres, telle que la température, sur l'évolution des propriétés en fatigue.

La détermination des propriétés en fatigue à grand nombre de cycles des matériaux métalliques à partir de mesures de l'auto-échauffement sous chargement cyclique s'avère très efficace pour réduire les coûts et le temps de caractérisation, permettant ainsi de déterminer de façon rapide la limite d'endurance du matériau dans différentes configurations. L'objectif principal de la thèse est donc d'appliquer cette méthode à haute température pour tenter d'évaluer rapidement, i.e. avec une éprouvette en une journée, la limite d'endurance du matériau. Cette méthode repose sur l'observation de l'évolution de la température moyenne stabilisée au cours de blocs à amplitude de chargement croissante. En effet à partir d'un certain niveau de chargement, la température captée augmente de façon significative. L'augmentation de la température est due à des mécanismes dissipatifs, également impliqués dans l'endommagement en fatigue des matériaux. La température mesurée au cours des essais augmente donc fortement lorsque le chargement appliqué dépasse la limite d'endurance moyenne du matériau. Cette méthode a fait ses preuves pour de nombreux matériaux à température ambiante, l'objectif de la thèse est d'étendre l'application à des températures plus élevées. Pour cela, deux alliages métalliques sont à disposition :

-Un alliage de titane, utilisé dans la partie froide des turboréacteurs entre 20°C et 450°C.

-Un superalliage monocristallin de nickel pour la partie chaude du turboréacteur, i.e. entre 550°C et 1100°C.

Capter les faibles variations de température de l'auto-échauffement d'une éprouvette à haute température représente un véritable défi expérimental. Les essais sur l'alliage de titane ont pu être réalisés pour plusieurs températures. Les objectifs de la thèse pour la suite sont :

-Adapter le protocole d'essais pour réaliser les essais à plus haute température (jusqu'à 1100°C)

-Mise en place d'une stratégie de dépouillement des essais pour faire le lien avec la fatigue à grand nombre de cycles

-Étude et modélisation de l'influence de paramètres sur les propriétés en fatigue à différentes températures (rapport de charge, effet de volume et d'hétérogénéité des contraintes?)

-Mise en place d'une chaîne de calcul d'aide au dimensionnement des pièces de moteurs

## **Publications et communications :**

Participation à la conférence " CFM 2017 " à Lille, au colloque national Mécamat " Aussois 2018 " et prochainement à la conférence internationale " Fatigue 2018 " à Poitiers en mai prochain.

## **Projet professionnel :**

Je souhaiterais travailler dans la recherche dans l'industrie, autour de ces mêmes problématiques.

**NOM et Prénom :** SANDINO Carlos

**Email :** carlos.sandino@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** CHINESTA Francisco

**Co-directeur :** -

**Co-encadrant 1 :** AGUADO José Vicente

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : ICI

Equipe : ICI

Financement : Salarié

Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Algebraic separated-variables solvers for steady and unsteady state partial differential equations

## Résumé

This work is concerned with the use of a separated-variables method, the Proper Generalized Decomposition, for the solution of steady and unsteady partial differential equations. Classical approaches in this area include in-plane-out-of-plane solvers [1-2], and space-time separated representations [3-4]. In this study, the standard approaches are revisited by means of an algebraic formulation of the PGD method. In this regard, the PGD method can be seen as a separated-variables solver for large-scale linear systems yielding compact (memory efficient) representations of the solution. Moreover, the algebraic interpretation of the PGD method introduces the necessary flexibility to reformulate the separated-variables solution representation. Specifically, we introduce the global-local solvers for steady-state problems, as a generalization of the in-plane-out-of-plane solvers. These are based on an arbitrary partition of the degrees of freedom that could eventually be related to a domain decomposition technique, but not necessarily, thanks to the algebraic formulation of the method.

The algebraic formulation reveals also helpful for unsteady state problems, in which space-time separated representations seem to appear naturally. In this case, space-time solution representation is maintained but the PGD algorithm is reformulated for improved efficiency.

Problems concerning unsteady state partial differential equations involve non-symmetric algebraic configurations, for which the PGD presents several limitations in terms of convergence. The algebraic formulation allows the use of the PGD to solve a preconditioned problem, obtaining a reduced basis. Once the reduced basis is obtained, the Proper Orthogonal Decomposition (POD) can be formulated to solve the problem. In the same way, the parametric case is also studied, using a separated-variables formulation of the Gram-Schmidt algorithm to build a reduced parametric system efficiently.

[1] B. Bognet, F. Bordeu, F. Chinesta, A. Leygue, A. Poitou. Advanced simulation of models defined in plate geometries: 3D solutions with 2D computational complexity. *Comput Methods Appl Mech Eng.* 201, 1-12. (2012).

[2] B. Bognet, A. Leygue, F. Chinesta. Separated representations of 3D elastic solutions in shell geometries. *Adv Model Simul Eng Sci* 1:4, (2014).

[3] A. Ammar, B. Mokdad, F. Chinesta, R. Keunings, A new family of solvers for some classes of multidimensional partial differential equations encountered in kinetic theory modeling of complex fluids. *J. Non-Newtonian Fluid Mech.* 139, 153176. (2006).

[4] A. Nouy. A priori model reduction through Proper Generalized Decomposition for solving time-dependent partial differential equations. *Comput Methods Appl Mech Eng.* 199, 1603-1626. (2010).

## **Publications et communications :**

Conferences:

C Sandino, JV Aguado, F Chinesta. Towards Global-Local Separated Representations in Arbitrary Non-Cartesian Domains. International Conference on Adaptive Modeling and Simulation ADMOS 2017

C Sandino, JV Aguado, F Chinesta. Non-intrusive Reduced Order Modelling Approaches. Congress on Numerical Methods in Engineering CMN2017

Articles:

C Sandino, JV Aguado, F Chinesta. Global-Local Separated Representations in Arbitrary Non-Cartesian Domains (in progress)

C Sandino, JV Aguado, F Chinesta. PGD for Time-Dependent Problems with POD-like mode update (in progress)

## **Projet professionnel :**

I have started my research career in the University of Seville (Spain) where I worked as a research engineer during 3 years (2013-2016), carrying out different studies about Micromechanics and Fracture Mechanics of Composite Materials, so, in the future I would like to develop my research career by applying the techniques employed in the present PhD thesis to these fields.

**NOM et Prénom :** SANTHARAM Prashanth  
**Email :** Prashanth.Santharam@ensta-bretagne.fr  
**Directeur de thèse :** MARCO Yann  
**Co-directeur :** Aucun  
**Co-encadrant 1 :** Le SAUX Vincent  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Ecole Nationale Supérieure de Brest  
**Laboratoire d'accueil :** IRDL  
**Equipe :** PTR5  
**Financement :** CIFRE  
**Spécialité :** Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** INVESTIGATION THERMOMECHANIQUE POUR LE DIMENSIONNEMENT EN FATIGUE DES PIECES THERMOPLASTIQUES RENFORCEES DE FIBRES DE VERRE COURTES

### **Résumé**

Les contraintes d'allégement des véhicules conduisent à remplacer des pièces métalliques par des pièces composites à fibres courtes, en particulier pour des applications structurelles. Néanmoins, de nombreuses limitations restent à dépasser pour accroître l'impact industriel de ces résultats et étendre la gamme de produits ciblés. Les objectifs industriels appellent les réponses à trois problématiques scientifiques principales, pour l'étude réalisée dans ce travail de doctorat. La première est la compréhension thermomécanique des mécanismes à différentes échelles, des défauts microstructuraux (fibres, clusters de fibres, interface cuir-peau) aux défauts géométriques et à la définition d'une échelle pertinente de dimensionnement. La deuxième est la compréhension de l'influence des conditions de service en température et humidité sur le comportement et la ruine de ces matériaux qui y sont très sensibles. La troisième est la compréhension de l'influence du chargement temporel sur la réponse et la ruine (forme du signal, fatigue-fluage, cumul de blocs d'amplitude variable).

### **Publications et communications :**

Aucune à ce jour  
1 communication internationale prévue en mai au congrès FATIGUE 2018

### **Projet professionnel :**

Travailler en France dans une entreprise au sein d'un bureau d'études pour le dimensionnement des structures.

**NOM et Prénom :** SCHEUER Adrien

**Email :** adrien.scheuer@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Prof. F Chinesta

**Co-directeur :** Prof. R. Keunings

**Co-encadrant 1 :** Prof. E. Abisset-Chavanne

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : ICI

Equipe : ICI

Financement : Boursier étranger

Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Multi-scale description of concentrated suspensions involving fibres and fibre aggregates dispersed in polymer matrices: modelling and numerical simulation

## Résumé

Most suspension descriptions nowadays employed are based on the so-called Jeffery model and suitable phenomenological adaptations of it. They do not take into account neither size and collective effects, nor deformation and bending mechanisms. Suspensions of industrial interest, encountered in many high-tech industrial sectors, including the aerospace and automotive industries, involve entangled fibres and fibre aggregates.

In this work, I address concentrated and semi-concentrated suspensions involving flexible fibres in a viscoelastic matrix, with possible entanglements and clustering. In order to describe such suspensions, I propose a modeling framework based on new mesoscopic models that go beyond the traditional first-gradient theories and are able to activate fibre bending mechanisms. Exploitation of these new models in complex flow situations necessitates the development of suitable micro-macro numerical algorithms, which will include the efficient solution of the high-dimensional Fokker-Planck equations by means of the Proper Generalized Decomposition recently advanced by my co-supervisors.

## Publications et communications :

J. Non-Newtonian Fluid Mechanics, 233, 61-74 (2016)

J. Non-Newtonian Fluid Mechanics, 237, 54-64 (2016)

Composites Part A, 91, 388-397 (2016)

International Journal of Material Forming, In press (2017)

Comptes Rendus Mécanique, 346, 48-56 (2018)

Computational Particle Mechanics, Submitted

Conferences: GdR MIC 2015; ESAFORM 2016; FPCM 2016; AERC 2017; ICMMS 2017; GFR 2017; GdR MIC 2017; EMMC 2018; WCCM 2018

## Projet professionnel :

Mon projet est de poursuivre dans un cadre de recherche appliquée (potentiellement mi-académique, mi-industrielle), tout d'abord lors d'un post-doc à l'étranger.



**NOM et Prénom :** SECO Laura

**Email :** laura.da-silva-seco@insa-rennes.fr

**Directeur de thèse :** HJIAJ Mohammed

**Co-directeur :** COUCHAUX Maël

**Co-encadrant 1 :** COUCHAUX Maël

**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Institut National des Sciences Appliquées Rennes

**Laboratoire d'accueil :** LPGN

**Equipe :** LGCGM

**Financement :** Contrat de recherche

**Spécialité :** Génie civil

**Titre de la thèse :** Column-base plate joints under complex loadings

## Résumé

During the last decades, steel structures have been widely adopted for its simplicity, quick erection and less environmental impact. Commonly used for the construction of industrial, commercial and habitational buildings, bridges and recently, wind towers, steel structures provide an excellent alternative to current reinforced concrete structures. With multiple benefits like the high-quality production, the reduction on the self-weight, no need formwork and the use of a fully recyclable material enables to obtain cheaper solutions, reason which led steel structures gain a worldwide leading place. But the civil engineering world is in permanent evolution with the development of new materials and revolutionary construction techniques, and because of its importance, steel structures continue to be a focal-point between researchers.

Steel joints are structural elements which play an important role in the connection between different elements of the steel structure, such as beams, columns, foundations. For this reason, their behaviour has a strong influence on the global behaviour of the structure. Furthermore, design engineers of steel structures from today need to pay special attention to find adaptable and economical solutions, with easy fabrication, high resistance and deformation capacity, which increases the difficulty on the design of such elements like joints.

Column base joints are one of the most critical and influential elements on steel structures, since their efficiency and performance strongly affects the whole behaviour of the structure. The main function of these kind of connections is to transfer to the foundation the self-weight and the loads of the structure. Thus, they have such great influence in the stability and durability of the structure. However, comparing with other types of joints, such as beam-to-column or beam-to-beam, there is a lack of information and studies on column bases behaviour. Within the existing studies carried out by other researchers, it is very common to find numerical or experimental programs focused on strong axis bending, unlike the cases with weak axis bending or biaxial bending. Thus, it is crucial to have a correct estimation of the mechanical properties of this type of joints, in the matter of strength, stiffness and rotational capacity, for cases with biaxial bending conditions.

Aiming to obtain an economical structural design, the main objective of this PhD thesis is the development of a simplified analytical method that allows to obtain the resistance, stiffness and rotational capacity of column base joints under complex loading conditions (axial force, bending moment in both principal directions and shear forces). As this work has the final purpose to be possibly integrated in the next revision of Eurocode 3, the method will be based on the existing methodology presented in EN 1993-1-8 [9].

To develop a simple and suitable approach, this work firstly consists on an extended literature review about column base joints and preceding numerical and experimental studies, followed by the development of a numerical model on ABAQUS. This model is created based on two existing works and will be validated by experimental results obtained under this research. The next step is the development of an analytical model to predict the behaviour of the column base joints subjected to bending moments under strong and weak axis directions.

## **Publications et communications :**

During this 3 year PhD thesis, it is predicted to publish at least one article or journal paper. It is planned for the end of the second year.

## **Projet professionnel :**

After this PhD thesis, my will is to gain experience in a completely different field of the civil engineering. With my deep knowledge in structural mechanics acquired during my licentiate and master's degree at the University of Coimbra and later, my PhD at INSA Rennes, I would like to proceed in my career and work in a design office, specialized on steel and mixed (steel and concrete) structures.

**NOM et Prénom :** SEPULVEDA Julian  
**Email :** julian.sepulveda@oniris-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Agnés Montillet  
**Co-directeur :** Dominique DellaValle  
**Co-encadrant 1 :** Catherine Loise  
**Co-encadrant 2 :** Alain Riaubanc

Etablissement : Université de Nantes  
Laboratoire d'accueil : GEPEA  
Equipe : GPA  
Financement : Allocation Région ou Département  
Spécialité : Génie des Procédés et Bioprocédés

**Titre de la thèse :** Proposition et caractérisation d'un équipement innovant pour l'obtention de mousses à base de matrices alimentaires.

## Résumé

La fabrication d'une mousse, qu'elle soit vouée à être éphémère telle une mousse de capuccino ou avoir une durée de vie plus importante comme une mousse solide, nécessite initialement la réalisation d'une opération unitaire dite de « foisonnement » consistant à incorporer et disperser le gaz au sein d'un liquide. Le contrôle de la structure de la mousse lors de sa formation, est basé sur la maîtrise de son taux d'aération et notamment de la taille des bulles en son sein. Ce contrôle est un objectif impératif pour la maîtrise des propriétés d'usage finales, i.e., leur texture et leur stabilité.

Ce projet de recherche a comme objectif la production des mousses avec des microcanaux. Son originalité porte sur l'utilisation des débits d'injection liquide beaucoup plus élevés que ceux couramment rencontrés dans les applications classiques de cette technologie. Cette étude s'appuie sur les résultats d'une thèse précédente menée au sein de l'équipe de recherche. Il a été observé au sein du procédé une évolution très rapide des trains de bulles formés ce qui a suscité des questions sur les mécanismes régissant ces changements. La caractérisation de ces mécanismes est l'un des objectifs principaux de cette thèse, puisque leur connaissance est l'une des clés permettant l'amélioration du design d'un tel procédé.

La présente étude comporte deux parties. Un travail préliminaire consiste à déterminer pour différentes configurations du procédé (géométrie des microcanaux, dimensionnement du profil de détente), les limites entre les régimes d'écoulement dispersé-poches afin d'établir les paramètres du procédé qui permettent une incorporation totale du gaz et donc le contrôle de la fraction de vide des mousses. Ensuite, l'étude porte sur la production des mousses dans le régime dispersé et la caractérisation de leurs propriétés structurales et d'usage dans le but de déterminer l'impact des différentes configurations géométriques des microcanaux sur ces propriétés. En parallèle, cette étude s'intéressera de manière approfondie à la caractérisation de la genèse des trains de bulles dans les microsystèmes ainsi qu'à l'incidence de singularités géométriques (coudes, élargissement des canaux) sur l'évolution de ces trains de bulles.

Au stade actuel de l'étude, un banc expérimental ad hoc a été monté et testé. Les premiers essais expérimentaux réalisés ont permis de montrer que la présence de singularités géométriques dans les dispositifs n'a pas, jusqu'à présent, présenté d'effet significatif sur la limite entre les régimes d'écoulement dispersé-poches. Cependant, les caractérisations des mousses finales ont montré un impact apparent des singularités sur les propriétés structurales (granulométrie) et d'usage de la mousse (rhéologie) ainsi que sur la typologie du train de bulles. En particulier, la présence d'un élargissement a conduit à la production de mousses avec des tailles de bulles plus petites et un degré accru de rigidité.

L'objectif pour les mois à venir est d'établir les explications physiques sous-jacentes aux phénomènes de fractionnement des bulles dans le procédé. Les futurs travaux se focaliseront donc sur le lien entre les observations à l'intérieur des microcanaux et la caractérisation des propriétés des mousses en sortie du procédé. Les mécanismes conduisant aux phénomènes observés seront établis en analysant les interactions des différentes forces impliquées à ces échelles.

## **Publications et communications :**

1. Biopolymers 2017  
Nantes, France  
Oral presentation ? 01/12/2017  
Production of biosourced foams by microchannels at high throughput.
2. 5th European Conference on Microfluidics ? ?Flu18  
Strasbourg, France  
Oral presentation ? 01/03/2018  
Production of biosourced foams by microchannels at high throughput
3. MicroNanofluidics 2018  
Grenoble, France  
Poster session ? 15-16/03/2018  
Production of biosourced foams by microchannels at high throughput
4. Annual European Rheology Conference 2018 (AERC 2018)  
Sorrento, Italy  
Oral presentation ? 19/04/2018  
Rheological properties of biosourced f

## **Projet professionnel :**

**NOM et Prénom :** SHIFERAW Benjamin

**Email :** benjamin.shiferaw@ifsttar.fr

**Directeur de thèse :** Nicolas Moës

**Co-directeur :**

**Co-encadrant 1 :** Olivier Chupin

**Co-encadrant 2 :** Jean-Michel Piau

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : MS et MAST/LAMES

Financement : Organisme de recherche:CNRS-IFSTTAR-CEA.

Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Modélisation tridimensionnelle de la fissuration en milieu viscoélastique dans le cadre de la mécanique des chaussées

## Résumé

Ma thèse a pour principal objectif le développement d'outils de modélisation en mécanique des chaussées, tournés vers les problématiques d'entretien et de préservation du patrimoine routier et prenant en compte à ce titre, les problèmes d'initialisation et propagation de fissures induites par le trafic routier. En effet, de façon schématique, une étude d'entretien de chaussée repose sur trois étapes qui consistent à Réaliser le diagnostic de l'état actuel de la chaussée, Estimer sa durée de vie résiduelle hors travaux d'entretien, Proposer et comparer entre elles des solutions de maintenance, à la fois en termes de gain de durabilité et de coût financier. Le déploiement de ce type de méthodologie passe par l'amélioration des techniques actuelles d'auscultation des chaussées mais aussi des outils de modélisation numérique permettant de rendre compte du comportement des structures de chaussées endommagées et de l'évolution de leur état, en fonction des différents scénarios d'entretien envisageables. Ma thèse a ainsi pour principal objectif le développement d'éléments théoriques et codes de calculs permettant l'étude de l'initiation et de la propagation de fissures dans des structures composées de matériaux à rhéologie thermo-viscoélastique, caractéristique du comportement des enrobés bitumineux. Il est prévu pour ce faire de s'appuyer sur l'approche TLS (Thick Level Set) (Moes et al., 2010). Cette approche permet d'unifier les deux grandes familles de modélisation numérique de fissuration des structures, à savoir la mécanique de l'endommagement et la mécanique de la rupture. Elle repose sur une modélisation non locale de l'endommagement et une technique de transition entre états endommagé et fissuré. L'évolution du front d'endommagement, séparant les zones saines et dégradées, est imposée par une quantité non locale intégrant en tout point du front des informations prises sur l'épaisseur de la bande endommagée. Au-delà d'une certaine longueur critique à partir du front, le matériau est supposé complètement dégradé et une transition naturelle vers la fissuration est assurée par utilisation du formalisme XFEM. Mon travail est divisé en trois parties: Dans une première partie, j'ai commencé par recenser (bibliographie) les propriétés physiques des matériaux viscoélastiques et les phénomènes mis en évidence par ces matériaux lors des essais de rupture sous chargement monotone. J'étudie alors dans cette partie différentes approches théoriques de la fissuration et de l'endommagement en milieu viscoélastique, susceptibles de reproduire les observations expérimentales avant et après apparition d'endommagement. Les modèles développés à ce stade sont développés en 1D afin d'étudier leurs propriétés de façon analytique ou semi analytique. La deuxième partie de la thèse consiste à intégrer l'approche TLS viscoélastique, étudiée précédemment, dans une méthode aux éléments finis permettant d'effectuer des calculs structurel 2D ou 3D. On visera pour cela à utiliser l'environnement logiciel TLS développé par l'ECN. La troisième partie consistera à tester l'outil obtenu sur un certain nombre de benchmarks, tirés en partie de la bibliographie et mettant en jeu de la fissuration en milieu viscoélastique. On s'attachera à comparer les résultats numériques obtenus aux solutions attendues, à la fois sur les plans qualitatif et quantitatif. Des exemples permettant d'illustrer le potentiel de l'outil vis-à-vis des attendus initiaux concluront le travail.

## **Publications et communications :**

pas de publication pour le moment.

Je pense qu'il pourrait y avoir matière à communiquer sur le problème du barreau 1D viscoélastique en distinguant et comparant les approches CMZ et TLS.

## **Projet professionnel :**

Après ma thèse je compte continuer dans le domaine de la recherche, ce pour cela un post-doc ou un poste de R&D en génie civil/mécanique est très convenable pour ma situation et mes objectifs.

Afin de trouver un tel poste, je compte de commencer de postuler à des offres à partir de la moitié de ma troisième année de thèse.

**NOM et Prénom :** TAHA Habib

**Email :** habib.taha@univ-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Didier Marot

**Co-directeur :** Abbas HIJAZI

**Co-encadrant 1 :** Ngoc-Son NGUYEN

**Co-encadrant 2 :** Khalil ABOU-SALEH

Etablissement : Université de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : IEG

Financement : Boursier étranger

Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Développement d'un couplage de la Méthode des Eléments Discrets avec un modèle d'écoulement des fluides pour l'étude de l'érosion interne dans les sols granulaires

## Résumé

L'écoulement d'un fluide au travers d'un milieu poreux tel que le sol peut arracher certaines particules constitutives de ce milieu. Le transport de ces particules peut alors provoquer une modification de la structure interne du matériau. Ces phénomènes sont nommés érosion interne et peuvent se développer suivant différents processus qui représentent la cause majeure de la rupture d'ouvrages hydrauliques en terre (par exemple: la rupture de la Digue de stériles de skawina-POLOGNE - décembre 1964: Un rupture de digue se produit suite à une pluie intense et à une montée rapide de l'eau due à la baisse des propriétés mécaniques. Pour prévenir cette conséquence brutale, aux très importantes conséquences économiques et sociétales, il convient d'améliorer la compréhension des phénomènes mis en jeu. Les différents processus d'érosion interne font l'objet d'essais, principalement à l'échelle du laboratoire sur des échantillons, afin de caractériser la sensibilité des sols à l'érosion. Les mesures et les observations (variation de pression, masse érodée, tassement, . . .) sont alors réalisées à l'échelle de l'échantillon. Les processus étudiés et leurs conséquences sur le comportement hydraulique et mécanique de l'échantillon dépendent fortement de l'évolution de la microstructure du matériau.

L'érosion interne se présente sous des formes différentes:

1-Il ya des études qui présente l'érosion interne comme la diminution du pourcentage des particules fines dans l'échantillon : Il n'est pas clair comment le pourcentage des particules fines influence la structure interne et puis le comportement mécanique des sols granulaires, dans ce cas on choisi un sol de type lacunaire (composé seulement des particules fines et grossières) et ce type du sol est susceptible à l'érosion interne et ça nécessite le développement des outils d'analyse à l'échelle de la microstructure. L'un de ces outils consiste à modéliser numériquement les matériaux granulaires par la Méthode des Eléments Discrets (DEM) .

2-Des autres études sur les sols qui contient une pourcentage du sel, ils ont définis l'érosion interne, comme c'est la dissolution du sel:

Dans cette section on fait des simulations de la dissolution du sel dans le sol : on considère que les particules de sels sont les particules fines du sol lacunaire et il faut faire l'extraction d'un pourcentage de ces particules fines de manière aléatoire. Le but de cette étude est de valider les résultats expérimentaux par des études microscopiques.

3-Un autre forme de l'érosion interne, la suffusion: l'écoulement des fluides au coeur de l'ouvrage peut provoquer le détachement et le transport puis la filtration des particules fines :

3-1: on définit la squelette du solide (formé des particules ont des fortes forces de contacts) qui porte la majorité de chargement dans l'échantillon, et la perte des fractions (formé des particules qui ont des faibles forces de contacts) qui porte les petits chargements macroscopiques dans l'échantillon, et on fait l'extraction des particules fines qui appartiennent à la squelette solide de l'échantillon.

3-2: on fait un modèle basé sur la définition de la squelette solide et de la perte des fractions utilisées dans la section (3-1), mais en plus on prend en compte le chemin traversé par les particules fines érodées ( et le blocage des particules fines par les constriction). Dans cette section on utilise le graphe de VORONOI pour décrire les chemins des particules érodées.

## **Publications et communications :**

? "On the effect of fines content on the micro-mechanical behavior of gap graded granular materials? : Publication acceptée pour la conférence nationale "AUGC 2017"

? "Micro-mechanical investigation of the effect of fine content on mechanical behavior of gap graded granular materials using DEM" : Publication acceptée pour la conférence internationale "Powders and Grains 2017".

? "Micro-mechanical behavior of gap graded granular materials : a numerical study using DEM" : en cours de rédaction pour la revue "International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics".

## **Projet professionnel :**

Après un Master 2 en géotechnique de l'université de Lille-1 (2015-2016), Je suis un doctorant en Génie Civil de l'université de Nantes. J'enseigne maintenant la structure métallique (TD), et je veux rester dans le domaine de la recherche, après tout ça, je suis très intéressée pour un post-doc ou un post ATER en génie civil.

**NOM et Prénom :** TAHAN Gilles  
**Email :** gilles.tahan@ensta-bretagne.org  
**Directeur de thèse :** David TÉVENET  
**Co-directeur :** Michel ARRIGONI  
**Co-encadrant 1 :** Pierre BIDAUD  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées  
**Laboratoire d'accueil :** IRDL  
**Equipe :** PTR2  
**Financement :** Allocation Région ou Département  
**Spécialité :** Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures

**Titre de la thèse :** Étude des assemblages collés sous choc : propriétés mécaniques après choc laser

## Résumé

Le collage structurel présente de nombreux avantages : il permet d'alléger les structures, répartit la charge de façon homogène et surtout il assure un assemblage simple et sain de pièce métal/composite ou composite/composite. Cependant, comme tout procédé industriel, cette technologie présente des possibilités de défaut qu'il conviendra de détecter avant utilisation. Une façon de vérifier ces défauts est d'utiliser la méthode de test d'adhésion par choc laser : on génère un plasma par ablation de la couche superficielle qui propage un choc au sein de la structure, venant ainsi solliciter le joint de colle au niveau de contrainte souhaité. Un assemblage sain supportera la charge tandis qu'un assemblage défectueux sera endommagé. Cette méthode présente l'avantage d'être locale, automatisable et surtout de mettre en évidence des défauts difficiles à détecter autrement (weak bond, kissing bonds). Toutefois, il subsiste encore quelques incertitudes quant à l'innocuité de ce type de contrôle sur les structures. Le choc pourrait en effet endommager de façon indétectable la structure et nuire à ses performances mécaniques ainsi qu'à sa tenue en fatigue. Ces travaux de thèses se concentrent sur ce dernier aspect, à savoir modéliser numériquement le passage d'une onde de choc dans un assemblage collé et proposer un essai permettant d'évaluer les propriétés mécaniques d'un assemblage collé après choc. Pour l'aspect dynamique, un banc d'essai de tir laser permet de caractériser les matériaux sous choc et de solliciter un assemblage collé à différents niveaux de pression afin d'étudier l'endommagement. Les données sont ensuite réinjectées dans des simulations éléments finis explicites afin d'estimer les niveaux de pression réels subit par l'assemblage. La prédiction du passage des ondes de choc est un point crucial dans la conception et la mise en place des essais de choc et dans l'optimisation de l'apparition d'un endommagement de référence. En ce qui concerne l'étude des propriétés post-choc, cette étude se base notamment sur l'utilisation du montage Arcan modifié pour l'étude, en sollicitation quasi-statique monotone et cyclique, des propriétés d'un joint de colle préalablement choqué au laser.

## Publications et communications :

Présentation orales :

École thématique CHOCOLAS (2016), Roscoff (29)  
Journées V.H. (2017), Rennes (35)  
ACEX 2017, Vienne (Autriche)  
PGEM 2017, Londres (Royaume-Unis)  
Jst END CND 2018, Bordeaux (33)

Publications :

aucune

## Projet professionnel :

Mon projet immédiat est de postuler à un postdoc à l'étranger ou au CEA afin d'enrichir mon expérience au sein d'une autre structure de recherche. Au terme de ce postdoc, je postulerai pour une affectation de maître de conférence (dans la mesure du possible). Je garde cependant à l'esprit la possibilité de travailler en entreprise en tant qu'ingénieur.



**NOM et Prénom :** TANGUY Guillaume

**Email :** guillaume.tanguy44@gmail.com

**Directeur de thèse :** Luc Marchal

**Co-directeur :** Benoit Schoefs

**Co-encadrant 1 :** Olivier Goncalves

**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université de Nantes

**Laboratoire d'accueil :** GEPEA

**Equipe :** Bioprocédés appliqués aux microalgues

**Financement :** Allocation MESR

**Spécialité :** Génie des Procédés et Bioprocédés

**Titre de la thèse :** Extraction biocompatible de métabolites de microalgues

## Résumé

La production de métabolites par microalgues implique une phase de production et une phase d'extraction du métabolite. Le laboratoire GEPEA travaille sur la mise en place d'un procédé original couplant un photobioréacteur de production et une extraction biocompatible en continu du métabolite d'intérêt. La viabilité cellulaire est réduite mais cela permet d'extraire le métabolite tout en préservant la culture. Les microalgues étant des microorganismes à la croissance relativement lente, cela permet d'obtenir au final des rendements supérieurs en comparaison des procédés plus conventionnels où les cellules sont tuées lors de l'extraction. La thèse a pour objectif d'étudier le couplage pratique de deux systèmes, par association d'un photobioréacteur à un système d'extraction centrifuge développé spécialement pour cet usage. La stabilité dans le temps du processus global sera particulièrement étudiée, les extractions successives pouvant amener à une dérive du matériel biologique. Ceci sera appliqué à la production d'une fraction riche en caroténoïdes issus de la microalgue *Dunaliella salina*. Une attention particulière sera portée sur le choix des solvants testés (solvants « verts » agréés dans le nouveau cadre réglementaire pour des exploitations en alimentaire, cosmétique?). Le travail, promu dans le cadre AMI, sera mené en codirection et collaboration avec le laboratoire MMS. Le travail bibliographique a permis d'identifier les conditions optimales de cultures/accumulation et les souches les plus prometteuses industriellement. La première année a été focalisée sur la mise au point du matériel et méthodes. La caractérisation se fait d'un point de vue biologique, biochimique et du procédé. Pour cela des méthodes de quantification de la concentration cellulaire et de la distribution de taille ont été développées. Un bilan matière a été appliqué par mesure des lipides, chlorophylles, caroténoïdes et de la matière sèche totale. L'impact du traitement par solvant sur la physiologie de chaque microalgues dans la culture a été étudié. Pour cela des techniques de marquage ont été investiguées pour classifier l'état cellulaire (intégrité membranaire, activité photosynthétique et respiratoire, phase du cycle cellulaire).

## **Publications et communications :**

Soumission d'un article dans l'été et présentation lors du congrès Algaeurope 2018 en prévision.

---

## **Projet professionnel :**

Soit:

- Recrutement dans une industrie d'extraction végétale
- Création d'une entreprise de production de matériel scientifique



**NOM et Prénom :** THIAUCOURT Jonas

**Email :** jonas.thiaucourt@eleves.ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Pr. Jean François-Hetet

**Co-directeur :** non

**Co-encadrant 1 :** Dr. Etienne Delaire

**Co-encadrant 2 :** Dr. Pascal Robert

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : LHEEA

Equipe : TSM

Financement : Autre

Spécialité : Energétique - Thermique - Combustion

**Titre de la thèse :** Development of a model library for LNG fuel systems on-board

## Résumé

As acceptable limits for exhaust emissions become stricter, LNG (Liquefied Natural Gas) is perceived by ship-owners as an alternative to marine fuel for various kinds of vessels.

However, the main challenge in designing LNG-fuelled ships is the fuel system. LNG is stored on-board in cryogenic tanks. As heat leaks into the reservoir, the composition of the vapour and liquid phase change.

This process, known as weathering (or ageing), impacts the fuel's quality notably in terms of methane number and calorific value. Consequently, it influences the engine's behaviour (performances, emissions and operational profile).

Hence, mastering the prediction of the LNG's quality in the tank and through the fuel system is a key issue to consider accurately the overall energy balance.

In the end, the engines' consumption over a journey will be determined more precisely, perfecting technical and financial analyses.

The aim of this PhD is to:

1. assess the evolution of LNG's thermodynamic properties in fuel systems from the tanks to the engines' inlets;
2. enhance 0D/2D multi-physics libraries with components dedicated to marine LNG propulsion.

## **Publications et communications :**

-Présentation GIS, Nantes 2017;

-Présentation CIMAC, Paris 2017;

-ISOPE, Sapporo (Japan), 2018;

-COFRET, Strasbourg, 2018 (en cours.);

-GASTECH 2019, Barcelone, 2019 (en cours.);

## **Projet professionnel :**

Recherche d'un premier emploi en tant qu'ingénieur d'étude/recherche dans le domaine maritime (propulsion marine/ architecture navale/ structures en mer) - à partir d'octobre 2019.

**NOM et Prénom :** THOMAS Tatiana  
**Email :** tatiana.thomas@univ-ubs.fr  
**Directeur de thèse :** Stéphane Bruzaud  
**Co-directeur :** Alexis Bazire  
**Co-encadrant 1 :** Anne Elain  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université Bretagne Sud  
**Laboratoire d'accueil :** IRDL  
**Equipe :** PTR1  
**Financement :** Autre  
**Spécialité :** Génie des Procédés et Bioprocédés

**Titre de la thèse :** Développement d'outils génétiques et chimiques pour la production contrôlée de polyhydroxyalcanoates.

## Résumé

Les polyhydroxyalcanoates (PHA) sont des biopolymères produits par des bactéries à partir de différentes matières carbonées. En plus d'être biosourcés, ils sont biodégradables et biocompatibles ce qui limite leur impact sur l'Environnement ou sur les organismes. Ainsi, ces biomatériaux peuvent être utilisés pour différentes applications allant du domaine biomédical à la production de « consommables » biodégradables. Malgré leurs qualités, les rares PHA disponibles actuellement sur le marché (produits essentiellement en Chine) ne peuvent concurrencer les polymères conventionnels. Il est donc nécessaire non seulement de mieux maîtriser, mais aussi d'optimiser, les procédés de synthèse bactérienne afin de proposer une gamme de polymères dont les propriétés seront adaptables selon les applications visées.

La bactérie marine *Halomonas* sp. SF 2003 a été isolée en mer d'Iroise il y a quelques années et a été identifiée comme une souche performante pour la production de PHA par fermentation biologique.

L'objectif est la production et la valorisation de polymères d'origine renouvelable, via *Halomonas* sp. SF 2003, en utilisant des techniques faisant appel à la fermentation bactérienne, couplée à des méthodes génétiques et chimiques.

La versatilité de la biosynthèse mais aussi la possibilité de diriger la fermentation et de l'optimiser en jouant sur les couplages de stratégies génétiques, microbiologiques et chimiques, en amont et en aval de la biosynthèse, sont des atouts très intéressants et extrêmement prometteurs en vue d'un développement plus important de cette famille de polymères.

## Publications et communications :

Development of genetic tools for an optimized production of polyhydroxyalkanoates (PHAs) (Poster), ESPB 2017.

## Projet professionnel :

À terme, l'objectif serait de pouvoir exercer dans un laboratoire ou un département de recherche pluridisciplinaire pouvant permettre de développer les techniques de production et d'utilisation de PHA pour différentes applications et, si possible au sein d'un laboratoire étranger ou d'une équipe internationale.

**NOM et Prénom :** TODISCO Eglantine

**Email :** e.todisco@groupe-seche.com

**Directeur de thèse :** Jeremy Pruvost

**Co-directeur :** non

**Co-encadrant 1 :** Sylvain Durécu

**Co-encadrant 2 :** Arnaud Artu

**Etablissement :** Université de Nantes

**Laboratoire d'accueil :** GEPEA

**Equipe :** bam

**Financement :** CIFRE

**Spécialité :** Génie des Procédés et Bioprocédés

**Titre de la thèse :** Optimisation de la croissance de microalgues en facade de batiment

### **Résumé**

Le but de la thèse est de travailler sur les aspects thermiques et biologiques pour optimiser la croissance de microalgues en photobioréacteur (PBR) en facade de batiment.

Pour cela des PBRs de 1.5l sont utilisés en labo et des PBRs de 100l sont utilisés sur un prototype la Symbio2 Box ainsi que sur un pilote de 8 PBRs à Champs Sur Marne.

Un travail biologique sur *Haematococcus pluvialis*, souche d'interet est aussi un objectif de cette thèse.

### **Publications et communications :**

1 poster à l'ISAP, 2 communications orales WCCE Barcelone

---

### **Projet professionnel :**

Industriel

**NOM et Prénom :** TOUIMI Khalil  
**Email :** Khalil.Touimi@univ-brest.fr  
**Directeur de thèse :** BENBOUZID Mohamed  
**Co-directeur :** BENBOUZID Mohamed  
**Co-encadrant 1 :** DJEBARRI Sofiane  
**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Université Bretagne Occidentale  
**Laboratoire d'accueil :** IRDL  
**Equipe :** IUT  
**Financement :** Boursier étranger  
**Spécialité :** Génie Electrique

**Titre de la thèse :** Modélisation et conception optimale de génératrices synchrones à aimants permanents pour des systèmes hydroliens avec multiplicateurs

## Résumé

### ABSTRACT

Tidal energy is a promising solution to lower CO2 emissions and reduce dependency to fossil fuel sources. It is renewable and highly predictable. Tidal Stream Turbines (TSTs) are used to harness such energy. TST technology is not as mature as wind turbine technology in addition to be submerged systems. Therefore, they have to withstand high loading conditions and the aggressive submarine environment. To make this energy competitive compared to the other renewables, many challenges need to be overcome. The choice of the drive-train configuration is one of them: with or without a gearbox? This issue needs to be addressed. As TSTs failures data are available at this time and as they are analogous to wind turbines, the comparison study will be based on wind turbine failures data.

The gearbox is a critical mechanical subsystem and is an important source of failures. However, geared generators subsystems are cheaper and commercially available. This is a reason why TSTs project developers are adopting such type of systems. Direct-drive generators availability is however higher because gearboxes are not only a source of failures but have also an important mean time to repair compared to TST typical subsystems. Direct-drive generators are unfortunately larger, heavier, and not commonly available compared to geared ones.

A medium concept could be considered avoiding the above-mentioned drawbacks. It consists in the multibrid generators. They are composed by an efficient one-stage small gearbox and a medium speed generator. Their performances are therefore discussed and compared to the other concepts.

Another promising solution, which is also presented and discussed, is the magnetically-geared generators. This type of drive-train concept is highly efficient and reliable. It is friction-free and supports overloading. This technology is however in its infancy with no real prototype at this time.

### **Publications et communications :**

[1] K. Touimi, S. Djebbari, , and M. E. H. Benbouzid, "Marine tidal turbines: With or without a gearbox?," IEEE Transactions on Sustainable Energy, Submitted, 2017.

[2] K. Touimi, S. Djebbari, , and M. E. H. Benbouzid, "Tidal stream systems gearbox issue: Evaluations and prospective solutions," to be submitted to the 2018 IEEE PEAC - Special Session on Marine Renewable Energies, Shenzhen (China), 2017.

### **Projet professionnel :**

Enseignant-Chercheur à l'Ecole Militaire Polytechnique (Algérie)

**NOM et Prénom :** TOUZÉ Stéphane  
**Email :** stephane.touze@ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Jean-Yves Hacoët  
**Co-directeur :** -  
**Co-encadrant 1 :** Matthieu Rauch  
**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes  
Laboratoire d'accueil : GeM  
Equipe : PMM  
Financement : CIFRE  
Spécialité : Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Automatisation de la réparation en fabrication additive métallique

## Résumé

La présente thèse s'inscrit dans le cadre d'un financement CIFRE lié au projet FUI "NENUFAR" visant à appliquer les procédés de fabrication additive à des opérations de réparation de pièces à haute valeur ajoutée pour le secteur aéronautique, en particulier pour des matériaux réputés non-soudables. En effet, l'utilisation du procédé Laser Metal Deposition (LMD) pour la réparation de défauts sur des pièces métalliques industrielles doit permettre un meilleur contrôle du dépôt par rapport à des procédés plus conventionnels tels que le soudage manuel TIG. Avec un procédé LMD, la zone de dépôt et l'énergie apportée peuvent être contrôlées plus précisément, de sorte que la réparation peut être de meilleure qualité et surtout plus répétable car il s'agit d'un procédé contrôlé par commande numérique qui est donc en grande partie automatisable.

L'objectif principal de la thèse est donc d'optimiser l'utilisation du procédé LMD pour la réparation de défauts surfaciques en automatisant autant que possible la chaîne de réparation, de la détection du défaut en radiographie/tomographie jusqu'au dépôt et au parachèvement, en passant par la génération de trajectoires et le paramétrage du procédé.

Une méthode robuste de reconnaissance de défauts pré-usinés, nommée InterSAC, a été développée pour fournir la géométrie de la zone à réparer sur la base de données de scan laser.

Des travaux sont en cours sur l'optimisation du procédé LMD en termes de coulabilité. D'une part, un plan d'expériences a été mis en place pour optimiser la stabilité du cône de poudre en sortie de buse afin d'assurer la bonne fusion des particules de poudre et permettre un dépôt régulier dans le bain de fusion. D'autre part, des simulations multiphasiques fluide-particules sont en développement afin d'évaluer l'impact de certaines propriétés des particules (granulométrie, composition chimique et état de surface) sur la coulabilité globale des poudres.

D'autres travaux sont prévus concernant la génération de trajectoires ainsi que la détection de défauts en radiographie/tomographie via des méthodes d'analyse d'image.

In fine, la thèse présentera une méthode globale d'automatisation de la réparation de défauts accompagnée de développements fournissant une preuve de concept qui sera mise en pratique via quelques cas d'application industriels.

## **Publications et communications :**

Conférence internationale ICWAM (Metz, 17 au 19 mai 2017)

Conférence MUGV & Manufacturing 21 (Bordeaux, 7-8 juin 2018)

Comités de pilotage (projet FUI NENUFAR)

Séminaire d'équipe PMM

Hascoët, Touzé, Rauch, "Automated identification of defect geometry for metallic part repair by an additive manufacturing process", Welding in the World (2017)

<https://doi.org/10.1007/s40194-017-0523-0>

## **Projet professionnel :**

Etant en thèse CIFRE sur une problématique en lien avec l'industrie, je souhaiterais poursuivre certaines des thématiques abordées dans mon travail de thèse au sein d'une entreprise impliquée dans la fabrication additive métallique, soit en fabrication pure ou en réparation.

**NOM et Prénom :** VINCESLAS Théo  
**Email :** theo.vinceslas@univ-ubs.fr  
**Directeur de thèse :** Thibaut Lecompte  
**Co-directeur :** Thibaut Colinard  
**Co-encadrant 1 :** Arthur Héloinou de Ménibus  
**Co-encadrant 2 :** Hélène Lenormand

Etablissement : Université Bretagne Sud  
Laboratoire d'accueil : IRDL  
Equipe : PTR5  
Financement : Allocation Région ou Département  
Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Caractérisation d'éco-matériaux terre-chanvre en prenant en compte la variabilité des matériaux disponibles localement

## **Résumé**

Le secteur du bâtiment est aujourd'hui l'une des premières sources de pollution au monde. Pour exemple à Paris, le chauffage des bâtiments est la seconde source de pollution avec 20% des émissions de NOx et 25% des émissions de PM10 (Particules fines). Selon ces faits, les efforts d'éco-construction actuels mènent à la réalisation d'habitations avec une consommation d'énergie faible durant la vie du bâtiment mais une énergie grise forte. En observant le cycle de vie entier d'un bâtiment, le choix d'un système d'isolation efficace et ayant une énergie grise faible est indispensable. De plus, l'impact environnemental peut être réduit grâce à l'utilisation de matériaux locaux, le développement de circuits courts de distribution et l'engagement d'artisans ayant un savoir-faire en lien avec les méthodes constructives traditionnelles. Dans ce contexte, les isolants contenant des matériaux bio-sourcés, tel que le chaux-chanvre, gagnent en intérêt et sont le sujet de nombreuses études scientifiques. Les estimations préliminaires montrent que remplacer la chaux par la terre crue permettrait de diviser par 20 l'énergie grise des systèmes d'isolation et par 5 l'impact carbone. En tant que matériaux de construction, la terre crue est utilisée depuis plus de 10 000 ans. Elle a ainsi une histoire bien plus longue que les matériaux bio-sourcés étudiés aujourd'hui. La terre a toujours été utilisée comme un matériau lourd avec une masse volumique allant de 1200 à 2000 kg/m<sup>3</sup> selon les techniques. C'est seulement récemment que les artisans et les scientifiques ont essayé de baisser cette masse volumique pour améliorer son pouvoir isolant. Les premières expériences ont été réalisées en Allemagne, avec de la paille, mais d'autres fibres peuvent être utilisées comme la fibre de coco, le chanvre? Aussi, les constructions terre peuvent presque se passer de transport de matériaux si la terre vient du site de construction. Aussi, utiliser la terre ne demande pas ou peu de processus de transformation. N'ayant pas de réaction chimique, le matériau est réversible et peut être réutilisé ensuite pour de nouvelles constructions. Néanmoins, la terre crue présente une variabilité très importante en fonction de son lieu d'extraction : granulométrie, type d'argile et composition chimique. Jusqu'aujourd'hui, ce sont les artisans qui, grâce à leur savoir-faire, assure la compatibilité d'une terre avec un mode constructif. Il n'est pas souhaité de remplacer ce savoir-faire mais de le compléter par des essais permettant une compréhension scientifique du comportement du matériau. Ainsi, une étude de la variabilité des terres disponibles localement est réalisée, puis mise en lien avec des travaux sur le comportement rhéologique de barbotines (mélange de terre et d'eau). En parallèle, la variabilité de ch  nevottes est aussi étudiée. Enfin, un travail de caractérisation mécanique, thermique et hydrique sur différents mélanges terre-chanvre permettront de lier variabilité des matériaux et performances du produit isolant.

## **Publications et communications :**

2nd International Conference on Bio-Based Materials & 1st Conference on ECOlogical valorisation of GRANular and FIBrous materials : « LIGHT EARTH PERFORMANCES FOR THERMAL INSULATION : APPLICATION TO EARTH-HEMP »

## **Projet professionnel :**

Ma thèse s'inscrit dans la continuité d'un engagement pour les éco-matériaux et leur développement. Mon souhait est de participer à l'augmentation des connaissances scientifiques en matière d'éco-matériaux de construction au profit de l'intérêt général. En cohérence avec ce v  u, la recherche au sein d'un laboratoire ou d'une structure appliquant les principes d'éco-construction serait l'idéal.



**NOM et Prénom :** VINET Justine

**Email :** justine.vinet@ifsttar.fr

**Directeur de thèse :** Emmanuel Chailleux

**Co-directeur :** Vincent Gaudefroy

**Co-encadrant 1 :**

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : IFSTTAR

Equipe : MIT

Financement : CIFRE

Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Adhésion et durabilité de matériaux pour infrastructures de transport : Evaluation de l'impact de l'additivation

## Résumé

Les performances des matériaux bitumineux utilisés pour les chaussées se dégradent dans le temps sous l'effet des sollicitations mécaniques et environnementales. Parmi les facteurs influents, l'eau apparaît comme l'un des éléments responsables de la majorité des dégradations. Elle agit à l'interface entre le bitume et le substrat minéral en provoquant une décohésion progressive de ce lien. De nombreux essais existent pour étudier en laboratoire la tenue à l'eau des enrobés. Certains sont basés sur l'évaluation visuelle de la surface des granulats à l'état foisonné encore recouverte de bitume après une immersion dans l'eau, d'autres permettent de mesurer l'évolution des performances mécaniques d'éprouvettes compactées avant et après immersion. Cependant, malgré la diversité des essais, beaucoup peinent à prédire correctement la sensibilité à l'eau des mélanges dans des conditions réelles. Les nombreux paramètres influents (teneur en vide, nature des constituants, nature de la sollicitation?) peuvent expliquer cette difficulté. L'accroissement de la durabilité des structures de chaussées nécessite donc de mieux comprendre ce phénomène de désenrobage. Le travail mené en collaboration entre l'IFSTTAR, EUROVIA et INGEVITY vise à apporter un regard innovant et multi-échelles sur la problématique de la résistance à l'eau des mélanges routiers, optimiser la formulation des matériaux en utilisant des additifs pour améliorer la durabilité de l'interface bitume/granat et adapter les conditions d'essais aux sollicitations climatiques des chaussées.

En complément des méthodes normalisées, une approche modèle qui s'appuie sur l'analyse des interactions liant/granat a été menée en laboratoire à partir d'un nouvel essai basé sur l'évaluation de la surface résiduelle de contact après immersion. Les résultats obtenus à l'équilibre après une immersion à 65°C montrent une forte dépendance à la minéralogie des granulats utilisés, avec une surface résiduelle d'enrobage de 29% pour un quartzite contre 95% pour un calcaire. Cet écart de comportement s'explique par l'énergie de surface des granulats étudiés et sera d'autant plus important que la température de l'eau sera élevée (thermo-dépendance des propriétés rhéologiques du bitume). Nous avons également montré que la résistance à l'eau des matériaux les plus faibles peut être améliorée par l'emploi d'additifs compatibles du point de vue physico-chimique avec le bitume et les granulats.

L'effet de la minéralogie des roches sur la résistance à l'eau, mise en évidence par l'approche modèle, se confirme pour l'ensemble des résultats obtenus avec les mélanges foisonnés (meilleure résistance pour les roches calcaires). En revanche nous n'avons pas systématiquement observé ce résultat pour les mélanges compactés. A cette échelle, il apparaît qu'en fonction de la nature du chargement mécanique utilisé et du conditionnement des éprouvettes (temps et température d'immersion, cycles de gel/dégel), les mélanges incorporant des roches à fortes teneurs en silice sont plus résistants à l'eau. Une interprétation de ces résultats a été proposée.

Au cours de cette dernière année de thèse, nous nous fixons plusieurs objectifs :

- finaliser le travail sur les matériaux compactés
- développer un modèle prédictif du désenrobage à partir des propriétés intrinsèques des matériaux
- rédiger le manuscrit et au moins un article scientifique
- valoriser les résultats par la participation à un congrès international aux Etats-Un

## **Publications et communications :**

Présentation oral aux Journées de l'Adhésion (JADH) en octobre 2017 - Prix du meilleur résumé

Poster présenté aux Journées Techniques Route 2018 en février 2018

Participation validée au congrès Petersen (Etats Unis) en juillet 2018

## **Projet professionnel :**

Poste de chercheuse dans le domaine privé (Génie Civil ou autre)

**NOM et Prénom :** WANG Huan

**Email :** huanhuanw1207@sina.com

**Directeur de thèse :** huanhuanw1207@sina.com

**Co-directeur :** panagiotis.kotronis

**Co-encadrant 1 :** Giulio Sciarra

**Co-encadrant 2 :**

**Etablissement :** Ecole Centrale de Nantes

**Laboratoire d'accueil :** GeM

**Equipe :** MEO

**Financement :** Boursier étranger

**Spécialité :** Génie civil

**Titre de la thèse :** Viscous and second gradient regularization techniques for the description of the behavior of soft soils

## **Résumé**

This study focuses on time-dependent behaviour and strain localization problems of soft soils. Due to the complexity and viscous properties, soft soils exhibit viscous behaviours which have been investigated by various researchers (for example, Bjerrum, 1967; ADACHI and OKA, 1982; Leroueil et al., 1985). Those behaviours are mainly referred to constant strain rate, creep and stress relaxation problems. Those behaviours can be described by means of elasto-viscoplastic constitutive laws. And it has been approved that the elasto-viscoplastic constitutive law based on the Perzyna theory and modified cam clay model could simulate well time-dependent behaviours of normally and slightly overconsolidated soil.

Soft soils can also experience strain localization as often observed in other geomaterials. However continuum-based assumptions in common geotechnical design are not sufficient to obtain realistic results. Hence an enhancement in the classical constitutive model is required. Second gradient model which has been verified as an efficient technique to model strain localization problem is adopted here. The advantage is the straightforward extension from the classical constitutive model to a second gradient model by introducing an internal length. It is also found that strain localization responses vary due to different loading rates (Atkinson, 2000). But few studies focus on the strain localization problem along with time-dependent behaviours. So in this thesis, the proposed viscoplastic and second gradient model is formulated in a weak form and implemented into finite element code to solve real boundary value problems.

## **Publications et communications :**

Communications:

Workshop on multi-scaled approaches towards degradation, damage and aging in geomaterials. January 23-24 2017, Nantes (France).

RUGC17 Rencontres Universitaires de Génie Civil de l'AUGC. May 22-24 2017, Nantes (France)

ALERT SummerSchool: Geotechnics of Soft and Organic Soils. June 26-30 2017, Assisi (Italy).

Publications: Viscoplastic modeling of soils for shallow foundations.

In preparation for the coming conference "China ? Europe Conference on Geotechnical Engineering".

---

## **Projet professionnel :**

Technical target Skills: Proficient in Matlab for finite element coding, skilled in finite element analysis software. Skilled in general softwares such as latex and Word et al.

Language target Skills: fluent in French and proficient in English

**NOM et Prénom :** WASEEM Abdullah

**Email :** abduallah.waseem@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** Prof. Laurent STAINIER

**Co-directeur :**

**Co-encadrant 1 :** Dr. Thomas Heuze

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : MS

Financement : Autre

Spécialité : Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Developement of numerical homogenization techniques accounting for instabilities, transient effects and coupled behaviors at the micro-scale.

## Résumé

Modeling and simulating heterogeneous media is a challenging and computationally expensive task especially if the contrast between material properties of constituents is high and loading conditions are significantly transient. Among many techniques, computational homogenization (CH) has proven to be a powerful method to solve static [Kouznetsova 2002], quasi-static [Özdemir 2008] and also transient [Larsson 2010, Ramos 2017, Pham 2013] problems for heterogeneous materials in a multi-scale setting. For linear problems, CH essentially consists in the construction of effective constitutive tensors from the micro-scale onwards, usually taken as a unit-cell or a representative volume element. In contrast to static and quasi-static problems, a transient analysis necessitates to evaluate these effective tensors at each macroscopic material point for each time increment, which makes these type of problems quite expensive. In this work, we propose a computationally tractable method to solve such problems. First, different transient regimes were recognized for heat conduction problems in heterogeneous media. A theory based on CH and Craig-Bampton mode synthesis (CBMS) [Sridhar 2016] was developed. This technique can be applied to transient problems with a weak separation of scales, in which the size of the unit-cell has a definite effect on the macroscopic response. Assuming linear material properties and a matrix having weak transient effects (relative to inclusions), the total microscopic response can be split into its steady-state and transient parts. Static condensation was used to obtain the steady-state solution, while CBMS was used to evaluate the transient response. The mode synthesis lowers the computational cost of a micro-problem with coupled  $N$  degree of freedom (d.o.f) to only  $k \ll N$  decoupled d.o.f, which lowers the computational cost significantly at each time step. Finally, the steady-state and transient solutions are used for deriving macroscopic tangent operators. As compared to the formulations of [Özdemir 08] and [Larsson 10] significant modeling and computational benefits have been achieved.

## **Publications et communications :**

Poster presentation: TU/e, Netherlands 2016

Poster presentation: GeM, Saint-Nazaire 2017

Poster presentation: MecaMat Aussois, 2018

---

## **Projet professionnel :**

Post-Doctrate

**NOM et Prénom :** XIE Chunmei  
**Email :** chunmei.xie@ec-nantes.fr  
**Directeur de thèse :** Alain Clément  
**Co-directeur :** Alain Clément  
**Co-encadrant 1 :** Francois Rongère  
**Co-encadrant 2 :** Aurélien Babarit

**Etablissement :** Ecole Centrale de Nantes  
**Laboratoire d'accueil :** LHEEA  
**Equipe :** EMO  
**Financement :** Boursier étranger  
**Spécialité :** Mécanique des Milieux Fluides

**Titre de la thèse :** Accélération du calcul et de l'identification des efforts hydrodynamiques par utilisation des propriétés différentielles des fonctions de Green de l'hydrodynamique à surface libre

### Résumé

An efficient numerical method for computing first order hydrodynamic coefficients in frequency domain for one or multi floating or submerged bodies at zero forward speed with linearized free surface condition in 3D is proposed. The radiation and diffraction problems at infinite depth water are solved by boundary element method(BEM). The potential due to a distribution of mixed of sources and dipoles and distribution of sources is evaluated for the cases where density of the singularities is constant or linear. The constant density and linear density lead to a linear boundary integral equations system. For the influence coefficients of the linear system, Kelvin's Green function include two Rankine sources and a wave-like kernel. In present study, analytical integrations of strongly singular kernels of Rankine are adapted for both the constant density and the linear density with a distribution of mixed of sources and dipoles (direct BEM) and a distribution of sources (indirect BEM). This analytical integrations could be more accurate and faster than numerical one. The wave-like kernel is calculated by ordinary differential equations (ODEs) and an adaptive quadrature is performed for integration. Avoiding the time-consuming convolution integrals of wave-like kernel, the efficiency of the calculation will be improved. The potential and its derivatives without wave part could calculated from a geometric argument which avoids direct integration which also could fasten the computation. A more accurate and faster BEM is expected.

### Publications et communications :

Non

---

### Projet professionnel :

Non

**NOM et Prénom :** YANG BOYUAN

**Email :** boyuan.yang@insa-rennes.fr

**Directeur de thèse :** Madame Siham KAMALI-BERNARD

**Co-directeur :** Monsieur Fabrice BERNARD

**Co-encadrant 1 :** Hassane OUDADESSE

**Co-encadrant 2 :** Sébastien REMOND

Etablissement : Institut National des Sciences Appliquées Rennes

Laboratoire d'accueil : LGCGM

Equipe : MTRHEO

Financement : Boursier étranger

Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Experimental and numerical studies of the influences of interface between aggregate and cementitious materials on the behavior of mechanical and durability

## Résumé

This study is meant to find out some characters and mechanisms of the interface between aggregate and cementitious materials, which is also called ITZ (interfacial transition zone). The contents have two parts, the first part is experimental part, main work is based on different experiments of testing ITZ, mechanical experiments, including tensile test and shear test, and durable experiment, carbonation depth test. After each test, SEM (scanning electron microscope) is applied to learn the microstructures and compositional analysis. Second part is meant to establish the numerical mode on the basis of the results obtained in the first part, which is to simulate the influence of ITZ in concrete under different single and combined conditions. In the present study, three kinds of aggregate with different texture surface, smooth and rough, is considered in the mechanical test. Some experiments have been conducted and some conclusions have been obtained. Through the traction test, under different aggregate and different texture, limestone shows better connection than granite, compared to the rough texture surface, smooth texture reinforces the connection of ITZ.

## Publications et communications :

Not yet.

---

## Projet professionnel :

My research is to learn the mechanical and durable properties of ITZ and make mechanism of its formation clear. Aim to build a multi-parameters numerical simulation mode to predict the degradation of concrete under a complex environment.

**NOM et Prénom :** YANG Jie

**Email :** jie.yang@ec-nantes.fr

**Directeur de thèse :** YIN Zhen-Yu

**Co-directeur :** HICHER Pierre-Yves

**Co-encadrant 1 :** LAOUAFA Farid

**Co-encadrant 2 :**

Etablissement : Ecole Centrale de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : Matériaux Environnement Ouvrage

Financement : Salarié

Spécialité : Génie civil

**Titre de la thèse :** Analyses numériques de la problématique multi-physique des fontis au voisinage d'une digue ou ouvrage linéaire

## Résumé

La présence de vides souterrains est un facteur d'aléa ultérieur des ouvrages hydrauliques en terre ; ces vides peuvent être d'origine naturelle ou anthropique. Toute cavité engendrée dans un terrain de recouvrement est dotée d'un potentiel évolutif amplifié par les circulations d'eau. Dans les cas d'interaction avec le corps ou la fondation, l'expansion ou l'effondrement d'une cavité souterraine pourraient engendrer des désordres qu'il convient de maîtriser : les conséquences potentielles de tels désordres imposent de développer des approches intégrées de modélisation et d'auscultation en adéquation avec cet aléa spécifique. Pour exemple dans le cas de la récente étude de dangers des levées de la Loire, l'aléa karstique n'a pas pu être quantifié faute de connaissances sur le sujet. Les connaissances actuelles portent surtout sur les mécanismes classiques d'effondrement d'ouvrages hydrauliques en terre. Il est donc nécessaire de développer des outils numériques adaptés capables de prendre en compte de façon efficace ces interactions. Dans cette étude, la modélisation numérique couplée s'appuie en partie sur les données issues de ces différentes observations. Les modèles numériques intègrent la présence d'eau et son évolution dans le massif. La contribution de l'eau sur la stabilité du système pour différentes configurations géométriques est analysée ainsi que les mécanismes d'effondrement des cavités et leurs conséquences sur la stabilité des digues en fonction des conditions hydrauliques et mécaniques.

Une approche numérique a été développée pour la modélisation multiphasique, avec prise en compte de l'érosion interne :

- (1) Bilan de masse : les matériaux poreux saturés sont considérés composés de 2 phases, solide et liquide. Plus précisément, 4 constituants sont considérés : les particules grossières qui correspondent au squelette du sol, les particules fines qui sont érodables, les particules fluidisées et le fluide. L'érosion est décrite par le changement de phase des particules fines.
- (2) Modèle de Darcy : l'écoulement dans un milieu poreux est considéré comme régi par l'équation de Darcy. Le fait important ici est de considérer que la perméabilité peut être modifiée par le changement de porosité.
- (3) Modèle d'échange de masse (modèle d'érosion) : de nombreux modèles d'érosion ont été proposés dans les publications. Dans notre étude, le modèle proposé par Vardoulakis et al. (1996) a été adopté dans un premier temps.
- (4) Modèle de comportement mécanique : un modèle élastoplastique pour mélange sable-silt a été adopté. Ce modèle permet de prendre en compte l'influence du changement de la porosité et de la proportion des particules fines induites par l'érosion interne sur le comportement mécanique des sols érodés.

Un code FEM a été développé pour résoudre cette IBVP numériquement. Il a été validé en reproduisant le problème d'érosion d'un puits de forage défini par Stavropoulou et al. (1998) et la simulation d'une infiltration 1D étudiée par Schaufler et al. (2013). Une première analyse a été réalisée pour étudier le risque d'érosion sur la stabilité d'une digue par l'approche numérique proposée. Nous nous focalisons sur des problèmes supposés adiabatiques et isothermes. L'effort a porté sur la compréhension du rôle de l'eau dans la contribution mécanique.

## Publications et communications :

- 1) Présentation orale, EMI 2016, Metz, France
- 1) Présentation orale, MSGG-Tongji 2016, Shanghai, China
- 2) Présentation orale, GDRI 2016, Nantes, France
- 3) Présentation orale, 6th Biot conférence, 2017, Paris, France
- 4) Yang, J., Yin, Z.-Y., Hicher, P.-Y. & Laouafa, F. A Finite Element Modeling of the Impact of Internal Erosion on the Stability of a Dike. In Poromechanics VI., pp. 354-361.
- 5) Yang, J., Yin, Z.-Y., Hicher, P.-Y., Laouafa, F.: Finite Element Modelling of Internal Erosion in Silty Sand. Géotechnique (soumis)

## Projet professionnel :

Actuellement doctorant en deuxième année, mon projet professionnel n'est probablement pas définitif. Je sais néanmoins que j'aimerais continuer les recherches. Je terminerai ma thèse dans un an et demi. Dans 2 ans, je me vois travailler comme un post-doc au sein d'un équipe active pour accumuler mes connaissances et expériences. Dans 3 ans, je me vois responsable du projet.



**NOM et Prénom :** YU Xiaoyang  
**Email :** xiaoyang.yu@univ-lemans.fr  
**Directeur de thèse :** BENTAHAR Mourad  
**Co-directeur :** BENTAHAR Mourad  
**Co-encadrant 1 :** MECHRI Charfeddine  
**Co-encadrant 2 :** MONTRESOR Silvio

**Etablissement :** Université de Maine  
**Laboratoire d'accueil :** LAUM  
**Equipe :** Matériaux  
**Financement :** Allocation MESR  
**Spécialité :** Acoustique

**Titre de la thèse :** Emission Acoustique dynamique pour la caractérisation du comportement non linéaire des matériaux complexes

## Résumé

Classiquement, l'émission acoustique (EA) est utilisée pour étudier la microfissuration des matériaux de structure (béton, composites, etc.) lorsqu'ils sont soumis à des contraintes quasi statiques ou dynamiques. Cela peut se faire de manière qualitative à travers le suivi de l'activité acoustique (ex. Effet Kaiser) lors de la mise sous charge. Il permet également de faire usage des techniques de traitement du signal pour relier les signaux interceptés aux mécanismes de microfissuration ainsi créés (ex. fissuration de la matrice, des renforts, etc.). Une fois le matériau complexe microfissuré l'EA est remplacée par des méthodes dites actives qui peuvent renseigner sur l'existence de défauts mais restent limitées lorsqu'il s'agit de renseigner sur la nature des microfissures créées.

La thèse se propose d'aller au-delà de l'utilisation classique de l'EA en écoutant les signatures acoustiques des matériaux complexes lorsqu'ils sont mis en vibration. Les études déjà menées ont montré que l'EA était capable d'intercepter des signaux existant au sein d'un béton polymère microfissuré à des fréquences différentes de plusieurs ordres de grandeur de celles des vibrations modales excités. Dès lors, un suivi passif de l'activité acoustique pendant le conditionnement et la relaxation subséquente du matériau apparaît comme une nécessité pour étudier de manière approfondie les phénomènes susmentionnés à l'échelle microscopique. La nature multi-phasée des matériaux complexes (matrice, renforts, interfaces...) rend difficile la corrélation du conditionnement/relaxation avec une phase particulière du matériau. De ce fait, l'EA devient un outil permettant d'établir le lien entre les signatures acoustiques et les types de défauts existants au sein des différentes phases. Cela peut se faire à travers le développement d'une méthode de classification basée sur les paramètres temps/fréquence des événements d'EA enregistrés. A ce titre, il est attendu que les signaux d'EA soient préalablement débruités surtout lorsque les seuils de détection sont considérablement baissés pendant le suivi de la relaxation. Enfin, la présente thèse s'intéressera également à l'étude de l'anisotropie de l'endommagement (orientation des microfissures) en lien avec les mécanismes non-linéaires générés dans différentes configurations (clapping, slip/stick, cohésion, etc.). Cela permettra de contribuer à la compréhension de l'influence des différents mécanismes sur le ramollissement et le retour à l'équilibre du matériau qui ne sont toujours pas bien compris.

Pour réaliser les objectifs de cette thèse, différents travaux ont été réalisés : Il s'agit tout d'abord d'une étude de la caractérisation des endommagements dans les matériaux composites unidirectionnels soumis à une traction uni- axiale et les bétons polymères soumis à une flexion en trois points. Par ailleurs, nous avons également effectué des essais en dynamique lente (conditionnement et relaxation) suivis par EA dans les échantillons de type béton polymère et composites unidirectionnels. Les outils pour l'identification des signaux d'émission acoustique permettant une représentation temporelle et fréquentielle de façon séparée ou jumelée à travers une transformée en ondelette ont été pris en main. La classification effectuée en moyennant un réseau de neurones artificiels est été mise au points.

## **Publications et communications :**

En train de préparer le premier article et la présentation du CFA 2018.

## **Projet professionnel :**

Aidé deux étudiants de L'ENSIM pour finir ses projets à 2017.

**NOM et Prénom :** ZAOUALI Ameni

**Email :** ameni.zaouali@etu.univ-nantes.fr

**Directeur de thèse :** David GLOAGUEN

**Co-directeur :** -

**Co-encadrant 1 :** Baptiste GIRAULT

**Co-encadrant 2 :** Fabienne JORDANA

Etablissement : Université de Nantes

Laboratoire d'accueil : GeM

Equipe : E3M

Financement : Allocation Région ou Département

Spécialité : Génie Mécanique

**Titre de la thèse :** Evolution des propriétés mécaniques osseuses lors du processus de régénération

## Résumé

Ces dernières années, la médecine réparatrice (régénératrice) a accompli nombre d'avancées. En effet, différentes natures d'implants (notamment en biocomposites) ont été développées et adaptées dans l'ingénierie osseuse. L'évaluation du succès clinique de ces derniers est traduite par la quantification de la formation osseuse. Cependant, les caractéristiques de l'os nouvellement formé et le comportement mécanique de celui-ci après l'implantation sont encore mal appréhendés.

Ce travail de thèse vise l'étude des propriétés biomécaniques des éléments structuraux de l'os réparé aux différentes étapes de régénération et ce, avec différentes stratégies afin d'optimiser les matériaux d'implant dans l'ingénierie osseuse et d'apporter de nouveaux éléments de réponse à leur succès clinique.

L'enjeu majeur de cette thèse est donc de corréler l'évolution du comportement mécanique de l'os, résolue dans le temps et l'espace, aux processus microbiologiques et à la cinétique de régénération.

L'étude est basée sur la caractérisation mécanique du processus de régénération osseuse dans les structures d'ingénierie tissulaires liées à l'implantation isolée du substitut osseux (à l'intérieur d'un défaut crânien de 3 mm de diamètre) après régénérations partielles et complète (2, 4, 6 et 8 semaines après implantation) où une corrélation entre la microstructure (densité minérale, vascularité, porosité) et le comportement mécanique (rigidité, déformation) de l'os en reconstruction est effectuée. L'étude microstructurale permettra de quantifier la formation osseuse dans les défauts de calvaria ainsi que d'évaluer le réseau vasculaire reconstruit à travers des examens histologiques et des analyses au micro-tomographe. Le comportement mécanique a été caractérisé à partir d'essais de traction in situ, en se focalisant dans le domaine élastique. Pour chaque étape de chargement et de régénération, une cartographie de l'état mécanique dans et autour du défaut osseux traité a été obtenue par diffraction des rayons X sur synchrotron (en collaborations avec l'institut de la Bio-ingénierie de l'université Queen Mary de Londres et l'institut-Leibniz pour la Recherche sur polymère de Dresde). La diffraction des rayons X aux grands angles (WAXS) et aux petits angles (SAXS) a mis en évidence la répartition des champs de déformations élastiques (ou de contraintes), respectivement, dans les cristaux minéralisés et dans les fibrilles de collagène, de l'os reconstruit au cours de sa régénération. Des essais de nano-indentation en collaboration avec l'Institut P' de Poitiers compléteront cette analyse mécanique.

## Publications et communications :

0

## Projet professionnel :

Intégrer un centre de recherche dans un établissement public ou un service R&D d'une entreprise