



Ecole Doctorale 432



Recueil des CV et Résumés des travaux des doctorants

J2A 2019

Journées des doctorants de seconde année

18 et 19 Juin 2019

Organisées à Arts et Métiers ParisTech

Edition du recueil :

Ecole Doctorale SMI, Sciences des Métiers de l'Ingénieur

Arts et Métiers ParisTech (Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers)

151 Boulevard de l'Hôpital

75013 Paris

France

Copyright Arts et Métiers ParisTech – Juin 2019

Recueil de CV et résumés des contributions aux journées des doctorants de seconde année de l'école doctorale sciences des métiers de l'ingénieur.

Ce recueil a été établi en collectant et en assemblant les doubles pages adressées par chacun des doctorants.

Arts et Métiers ParisTech

Paris, le 1er Juin 2019

TABLE DES MATIERES

Nom	Laboratoire	Sujet_these	Page
ALBERTINI	Pimm	Développement de matériaux hybrides architecturés pour applications biomédicales obtenus par fabrication additive et optimisation topologique	9
ARGOUD	LAMPA	Sensibilité de la limite de fatigue aux gradients de microstructure et de contrainte : application aux dentures d'engrenage en acier soumises à des traitements thermochimiques	11
ARIF	LaBoMaP	Etude de l'usinabilité des aciers inoxydables austénitiques réfractaires – application aux corps de turbo compresseur	13
AYARI	Pimm	Modélisation du comportement de matériaux tissés à matrice thermodurcissable	15
AYFI	Pimm	Simulation thermomécanique de l'ouverture de brèche dans les canalisations de transport d'oxygène pur	17
BEAUVILLE DIT EYNAUD	LISPEN	Démarche de conception d'un système de production reconfigurable : application à un système de production de Groupes Moto-Propulseurs Automobiles, dans un contexte de fortes variations de marché en volume et en diversité	19
BEN EL MEKKI	CMGPCE	Évaporation ascendante de mélange de fluides frigorigènes dans des évaporateurs à ailettes décalées en aluminium brasés	21
BENBARA	Pimm	Reproduction sonore 3D par surface émettrice de sons dans un véhicule	23
CAI	LEM3	Étude numérique des effets de miniaturisation sur la formabilité des tôles	25
CONEJOS	Pimm	Etude et modélisation de l'amortissement de composites tissés	27
CREMIEUX	CMGPCE	Etude et optimisation des passages condensation des vaporiseur-condenseur cryogéniques	29
DARLEUX	LMSSC	Développement et intégration de réseaux piézoélectriques analogues pour la réduction des vibrations de structures complexes	31
DELUCIA	I2M	Conception et optimisation multi-échelle de composites à base de liège pour la structure de support d'une unité de puissance auxiliaire	33
DI LORETO	IBHGC	Évaluation cognitive personnalisée pour la sécurité des occupants d'un véhicule autonome, étude des interactions entre réalité virtuelle et sollicitation dynamique réelle	35
DUCHEMIN	MESuRS	Modélisation et surveillance des données d'absences au travail	37
DUCROUX	LaBoMaP	Analyse et développement d'un modèle généralisé du fraisage 5 axes à haute performance d'alliages réfractaires.	39
DUPERREX	LCFC	Élaboration d'un substrat de contrainte et développement des méthodes associées pour la fabrication d'un détecteur infrarouge refroidi grand format pour les applications spatiales	41
DUPUIS	Pimm	Prédiction des retraits et déformations des pièces thermoplastiques injectées et renforcées par des fibres naturelles : optimisation sur des pièces de grandes dimensions en utilisant la simulation 3D.	43

FERREIRA	Pimm	Influence des régimes d'interaction laser/matière sur la stabilité et le rendement du procédé de fabrication additive par dépôt de poudre en Inconel 718	45
FIORDILINO	I2M	Conception et optimisation multi-échelle de composites à rigidité variable	47
FOUGERON	IBHGC	Contribution à la modélisation du membre résiduel des personnes amputées de membre inférieur pour la conception personnalisée de l'emboiture.	49
FRAYSSINHES	LaBoMaP	Modélisation des propriétés mécaniques de panneaux de LVL de gros bois de douglas intégrant les données sylvicoles et les paramètres du procédé de déroulage	51
GAMBETTE	LCM	Vers un étalon quantique pour des mesures absolues de pression	53
GONZALEZ	N&S	Informatique affective : évaluer l'impact des émotions sur l'apprentissage humain	55
GRAEFF	LCPI	FORMALISATION D'UN MODÈLE D'OPTIMISATION DE CONCEPTION INNOVANTE	57
GUO	Pimm	Contrôle santé des structures de pièces aéronautiques	59
HEYRAUD	LAMPA	Prise en compte des effets de multiaxialité et de gradient dans le dimensionnement en fatigue des assemblages soudés d'engins de manutention	61
HORTA ARDUIN	I2M	Eco-conception de filières de recyclage : développement d'indicateurs multi-critères pour le pilotage du développement de filières DEEE gérés par les éco-organismes	63
IMADDAHEN	Pimm	Proposition d'un modèle hybride prédictif de l'endommagement et de la durée de vie en fatigue de matériaux et structure composites à matrice organique à renforts discontinus de type SMC	65
IZZI	I2M	Optimisation multi-échelle de panneaux raidis en matériaux composites avec une approche locale/globale.	67
JACQUEMIN	Pimm	Cystoscopie robotisée	69
JALOULI	LAMPA	Modélisation, Simulation et Expérimentation de la formation des défauts volumiques lors du moulage sous pression des alliages de Zinc	71
KROENER	LMSSC	Reconstruction de l'environnement sonore sous une protection auditive : Principe et concept pour la protection auditive transparente acoustiquement	73
LAHKAR	IBHGC	La modélisation en éléments finis personnalisée du membre inférieur	75
LE BARBENCHON	I2M	Étude du comportement mécanique de matériaux composites à base de lièges pour l'aéronautique sous conditions sévères	77
LETARD	LCPI	Structuration du transfert des connaissances biologiques par l'approche créative du Design.	79
LEVY	MSMP	Approches numériques et expérimentale pour la compréhension des interactions mécaniques lors du procédé de grenailage.	81
LI	Pimm	Propagation des ondes de Lamb dans des structures composites en présence de vieillissement et de dommages générés par LASER: application au contrôle de la santé des structures.	83

LOIZEAU	LISPEN	Méthodologie de mise en œuvre d'un dispositif de réalité augmentée en milieu industriel : application à la maintenance	85
MANAIL	LAMPA	Durabilité de matériaux composites biosourcés à résine thermoplastique	87
MARCHAIS	I2M	Compréhension des comportements granulaires dans le procédé SLM (Sintering Laser Melting)	89
MARSAN	IBHGC	Modélisation biomécanique personnalisée des mécanismes lésionnels de la hanche sur les sports de pivot : application au tennis de table.	91
MAYI	Pimm	Compréhension et simulation des phénomènes affectant la fabrication en SLM	93
MEKAHLIA	L2EP	Conception d'une machine asynchrone polyphasée pour une application de traction	95
MESSAGER	I2M	Etude de l'amorçage et de la propagation de fissures internes en régime gigacyclique sur un alliage d'aluminium de fonderie	97
MILLE	LAMPA	Analyse des chaînes numériques et développement d'interface RV.	99
MINI	L2EP	DEVELOPPEMENT D'ALGORITHMES SPECIFIQUES A LA DETECTION DE DEFAUT ET AU CONTROLE SANS CAPTEUR DE MACHINES POLYPHASEES	101
MULL	LCFC	Contribution à l'amélioration de la caractérisation des machines de forgeage limitées en énergie : Application au pilon contre-frappe pour la prédiction de la forgeabilité des matériaux hautes performances	103
MUTH-SENG	IBHGC	Modélisation personnalisée de l'ensemble tête-cou humain pour la prévention des risques lésionnels et la planification de traitements	105
NASIR	LEM3	Etude de l'interaction entre endommagement ductile et striction dans les tôles minces : application à la prédiction de la formabilité.	107
PENAS FERREIRA	Pimm	Méta-modèles pour la représentation des articulations élastiques en dynamique multi-corps	109
PICCHI SCARDAONI	I2M	PARSIFAL Project: projet préliminaire de structures d'avions de transport civil PrandtlPlane et optimisation des composants primaires dans le cas des composites avancés.	111
PINAULT	Pimm	Effets des hétérogénéités du ballast sur le comportement dynamique des voies ferrées	113
PONDAVEN	LCFC	Caractérisation, modélisation et simulation de l'évolution des défauts de coulée au cours du laminage de barre	115
PUJOL	LMSSC	ANTENNES MICROPHONIQUES INTELLIGENTES : Localisation de sources acoustiques par Deep Learning	117
RIGO	DynFluid	Etude du bruit généré par les structures cohérentes de la turbulence	119
ROUSSEAU	I2M	Etude du comportement en corrosion et en fatigue-corrosion d'un acier très haute résistance pour l'aéronautique	121
SATTLER	LAMIH	L'interopérabilité BIM et la question collaborative	123
SCHEFFLER	Pimm	Modélisation multi-physique et commande optimale d'une pompe à membrane ondulante	125
SHAH	LISPEN	Segmentation multimodale de nuages de points et reconstruction de modèles CAO d'assemblages de pièces mécaniques numérisés	127

SIMONETTI - VACHERAND	IBHGC	Développement d'outils embarqués de quantification pour l'aide à la rééducation fonctionnelle de la personne amputée de membre inférieur	129
SONG	DynFluid	Modélisation des paramètres de contrôle de l'écoulement pulsé à travers un stent	131
STEPHANT	L2EP	Développement de solutions permettant d'augmenter l'autoconsommation et la mutualisation énergétique entre bâtiments	133
TARSIA MORISCO	DynFluid	DYNAMIQUE D'UNE TUYERE SUR-DETENDUE: VERS LA CONSTRUCTION D'UN MODELE D'ORDRE REDUIT	135
THENARD	I2M	Modélisation mécanobiologique de l'ostéointégration. Support de l'étude: prothèse de l'articulation temporo-mandibulaire	137
TOBON VALENCIA	LAMIH	La planification de la production dans le cadre de l'Industrie 4.0 et le contexte industriel des PME	139
TOUBHANS	LaBoMaP	Etude des mécanismes de distorsion de pièces minces usinées en alliage de nickel et développement de modèles & méthodologies de compensation	141
TRAORE	Pimm	Influence de l'environnement de travail en fabrication additive "lit de poudre".	143
UGWUANYI	L2EP	Analyse modale non linéaire d'ordre élevé de réseaux de transport d'électricité avec forte pénétration d'électronique de puissance	145
VIARD	Pimm	Optimisation topologique de matériaux architecturés superélastiques	147
VU	L2EP	Contrôle en modes dégradés des machines synchrones polyphasées multi-harmoniques appliquées au transport	149
WANG	LISPEN	Navigation intelligente dans des environnements virtuels	151
XU	Pimm	Caractérisation physico-chimique et modélisation cinétique du vieillissement thermique et radiochimique du XLPE stabilisé pour l'isolation des câbles électriques dans les centrales nucléaires	153
ZHANG	LaBoMaP	Développement de nouveaux matériaux de protection pour outils de coupe lors d'usinage cryogénique d'alliages pour l'aéronautique	155
ZOUHRI	LCFC	Caractérisation des performances d'un système de production par les approches de fouille de données	157

Frédéric Albertini

frederic.albertini@ensam.eu

Laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM)

21 rue Pinel, 75013 Paris

Arts et Métiers ParisTech

Formation

- 2017 – 2020 **Doctorat**, *Arts & Métiers ParisTech, laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM)*.
Développement de matériaux hybrides architecturés
- 2016 – 2017 **Master 2 Recherche**, *ENS Paris-Saclay / Université Paris - Saclay*.
M2R Mécanique des matériaux pour l'ingénierie et l'intégrité des Structures (MAGIS)
Mécanique des matériaux, option Mise en Forme des Métaux
- 2015 – 2016 **Master 2**, *ENS Paris-Saclay / Université Paris - Saclay*.
M2 Formation à l'Enseignement Supérieur en Mécanique
- 2014 – 2015 **Master 1**, *Ecole Normale Supérieure de Cachan*.
M1 Mécanique spécialité Ingénierie Numérique de Production
- 2012 – 2014 **Licence 3**, *Ecole Normale Supérieure de Cachan*.
Licence Sciences Appliquées en Physique et Ingénierie pour la Recherche et l'Enseignement
- 2010 – 2012 **DUT**, *Université du Sud Toulon Var (83)*.
DUT Génie Mécanique et Productique

Expériences professionnelles

- 2017 – 2020 **Mission d'enseignement**, *Arts & Métiers ParisTech, Paris*.
Enseignements (TD, TP) en mécanique des solides et sciences des matériaux
Février à **Stage de recherche**, *Laboratoire PIMM, Paris*.
Juin 2017 Optimisation d'un matériau architecturé par fabrication additive
- Mai à Juillet **Stage de recherche**, *Universidad de Talca, Curico (Chili)*.
2015 Validation expérimentale d'une simulation par éléments finis d'essais en Open Hole Compression

Récompenses

- 2019 **Bourse de recherche**, *Bourse Jean Walter-Zellidja*.
Délivrée par l'Académie française
- 2018 **Bourse de recherche**, *Bourse de mobilité internationale FASIC*.
Délivrée par l'ambassade de France en Australie

Conférences internationales

- 2018 **MRS Fall meeting**, *Symposium Architected Materials : présentation orale*.
Boston, USA

Développement de matériaux hybrides architecturés obtenus par fabrication additive

Frédéric Albertini – Arts et Métiers ParisTech – Laboratoire PIMM

Les matériaux architecturés sont une classe émergente de matériaux permettant de nouvelles possibilités en termes de propriétés fonctionnelles, remplissant les trous et repoussant les limites des cartes d'Ashby [1] de performances des matériaux.

Le terme matériaux architecturés englobe tout matériau hétérogène conçu de manière réfléchie, de sorte que certaines de ses propriétés matérielles soient améliorées par rapport à celles de ses matériaux constitutifs, du fait d'effets structurels et composites, dépendant de l'arrangement topologique relatif entre chacun de ses constituants.

Les avancées dans le domaine de la fabrication additive ont grandement favorisé le développement des matériaux architecturés.

Parmi les matériaux architecturés, l'une des applications innovantes permises par la liberté géométrique de la fabrication additive sont les structures treillis. Elles sont constituées d'un réseau de poutres connectées entre elles, pouvant s'organiser sous forme de cellules, périodiquement réparties dans l'espace. Ces structures affichent des propriétés mécaniques ramenées à leur masse très élevées, constituant ainsi des alternatives structurelles très efficaces. Le développement de ce type de structures s'est fait pour des applications dans lesquelles un rapport résistance mécanique / masse volumique important est nécessaire. Cette exigence se retrouve aujourd'hui dans de nombreux domaines: dissipation d'énergie en impact, prothèses biomédicales, panneaux sandwichs composites, etc. Ces applications, couvrant un champ industriel très vaste (automobile, médical, aérospatial, etc.) nécessitent cependant le respect de l'intégrité structurelle de la pièce, partie non négociable du cahier des charges. Or, le procédé de fabrication additive génère des imperfections géométriques ainsi que des rugosités de surface [2] qui sont susceptibles d'entraîner une chute drastique des propriétés mécaniques attendues pour les structures idéalement conçues [3].

Ainsi, ce projet vise à contrecarrer ces effets indésirables, via le développement d'une stratégie d'hybridation des matériaux architecturés obtenus par FA : en ajoutant une seconde phase à notre structure (a), constituée d'un matériau polymère (b) qui comble les "vides" de la structure (voir Fig.1). Celui-ci vient ainsi jouer le rôle d'une matrice, renforçant le treillis métallique et comblant les rugosités de surface. En remplissant ces rugosités,

l'aire d'interface entre la matrice et le renfort se retrouve maximisée, favorisant le transfert de charge. De plus, la présence de la phase polymérique permet de retarder le phénomène de flambement des poutres constitutives du treillis, tout en apportant à la structure hybride certaines propriétés propres à la nature du polymère.

Cette stratégie d'hybridation se retrouve à de nombreux exemples dans la nature [4], et un grand nombre d'études en biomimétisme ont prouvé l'intérêt d'ajouter une phase souple au sein d'une structure rigide afin d'obtenir un compromis de propriétés mécaniques.

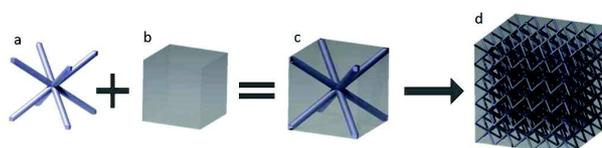


Fig. 1. Principe d'hybridation de structure.

Afin de permettre l'utilisation des matériaux hybrides architecturés dans l'industrie, des modèles numériques performants doivent être développés de manière à prévoir fidèlement leur comportement. Cependant, les méthodes classiquement utilisées pour prédire les propriétés mécaniques des structures, telle que les éléments finis, nécessite un grand nombre d'éléments afin de représenter la géométrie complexe, augmentant sensiblement le nombre de degrés de liberté dans les calculs, et donc leur durée. A cette difficulté s'ajoute celle de la non-linéarité du comportement de la phase polymère (hyper-élasticité de la matrice, viscoplasticité, etc.) rendant les calculs extrêmement complexes et numériquement coûteux.

L'utilisation des méthodes d'homogénéisations périodiques sur cellules unitaires constitue ainsi une alternative prometteuse dans la réduction des temps de calculs pour la détermination des propriétés effectives des matériaux architecturés hybrides.

Références

- [1] M.F Ashby, L.J Gibson., 1999, *Cellular solids: structure and properties*.
- [2] B. Vayre, F. Vignat, F. Villeneuve, 2012, Mechanics and Industry, *Metallic additive manufacturing state of the art review and prospects*.
- [3] N.W Hrabe, P. Heini, B. Flinn, C. Korner, R.J Bordia, 2011, Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials, *Compression-compression fatigue of selective electron beam melted cellular titanium*.
- [4] U.G.K Wegst, H. Bai, E. Saiz, A.P Tomsia, R.O Ritchie., 2015, Nature Materials, *Bio-inspired structural materials*.



Vincent ARGOUD

vincent.argoud@ensam.eu

LAMPA / 2 Boulevard du Ronceray, 49035 Angers Cedex / Campus d'Angers
Arts et Métiers ParisTech

Formations

- 2017 – 2020 **Thèse de doctorat en Mécanique des Matériaux**, *Arts et Métiers ParisTech – Safran*.
- 2016 – 2017 **Mastère Spécialisé DMS**, *MINES ParisTech*, Spécialité Mécanique et Matériaux.
- 2013 – 2016 **Cycle ingénieur en alternance**, *Polytech Paris-UPMC (Paris)*, Spécialité Génie Mécanique.
- 2012 – 2013 **Licence professionnelle en alternance**, *Université Pierre & Marie Curie (Paris)*.
Spécialité Innovation et développement Industriel
- 2011 – 2012 **Licence de mécanique**, *Université Pierre & Marie Curie (Paris)*.

Expériences professionnelles

- 2017 - 2020 **Doctorant CIFRE en Mécanique des Matériaux**, *LAMPA (Angers) et Safran (Saclay)*.

- Sept. 2016 **Ingénieur R&D**, *ARMINES Centre des Matériaux (Évry) - Safran SA (Saclay)*.
à Sept. 2017 Développement d'outils expérimentaux et numériques en vue de la prédiction de limite de fatigue de matériaux à gradient de propriétés :
 - Bibliographie sur le dimensionnement en fatigue de matériaux à gradient de propriétés ;
 - Conception/mise au point d'un essai de fatigue sur composant (fatigue flexion en pied de denture) ;
 - Conception d'éprouvettes représentatives du composant pour des essais de fatigue ;
 - Mise au point d'une chaîne de calcul de fatigue prenant en compte les propriétés liées au procédé de fabrication.

- Sept. 2013 **Apprenti Ingénieur**, *Safran Aircraft Engines (Gennevilliers)*, Dép. Méthodes Fonderie.
à Sept. 2016 Industrialisation d'aubes de turbine pour turboréacteurs et simulation du procédé (cire perdue):
 - Pilotage/suivi d'essais en atelier sur pièces en alliage monocristallin ;
 - Études dimensionnelles avec GOM Inspect (retraits, déformations), conception de méthodologies ;
 - Réalisation/étude de simulations du procédé ;
 - Conception/déploiement d'un outil d'automatisation de la mise en place et du traitement des calculs.

- Sept. 2012 **Apprenti assistant Ingénieur**, *Safran Aircraft Engines (Gennevilliers)*, Dép. Matériaux et
à Sept. 2013 Procédés.
 - Conception d'outillages (CATIA V5) pour le service essais mécaniques ;
 - Réalisation d'études pour l'optimisation des paramètres d'essais mécaniques.

- Avr. 2012 **Stage en Bureau d'Études**, *ADM Concept (Montigny-le-Bretonneux)*.
à Août 2012 - Conception de produits plasturgiques pour le secteur automobile avec CATIA V5.

Activités de recherche

- Conférences : ○ 12th International Fatigue Congress (2018, Poitiers - France) : présentation d'un poster;
- Brevets : ○ Dispositif de marquage d'une pièce à tester, à positionnement automatique (FR3056937A1) ;
○ Procédé de positionnement d'un noyau dans un moule (WO2018029422).

Sensibilité de la limite de fatigue aux gradients de microstructure et de contrainte : application aux dentures d'engrenage en acier soumises à des traitements thermochimiques

Vincent ARGOUD – Arts et Métiers ParisTech – LAMPA (Angers)

Les dentures d'engrenage en acier font souvent l'objet d'un renforcement en surface à l'aide de traitements thermochimiques (TTCh) tels que la cémentation ou la nitruration. Ils engendrent des modifications microstructurales responsables d'un durcissement superficiel et de la formation de contraintes résiduelles de compression (Figure 1).

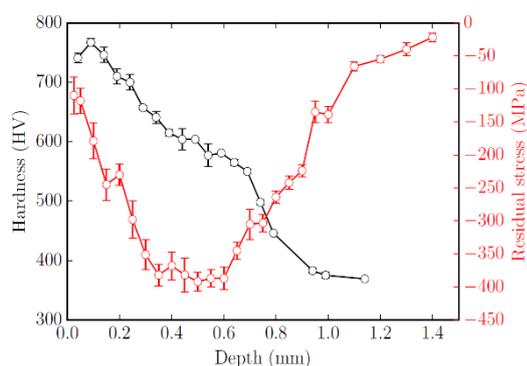


Figure 1 : Profils typiques de dureté et de contraintes résiduelles dans un acier E-33CrMoV12-9 nitruré (d'après [1])

Les dents de pignons subissent des chargements cycliques induits d'une part par le contact entre les dents et d'autre part par leur mise en flexion. Dans les deux cas, ces chargements sont concentrés en surface et la durée de vie des dentures est donc essentiellement liée aux propriétés de la zone modifiées par les TTCh.

Bien que les effets des TTCh sur le comportement en fatigue aient été largement étudiés à l'échelle de la structure, peu de travaux ont concerné l'identification du lien entre les propriétés métallurgiques locales de la couche traitée et son comportement en fatigue.

Différents critères de fatigue ont été établis, des plus simples, reliant une résistance à la fatigue locale à la dureté locale [2] à des plus complets prenant en compte la dureté, la taille de grain, le niveau de contraintes résiduelles en surface, voire pour certains, la contrainte moyenne ainsi que le gradient de contrainte appliqué. Plus récemment, des travaux ont été menés pour déterminer une limite d'endurance locale avec pour finalité son utilisation dans un critère de fatigue multiaxial [3, 4]. Ils ne prennent néanmoins pas en compte l'existence possible de différents types de mécanismes d'endommagement et sont donc difficilement généralisables à de larges gammes de couples chargement-matériau.

Les travaux menés dans le cadre de cette thèse visent à élaborer une stratégie de dimensionnement en

fatigue à grand nombre de cycles applicable aux aciers à gradient de propriété. Cela impose la connaissance précise, d'une part, des effets des paramètres du procédé de traitement de surface (épaisseur traitée, nature, dureté, microstructure ...) et du chargement mécanique (gradient, contraintes résiduelles ...) sur la réponse macroscopique en fatigue et d'autre part, des mécanismes d'amorçage et de propagation des fissures à partir de couches de surface où règnent de forts gradients de microstructure et de contrainte.

Cette étude est centrée sur trois aciers : le 16NiCrMo13 (cémenté), le 33CrMoV12 (nitruré) et le Ferrum C64 (cémenté). Une étude élargie du 33CrMoV12 est également planifiée. Elle consiste à comprendre l'influence du gradient de propriété et du gradient de contrainte sur les performances en fatigue de cet acier. Ce sont ainsi quatre traitements de nitruration différents et trois gradients de contrainte différents qui sont testés.

Pour l'heure, une campagne d'essais de fatigue en pied de dent (Single Tooth Bending Fatigue – STBF) sur des pignons en 16NiCrMo13 cémentés a été menée. Une nouvelle méthodologie d'essai sur éprouvette est proposée (comportant notamment une nouvelle géométrie d'éprouvettes) et les premiers essais ont montré des résultats similaires à ceux obtenus sur pignons.

Pour proposer un nouveau modèle nous nous appuyons sur des études récentes [5, 6, 7] dédiées aux matériaux traités (en surface ou à cœur). Elles ont permis de développer des approches probabilistes qui prennent en compte explicitement les hétérogénéités microstructurales. Si ces critères n'ont pas encore été testés dans le cas de gradients de chargements prononcés, ils offrent malgré tout des pistes de développement prometteuses pour le dimensionnement d'engrenage traité.

Références

- [1] S. THIBAUT et al. In ECHT, 2018.
- [2] A. DEPERROIS. Thèse de Doctorat, Ecole Polytechnique, 1991.
- [3] M. CHAUSSUMIER. Thèse de doctorat, Arts et Métiers ParisTech, 2000.
- [4] V. SAVARIA. Thèse de doctorat, ETS Université du Québec, 2014
- [5] Thi Thu H. NGUYEN. Thèse de doctorat, Arts et Métiers ParisTech, 2008.
- [6] E. PESSARD et al. Int. Journal of Fatigue, 2014.
- [7] E. PESSARD et al. Engineering Fract. Mech., 2013.



Rabiae ARIF

LaBoMaP - Arts et Métiers ParisTech

Rue Porte de Paris ,71250 Cluny

rabiae.arif@ensam.eu

Formations universitaires

- **Arts et Métiers ParisTech – Campus de Cluny, LaBoMaP (en cours : 02/2017)**
Un doctorat en génie mécanique – procédés de fabrication (*)
- **Université de Lorraine – UFR MIM de Metz (2014/2016)**
Master en Ingénierie Mécanique et Matériaux
- **Université de Lorraine – UFR MIM de Metz (2013/2014)**
Licence en génie Mécanique et matériaux
- **Ecole normale supérieure de l'enseignement technique de Media (2012/2013)**
Licence professionnelle en génie Mécanique et Automatisation des Systèmes Industriels
- **Ecole normale supérieure de l'enseignement technique de Media (2010/2012)**
DUT en génie mécanique option plasturgie
- **Baccalauréat Scientifique (2009/2010)**

Formations professionnelles

- **Saint Jean Tooling (en cours 02/2017)**
Ingénieur de Recherche & Développement (R&D)
- **ArcelorMittal : centre de Recherche & Développement Maizières-Lès-Metz (02-08/2016)**
Projet de fin d'étude sur la modélisation numérique sous Abaqus du phénomène du plissement des tôles lors du recuit continu.
- **Laboratoire de Conception et Fabrication de Commande (LCFC) à l'ENSAM de Metz (04-07/2015)**
Stage de recherche sur la conception paramétrée et la simulation numérique du laminage transversal
- **Centre d'innovation et de recherche franco-allemand associé (CIRAM) de Metz (04-06/2014)**
Stage de recherche en caractérisation des matériaux : essais de nano-indentation et microscopie
- **GAMA INDUSTRIE de Casa (05-07/2013)**
Automatisation industrielle : Automatisation d'un monte-charge avec un automate SIEMENS Logo

(*) Thèse de Doctorat

Titre: Etude de l'usinabilité des aciers inoxydables austénitiques réfractaires - Application aux corps de turbo compresseurs -

Partenaires industriels: Saint Jean Tooling & Saint Jean Industries

Objectifs:

- Déterminer les paramètres prédominants dans la coupe des aciers inoxydables austénitiques réfractaires
- Caractériser le phénomène de l'écrouissage issu de l'usinage des aciers inoxydables austénitiques réfractaires
- Développer de nouvelles géométries de coupe dédiées au perçage des corps de turbo compresseurs

Compétences professionnelles

Instrumentation des essais expérimentaux

Développement des programmes industriels

Simulation numérique & conception mécanique des procédés mécaniques : ABAQUS, CATIA, Solidworks

Autres logiciels maîtrisés : Matlab, OriginLab, DasyLab, Image Pro, Photoshop

Etude de l'usinabilité des aciers inoxydables austénitiques réfractaires - Application aux corps de turbo compresseurs -

Rabiae ARIF – Arts et Métiers ParisTech – LaBoMaP

Introduction

Dans le cas de l'usinage des corps de turbo compresseurs en acier inoxydable austénitique réfractaire (AIAR), les conditions de coupe et les durées de vie des outils sont fortement altérées par rapport à des aciers standards de résistance mécanique équivalente. Les corps de turbo compresseurs sont obtenus par fonderie et ne sont pas exempts d'hétérogénéités, d'impuretés et de surépaisseurs variables. Leur usinage nécessite à la fois des opérations de tournage, fraisage et de perçage. Dans le cas de ces opérations intérieures la sévérité de l'usinage est accrue et ceci d'autant plus qu'elles reposent sur des outils monoblocs étagés, très complexes et couteux. En effet, l'évacuation des copeaux et de la chaleur en perçage sont des problématiques supplémentaires. Ces contraintes induisent des durées de vie d'outils en dessous d'une centaine d'opérations et le coût rapporté au volume de matière enlevée, est plus de deux fois supérieur à celui d'une opération de fraisage.

L'objectif est de déterminer les paramètres prédominant pendant l'usinage des aciers inoxydables austénitiques réfractaires (AIAR) afin de pouvoir proposer une nouvelle géométrie de coupe pour le perçage des corps de turbo compresseurs avec une durée de vie élevée.

Démarche scientifique

1- Analyse des efforts de coupe et formation des copeaux en perçage

L'approche scientifique consiste d'abord à analyser le comportement global des forets à partir de l'analyse des énergies spécifiques de coupe. Ensuite, analyser les efforts de coupe par le principe de décomposition des efforts globaux comme le montre la Fig. 1 (a) [1]. L'objectif est de corréliser les efforts de coupe locaux avec la géométrie de coupe locale des forets pour déterminer les arêtes locales qui génèrent des niveaux d'efforts élevés et une mauvaise évacuation des copeaux.

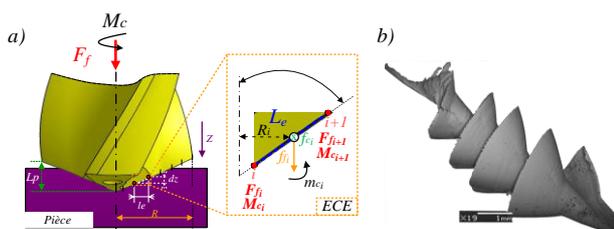


Fig. 1 (a) Principe de décomposition des efforts globaux en perçage. (b) Premier copeau formé pendant l'enfoncement de la pointe du foret

2- Analyse du phénomène de l'écrouissage

Dans le cas de l'usinage des AIAR, l'étude de l'intégrité matière est un point inévitable et notamment le phénomène de l'écrouissage. Deux configurations expérimentales sont utilisées :

- Coupe orthogonale en rabotage pour observer l'évolution de l'écrouissage pendant l'usinage à l'aide d'une caméra ultra-rapide.

- Coupe brusquement interrompue en perçage QST (Quick Stop Test) : pour déterminer l'effet des conditions de coupe sur l'évolution de l'épaisseur de la couche écrouie.

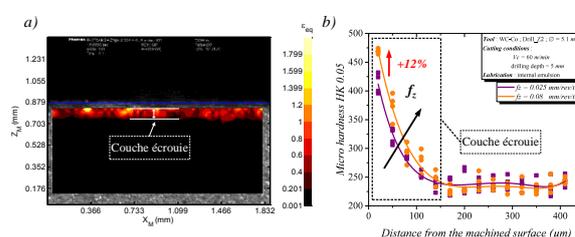


Fig. 2 (a) Déformation plastique en rabotage obtenue par CIN (b) profil de l'écrouissage obtenue par micro dureté

Deux techniques de caractérisation sont utilisées pour caractériser la couche écrouie : la Corrélation d'Images Numériques (CIN) dans le cadre des essais de rabotage comme illustré dans la Fig. 2 (a) [2] pour analyser l'évolution la déformation plastic incrémentale et son effet sur le cumul de la couche écrouie. La technique des filiations de micro dureté est aussi utilisée pour déterminer l'épaisseur de la couche écrouie après usinage (Fig. 2 (b)).

Conclusion

L'analyse des efforts de coupe locaux a montré que les forets 3 dents génèrent des niveaux d'efforts de coupe importants et une mauvaise évacuation des premiers copeaux formés.

La couche écrouie générée par l'usinage est 3 fois supérieure que l'épaisseur coupée. Ceci pourrait générer une augmentation des efforts de coupe et donc une usure prématurée des forets.

Références

- [1] C. Claudin, G. Poulachon, and M. Lambertin, "correlation between drill geometry and mechanical forces in mql conditions," *Mach. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 1, pp. 133–144, Mar. 2008.
- [2] T. Baizeau, S. Campocasso, F. Rossi, G. Poulachon, and F. Hild, "Cutting force sensor based on digital image correlation for segmented chip formation analysis," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 238, pp. 466–473, Dec. 2016.

Ayari Housseem

Mail: houssem.ayari@ensam.eu

Laboratoire PIMM / 151 bd de l'Hôpital, 75013 PARIS/ Paris-Tech

Art et Métiers ParisTech

Adresse : 34, Rue François billoux,

94800 Villejuif, France

☎ +33.06.58.26.44.47

28 ANS, Permis B

Docteur en Matériaux

PARCOURS ACADEMIQUE

2017-Présent	Doctorant en cotutelle entre l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sousse (ENISo) et L'ENSAM Paris-Tech, Paris.
2013-2015	Master de recherche en Mécanique et Ingénierie des Systèmes.
2010-2013	Diplôme d'Ingénieur de technicien supérieur à l'ISSATSo (ISSATSo), option mécatronique (3^{ème} de promotion) .
2007-2008	Baccalauréat sciences techniques.

EXPERIENCES PROFESSIONNELLES

10/2017-Présent	<p>DOCTORAT EN GENIE MATERIAUX, ENSAM PariTech, France : Modélisation du comportement micromécanique des matériaux composites A-SMC sous Sollicitation couplées Fatigue-crash</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procédés d'élaboration, de caractérisation et d'analyses d'endommagements des matériaux composites. - Optimisation et dimensionnement des composites pour des applications automobiles (Crash). - Simulation numérique sur Abaqus des essais mécaniques et corrélation avec les résultats expérimentaux. - Modélisation multi échelle du comportement en fatigue et/ou crash sous chargement mécanique. - Mise en place d'une méthodologie de dimensionnement en fatigue. <p>• Supervision</p> <ul style="list-style-type: none"> - BRADAI Mahdi <p>Projet de fin d'étude, Ingénieur en électromécanique, ENSAM ParisTech, (4 Mois) Titre du projet : Etude et Caractérisation du comportement du matériau composite PPGF40 à renforts discontinus sous sollicitation de de type quasi statique-fatigue.</p>
09/2015-02/2016	<p>STAGE DE MASTER, l'ENSAM ParisTech, France: Caractérisation et modélisation micromécanique du comportement des matériaux composites SMC sous sollicitation de fatigue .</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analyses Ultrasonores et optiques des composites SMC. - Essais de traction quasi statique et de fatigue à différentes fréquences. - Modélisation du comportement mécanique du SMC sous chargement mécanique
01/2013-07/2013	<p>STAGE DE FIN D'ETUDES, Génie Composite Etudes et Réalisations (GCER), Tunisie : Etude de mise en place d'un prototype de moulage de Stratifié Verre/Résine par RTM.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caractérisation mécanique des composites chargés fibres de verre - Mise en place d'un prototype de moulage de Stratifier Verre/Résine par RTM. - Conception des différentes pièces du prototype RTM - Simulation numérique sous Abaqus.
06/2012-09/2012	<p>STAGE DE TECHNICIEN, METZ, Tunisie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Optimisation d'une chaîne de montage des alternateurs et gestion d'une équipe de six ouvriers.
06/2011-08/2011	<p>STAGES DE TECHNICIEN, METZ, Tunisie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Participation avec l'équipe de laboratoire mécanique aux travaux de réparation des pièces mécaniques.

COMPETENCES LINGUISTIQUES

Arabe : Bilingue
Français: Bilingue
Anglais: opérationnel

COMPETENCES TECHNIQUES

Langages de commande : Langage C, langage VHDL, Langage Assembleur, Matlab, JAVA (Netbeans).
Conception et modélisation: SOLIDWORKS, CATIA, AutoCAD, Abaqus, Automation Studio. RDM6...

Modélisation des matériaux composites sous sollicitations couplées fatigue-crash

Houssem AYARI – Arts et Métiers ParisTech– Laboratoire PIMM

Le renforcement des normes environnementales implique un fort allègement des véhicules et appelle à la généralisation de nouveaux matériaux composites permettant de réduire leur poids. Afin de porter ces matériaux composites innovants vers la production de pièces automobiles de grande série, il est primordial d'être capable de proposer une démarche prédictive de la tenue en service des structures composites soumises à des sollicitations extrêmes telles que la fatigue et le crash.

Une structure composite est classiquement dimensionnée au crash ou à la fatigue sur la base d'un matériau caractérisé à l'état vierge. Toutefois, un chargement répété (ou un choc à faible énergie) peut altérer les propriétés mécaniques à travers le développement de phénomènes de dégradation (microfissuration) se produisant à l'échelle de la microstructure non visible macroscopiquement. Or, il est nécessaire que la structure garde ses capacités d'absorption d'énergie même après une certaine durée de sollicitation en fatigue. Inversement, un choc à faible énergie (de type choc parking) peut altérer grandement les propriétés d'endurance des pièces.

L'objectif de notre étude sera de développer une méthodologie expérimentale et numérique permettant d'appréhender le couplage fatigue-crash de façon prédictive pour le dimensionnement des pièces. Un intérêt particulier sera porté aux matériaux composites A-SMC à matrices thermodurcissable (TD), nouvellement envisagées pour des applications automobiles.

Ainsi cette étude sera divisée en deux parties, une partie expérimentale et une partie modélisation. Les résultats expérimentaux sont utilisés pour accéder aux données nécessaires à la construction d'un modèle micromécanique prédictif.

Ce dernier sera par la suite utilisé et adapté pour prédire le comportement complexe Fatigue-crash.

Il faut noter que quelques essais fatigue-crash pour le composite A-SMC ont été déjà réalisés dans le cadre du travail de Mohammadali Shirinbayan [1].

D'autres essais, pour ce type de matériaux, seront réalisés dans le cadre de cette thèse.

En ce moment on arrive à développer deux méthodologies hybrides pour la prévision de la durée de vie lors d'un essai de fatigue. Ces méthodologies sont basées sur une modélisation micromécanique développée sous chargement monotone aux sollicitations de type fatigue sous différentes amplitudes. La méthodologie proposée s'appuie

d'une part sur une analyse expérimentale du comportement monotone et sous chargement de fatigue et d'autre part sur une modélisation multi-échelle de l'endommagement.

Afin de prendre en compte la microstructure et l'effet de l'endommagement, le modèle proposé s'appuiera entre autre sur le modèle de Jendli.Z. & al. [2] présenté ci-après. Ce modèle a été développé dans le cadre de l'endommagement des matériaux SMC sous sollicitation rapide. L'intérêt principal de ce modèle est l'intégration des mécanismes d'endommagement locaux observés expérimentalement dans le modèle micromécanique. Le modèle proposé dans cette étude intègre l'endommagement des interfaces fibre/matrice comme phénomène prédominant responsable de l'endommagement macroscopique du matériau. L'état d'endommagement est traduit par plusieurs populations d'hétérogénéités à l'échelle locale dont les microfissures. Ainsi, il permet de s'approcher au maximum du comportement réel macroscopique du matériau.

Dans les résultats Fig.1.a et b, le modèle proposé et les démarches utilisées concordent bien avec les résultats expérimentaux. [3]

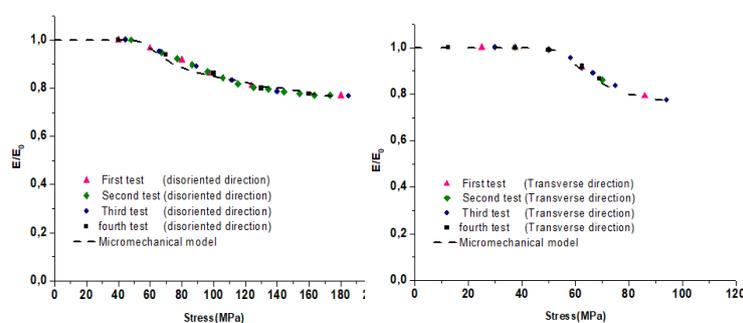


Fig. 1. Comparaison Expérience-modèle de la perte de rigidité, (a) non flué et (b) sens travers

Références

- [1] Shirinbayan M, Fitoussi J, Abbasnezhad N, Meraghni F, Surowiec B, Tcharkhtchi A, Overall mechanical characterization of a Low Density Sheet Molding Compound (LD-SMC): Multi-scale damage analysis and strain rate effect. *Composites Part B: Engineering* 2017
- [2] Jendli Z., Meraghni F., Fitoussi J., Baptiste D., «Multi-scales modelling of dynamic behavior for discontinuous fiber SMC composites», *Composites Science Technology* -69 (2009) 97–103, 2009
- [3] H. Ayari, J. Fitoussi, A. Imaddahen1, S. Tamboura, M. Shirinbayan, H. Ben Dali, A. Tcharkhtchi, Two hybrid approaches to fatigue modeling of Advanced-Sheet Molding Compounds (A-SMC) composite. *Applied Composite Materials*.



Khaled AYFI

Laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux, PIMM

École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, ENSAM

151 Boulevard de l'hôpital, 75013, Paris

khaled.ayfi@ensam.eu

Ingénieur Doctorant en Génie MÉCANIQUE

FORMATIONS

2017-2020	Doctorat en Génie mécanique, Laboratoire PIMM, ENSAM , Paris, France
2016-2017	Master 2 : Modélisation Multiphysique Multiéchelle des Matériaux et des Structures École Polytechnique , Palaiseau, France
2013-2016	Ingénieur d'état en génie mécanique, option : Simulation et Modélisation des Matériaux École Nationale des Ingénieurs de Tunis (ENIT), Tunis, Tunisie
2011-2013	Classe Préparatoire aux grandes écoles EL Manar, CPGE PTCI-PT
2011	Baccalauréat Scientifique (S-SI), Mention très bien.

EXPÉRIENCES PROFESSIONNELLES

08/01/2017- 30/12/2020	Préparation d'un doctorat au Laboratoire PIMM sur la simulation thermomécanique de l'ouverture de brèche dans les canalisations de transport d'oxygène pure.
06/03/2017- 31/08/2017	Stage de master, Laboratoire de tribologie et dynamique des systèmes (LTDS), en collaboration avec la société SECOTOOLS, Saint-Étienne. Sujet : Simulation thermomécanique de l'usure des outils coupants
01/02/2016- 31/08/2016	Stage de Fin d'Étude d'Ingénieur, Groupe PSA - Peugeot Citroën, Paris. Sujet : Modélisation de la colle structurale en dynamique rapide (3D). <ul style="list-style-type: none"> - Élaboration d'un modèle capable de décrire le comportement non-linéaire de l'adhésif et l'endommagement du joint collé jusqu'à la rupture. - Implémentation de ce modèle dans le code de calcul MATLAB et validation des résultats sur un sous-système crash.
01/07/2016- 31/08/2016	Stage ingénieur : Analyse de défaillance et amélioration conceptuelle du chariot de translation d'une grue portique, La Compagnie Méditerranéenne de Réparation Navale.
01/01/2015- 31/08/2015	Projet académique : Simulation thermomécanique du procédé d'emboutissage incrémental, École Nationale des Ingénieurs de Tunis, Tunisie.

COMPÉTENCES

Langues	Français (Bilingue), Anglais (Bon niveau), Allemand (Niveau débutant), Arabe (Langue maternelle).
Logiciels	Comsol, Abaqus, Radioss, Hypermesh, Hypercrash, C, Matlab, Maple, CATIA, Solidworks, Python.

CENTRE D'INTERÊTS ET ACTIVITÉS

Sport	Footing, Natation.
Lecture	Histoire, Sciences.

Simulation thermomécanique de l'ouverture de brèche dans les canalisations de transport d'oxygène pur

Khaled AYFI – Arts et Métiers ParisTech campus de Paris – PIMM

Dans l'industrie gazière, la contamination par des particules solides est l'une des principales causes d'incidents [1].

En effet, des particules, générées par la corrosion à l'intérieur des canalisations ou lors des opérations de maintenance (résidus de soudure, démontage sans précaution,..) peuvent être entraînées dans l'écoulement d'oxygène et s'accumuler dans les endroits où la vitesse du gaz est nulle ou lente (points bas).

Sous un environnement riche en oxygène (comburant), ces particules sont considérées comme un combustible qui peut s'enflammer si les conditions d'inflammation sont réunies [2].

Cette combustion dégageant de la chaleur, peut altérer la paroi des équipements sous pression en générant une zone affectée thermiquement dont les propriétés mécaniques seront dégradées, voire la combustion peut se propager à la paroi d'équipement.

Pour répondre à cette problématique, dans ce travail, nous étudions le comportement d'une paroi soumise à la pression et à la température, en se basant sur des simulations numériques combinées avec des mesures expérimentales. Plus précisément, il s'agira d'étudier la déformation d'un disque mince sous-pression soumis à un flux de chaleur connu généré par un faisceau laser (cf. Figure 1).



Fig. 1. Photo du dispositif expérimental utilisé pour les essais de déformation des disques chauffés au laser.

Ce cas type représente notre équipement soumis à une pression d'oxygène, échauffé localement par l'inflammation de petites particules aux abords de la paroi.

La combustion des particules solides, représentée ici par la chaleur apportée par le laser, au contact d'atmosphères d'oxygène sous pression est un phénomène relativement peu étudié et mal connu [3].

Dans le cadre de ma thèse, des expériences sont mises en place pour définir les conditions d'allumage d'un amas de particules métalliques, pour déterminer l'énergie thermique issue de la combustion de cet amas ainsi que le flux thermique transféré vers la paroi.

Ces expériences consistent à déposer un petit amas de particules (fer pur, l'acier inoxydable 316L, l'acier au carbone S355) sur un support plan de type disque et de l'irradier par laser afin de provoquer leur allumage (cf. Figure 2).

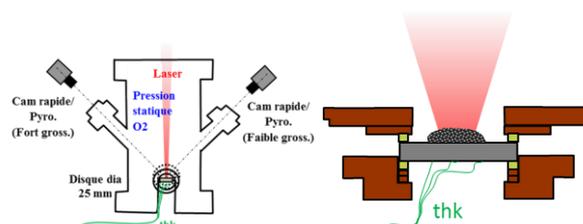


Fig. 2. Configuration des expériences « combustion d'amas de poudre » effectuées dans cette étude

Le logiciel COMSOL®, est utilisé pour le modèle numérique. Les comportements thermomécaniques des matériaux considérés (l'acier inoxydable 316L et le fer pur) ont été caractérisés à l'aide d'essais de traction à différentes températures.

En contrôlant les conditions de sollicitation thermique et mécanique, cette étude vise, à terme, à construire un outil d'aide de design applicable au service oxygène intégrant le comportement thermomécanique ainsi que l'effet de la combustion des matériaux métalliques sous atmosphère d'oxygène.

Références

- [1] Lowrey, N. M. "Analysis and Derivation of Allocations for Fiber Contaminants in Liquid Bipropellant Systems." (2012).
- [2] Colson, Alain, and Emmanuel Fano. "Filtration of Gaseous or Liquid Oxygen in Industrial Applications and Associated Fire Risks." Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres: Eleventh Volume. ASTM International, 2006.
- [3] Lowrey, Nikki. "Analysis of Risks to Oxygen Systems from Particulate and Fiber Contaminants and Derivation of Cleanliness Requirements." Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres: 14th Volume. ASTM International, 2016.



Amélie BEAUVILLE DIT EYNAUD

amelie.beauville-dit-eynaud@ensam.eu

LISPEN – 8, boulevard Louis XIV – 59046 Lille Cedex

Arts et Métiers ParisTech

Expérience

Groupe PSA, Vélizy, France

Depuis Juillet 2017

Thèse CIFRE avec le laboratoire LISPEN – Arts et Métiers ParisTech Lille

Sujet: Démarche de conception d'un système de production reconfigurable, appliquée à un système de production de groupes moto-propulseurs automobiles, dans un contexte de fortes variations de marché en volume et en diversité

Mots-clés : Scalabilité, Système de production reconfigurable, Flexibilité

Daimler AG, Stuttgart, Allemagne

Février-Août 2016

Stage de recherche

Sujet: Conception et vérification de nouveaux concepts de préhension flexibles

Daimler AG, Stuttgart, Allemagne

Avril-Septembre 2015

Stage assistant ingénieur

Département Groupe Motopropulseur

Formation

Diplôme d'ingénieur, Arts et Métiers ParisTech, Paris

2016-2017

Expertise "Lean, Gestion industrielle et Chaîne logistique globale"

Master Recherche, Arts et Métiers ParisTech, Lille

2015-2016

"Knowledge Integration in Mechanical Production – Advanced Production Systems"

M.S. Génie Mécanique et Industriel, Karlsruhe Institute of Technology, Allemagne

2014-2017

B.S. Génie Mécanique et Industriel, Karlsruhe Institute of Technology, Allemagne

2013-2014

Mémoire: Analyse des caractéristiques structurelles et acoustiques de revêtements de chaussée optimisés acoustiquement

Classe préparatoire PTSI/PT*, Lycée Jean-Baptiste Say, Paris

2011-2013

Baccalauréat Franco-Allemand, Lycée Franco-Allemand, Buc, France

2011

Compétences

- MS Excel, Word, PowerPoint
- Simul8, Simio, Witness
- SAP
- Notions Python, Matlab, Simulink
- Solidworks

Langues

Français: langue maternelle

Allemand: C1

Anglais: B2 (TOEIC 2015: 945/990)

Démarche de conception d'un système de production reconfigurable

Amélie BEAUVILLE DIT EYNAUD – Arts et Métiers ParisTech – Laboratoire LISPEN

Contexte

Les constructeurs automobiles doivent aujourd'hui faire face à une demande fluctuante et non prévisible, à la fois en volume de production et sur le type de produit souhaité. Le client attend des produits de plus en plus personnalisés, se traduisant par plus de variabilité à gérer en production. Pour les industriels, investir dans des moyens de production sans avoir la certitude d'utiliser ces machines à leur plein potentiel est un enjeu d'actualité. Le risque associé serait une sur-automatisation des installations entraînant une sous-utilisation des ressources.

La problématique de recherche est la suivante : quelle est la meilleure stratégie de conception et d'évolution des systèmes de production, afin de répondre à une demande fluctuante, dans un souci d'investissement incrémental ?

Reconfigurabilité du système de production

Les systèmes de production flexibles sont capables de s'adapter à des variations prévues et anticipées de la production. La particularité du système reconfigurable est d'être composé de sous-entités standards permettant un changement rapide de production en terme de volume ou de type de produit [1], comme illustré Fig. 1. Le système reconfigurable peut ainsi être transformé dans le cas d'un changement de la demande client nécessitant une réponse réactive.

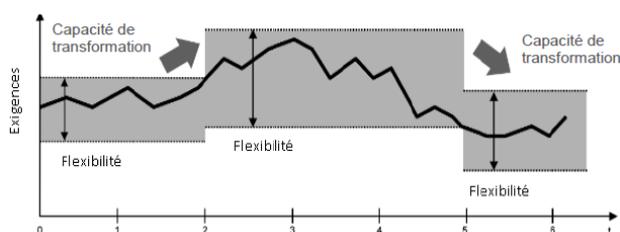


Fig. 1. Flexibilité et reconfigurabilité [2]

Les six caractéristiques clés de la transformabilité définies par [3] sont la customisation, la modularité, l'intégrabilité, la capacité de diagnostic, la capacité incrémentale, et la convertibilité. En s'appuyant sur ces six caractéristiques définies dans la littérature, des indicateurs de reconfigurabilité ont été développés. Ils sont calculés en fonction de la brique technologique en jeu et des caractéristiques de la ligne au sein de laquelle la brique est implémentée. Ces nouveaux indicateurs permettent de donner une information qui traduit la complexité, le coût et le temps de reconfiguration.

Méthodologie de conception

La méthodologie retenue pour la conception du système de production reconfigurable s'articule en quatre étapes : 1) identification du besoin en reconfigurabilité à travers une étude terrain ; 2) choix des briques technologiques et modélisation du système ; 3) détermination de la configuration adéquate à travers une simulation de flux à événements discrets ; 4) reconfiguration de la ligne tout au long de son cycle de vie en fonction de l'évolution du contexte économique. En appliquant cette démarche, l'objectif est de pouvoir proposer au décideur un tableau de bord résumant les indicateurs suivants : prix des ressources engagées, indicateurs de performance, indicateurs de reconfigurabilité. En effet, le choix de la configuration d'un système de production résulte d'un compromis entre son prix, sa performance et la facilité à le transformer en cas de changement de contexte économique.

Le cas d'usage étudié dans la thèse consiste en une ligne d'assemblage multi-produit avec montée en cadence d'un produit puis entrée du second produit sur une ligne mixte. Les travaux doivent permettre de donner des recommandations quant au choix et à la configuration des ressources à implémenter afin d'honorer les commandes, et de mesurer sur le long terme l'impact du choix d'investissement dans des ressources reconfigurables. Ces résultats sont à comparer avec l'adaptation du système de production aux variations du marché sans la démarche.

Les travaux futurs s'articulent autour de deux axes : l'application de la démarche de conception à l'assemblage moteur pour un volume incertain et mix produit variable, et le développement des modules de l'outil d'aide à la décision permettant de dérouler la démarche de manière semi-automatisée.

Références

- [1] Mehrabi, M. G.; Ulsoy, A. G.; Koren, Y. (2000) Reconfigurable Manufacturing Systems: Key to Future Manufacturing. In : Journal of Intelligent Manufacturing, vol. 11, n° 4, p. 403-419. DOI: 10.1023/A:1008930403506.
- [2] P. Nyhuis, G. Reinhart, E. Abele, éd. (2010) Wandlungsfähige Produktionssysteme. Berlin : Gito (Schriftenreihe der Hochschulgruppe für Arbeits- und Betriebsorganisation e.V. (HAB)).
- [3] Koren, Y.; Heisel, U.; Jovane, F.; Moriwaki, T.; Pritschow, G.; Ulsoy, G.; van Brussel, H. (1999) Reconfigurable Manufacturing Systems. In : Annals of the CIRP, vol. 48, p. 527-540.

Nassim BENBARA

nassim.benbara@ensam.eu

Laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM), 151 Boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris, France.

Arts et Métiers ParisTech

Formation

2017 – 2020 : Thèse de doctorat en automatique, laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM), *Arts et Métiers ParisTech, Paris, France*.

2017 : Master 2 Recherche MS²(SC) Modélisation et Simulation en Mécanique des Structures et Systèmes Couplés, double diplôme, *Université Paris-Saclay - Co-habilité par CentraleSupélec, l'ENS Cachan et l'ENSTA ParisTech*.

2014 – 2017 : Diplôme d'ingénieur en Simulation et Conception Mécanique, *SUPMECA - Institut Supérieur de Mécanique de Paris, Saint-Ouen, France*.

Expériences professionnelles

2017 – 2020 : Thèse de doctorat en automatique, laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM), *Arts et Métiers ParisTech, Paris, France*.

Titre : Reproduction sonore 3D par surface émettrice de sons dans un véhicule.

Cette thèse s'effectue dans le cadre du projet de recherche collaboratif SOURCE, financé par l'ANR et regroupant d'un côté le PIMM comme acteur académique, et d'un autre le CEA-LIST, PSA, Arkamys et SDTools comme partenaires industriels. SOURCE s'intéresse à la démocratisation du son spatialisé dans les habitacles voitures grâce l'adoption de haut-parleurs piézo-électriques plans à la place de haut-parleurs électrodynamiques classiques.

L'objectif de la thèse est donc de rendre les éléments de garnitures de voitures surmontés de piézoélectriques adéquats dans le cadre de la spatialisation sonore dans un milieu complexe comme un habitacle de voiture. Plus précisément, le travail réalisé a pour but de travailler sur le filtrage spatial et la conception d'algorithmes de contrôle actif afin d'atteindre les objectifs acoustiques nécessaires à un rendu sonore spatialisé de qualité.

Charge d'enseignement : TP d'automatiques et Bond Graphs pour les élèves ingénieurs de deuxième année (64h par an).

Avril – Sept. 2017 : Stage Recherche de fin d'étude, *EDF Lab Paris-Saclay, Palaiseau, France*.

Le but de ce stage est de mettre en place un modèle numérique des ailettes à ailerons utilisées dans les étages terminales de centrales, en prenant en compte tous les effets dynamiques.

Août 2015 – Fév. 2016 : Stage ingénieur R&D, *Siemens Industry Software, Leuven, Belgique*.

Mise en place d'une méthode pour modéliser et prédire le contact et les phénomènes de frottement au niveau d'une paire d'engrenages avec les outils de Siemens.

Jan. 2015 : Stage opérateur, Technicentre Est Européen, *Bobigny, France*.

Maintenance sur des essieux et roues de voitures Corail et TGV.

Compétences

Domaine : vibroacoustique, automatique, traitement du signal, analyse modale expérimentale, éléments finis

Logiciels : Abaqus, NX 10, Code_Aster, MATLAB/SDT, ANSYS Fluent, Catia V5

Langages : Python, C, Arduino, FreeFem++, LATEX

Langues

Anglais (courant), Arabe (courant), Berbère (maternel)

SOURCE : Reproduction sonore 3D par surface émettrice de sons dans un véhicule

Nassim BENBARA – Arts et Métiers ParisTech – Laboratoire PIMM

Cette thèse s'effectue dans le cadre du projet de recherche collaboratif SOURCE (3D SOUND ReproduCtion using sound Emitting surfaces in cars) financé par l'ANR et regroupant d'un côté le PIMM comme acteur académique, et d'un autre le CEALIST, PSA, Arkamys et SDTools comme partenaires industriels. En effet, on s'intéresse ici à la démocratisation du son spatialisé dans les habitacles voitures grâce l'adoption de haut-parleurs piézo-électriques plans à la place de haut-parleurs électrodynamiques classiques.

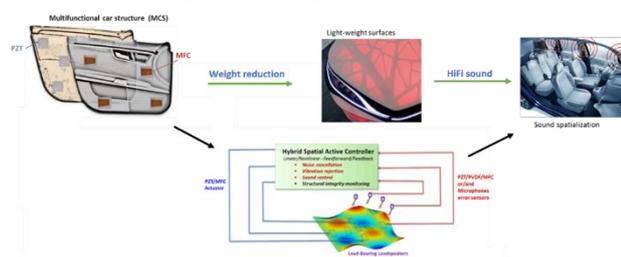


Fig. 1. Schéma mettant en lien les différents aspects du projet

Etant donné que l'acoustique joue un rôle important dans la conception automobile et que ce rôle ne va cesser de s'amplifier avec l'arrivée du véhicule autonome, l'utilisation de haut-parleurs plans dans l'habitacle en remplacement des haut-parleurs traditionnels permettra une réduction de poids et d'encombrement et laissera plus de liberté aux designers d'habitacles intérieurs (voir Fig. 1). Or, l'effet d'un actionneur piézoélectrique sur un élément surfacique de voiture est assez différent du comportement acoustique d'un haut-parleur traditionnel. De plus, pour satisfaire aux exigences des méthodes de reproduction sonores spatialisées, les sources acoustiques ainsi recrées doivent posséder des caractéristiques acoustiques précises. Enfin, plusieurs paramètres entrent en jeu dans le contexte automobile comme la température ambiante et l'environnement vibro-acoustique (nombre de passager, bruit moteur, vibrations dues aux moteurs et à la route, etc...).

L'objectif de la thèse est donc de rendre ces éléments de garnitures surmontés de piézoélectriques adéquats dans le cadre de la spatialisation sonore dans un milieu complexe comme un habitacle de voiture. Plus précisément, la thèse réalisée a pour but de travailler sur le filtrage spatial et la conception d'algorithmes de contrôle actif afin d'atteindre avec des éléments piézoélectriques les objectifs

acoustiques nécessaires à un rendu sonore spatialisé de qualité.

Un des moyens utilisés à cette fin est la focalisation des ondes de flexions en une zone donnée de l'espace afin de pouvoir recréer plusieurs sources sonores indépendantes sur une même surface. Pour ce faire, trois méthodes de contrôle permettant de focaliser une onde dans une zone précise du milieu ont été implémentées numériquement et testées dans le cadre de l'audio sur une plaque simple puis sur une portière de Peugeot 3008. La première méthode se basant sur du contrôle modal, nécessite une connaissance théorique de la propagation des ondes de flexion (expérimentale ou analytique) [1]. La seconde méthode est basée sur le principe du retournement temporel [2], et nécessite donc une connaissance partielle. La troisième méthode est le filtrage inverse spatio-temporel, qui est basée sur l'apprentissage complet de la propagation des ondes [3].

Ces différentes méthodes ont été comparées en simulation et expérimentalement sur un cas d'étude simple et sur une portière de voiture de Peugeot 3008. Leurs avantages et inconvénients ont été mis en valeurs dans le cadre applicatif de l'automobile, d'un point de vue vibratoire mais aussi d'un point de vue rayonnement acoustique. Cette étude fait l'objet de deux articles de conférences, la première SMART2019 organisée par l'ENSAM en juillet, la seconde ICA2019 organisée en septembre par l'université de Aachen en Allemagne. Un article de journal est aussi en cours de rédaction.

La seconde partie de la thèse se concentrera sur la conception d'algorithmes de contrôle actif afin de compenser les éventuelles perturbations liées à l'environnement comme expliqué plus haut.

Références

- [1] J.-H. Woo et J.-G. Ih, « Vibration rendering on a thin plate with actuator array at the periphery », *J. Sound Vib.*, vol. 349, p. 150-162, 2015.
- [2] M. Fink, « Time reversal of ultrasonic fields. I. Basic principles », *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 39, no 5, p. 555-566, sept. 1992.
- [3] M. Tanter, J.-F. Aubry, J. Gerber, J.-L. Thomas, et M. Fink, « Optimal focusing by spatio-temporal inverse filter. I. Basic principles », *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 110, no 1, p. 37-47, 2001.



INES BEN EL MEKKI

Ines.bnm@gmail.com / ines.benelmekki@airliquide.com

LaFSET : 292 rue Saint Martin, 75003, Paris

Cnam

Expériences professionnelles

2018 – Présent **Doctorante au groupe génie des procédés Air Liquide R&D / LaFSET CNAM : « Vaporisation ascendante d'un mélange binaire dans des micro-canaux »**

- Etude hydrodynamique de l'écoulement diphasique dans des milieux confinés
- Etude de la vaporisation d'un mélange binaire en écoulement ascendant
- Etude de l'effet du mélange binaire sur le transfert thermique
- Conception du banc expérimental
- Post-traitement des résultats expérimentaux

2017 – 2018 **Ingénieure unité de production de résine chez ExxonMobil Chemicals France, (7 mois)**

- Optimisation technique du procédé de production de résine
- Contrôle des spécifications et de la qualité de la résine produite
- Résolution de problèmes techniques des unités de production (Trouble Shooting)

2016 – 2016 **Ingénieure en recherche et développement (R&D) chez Air Liquide groupe Génie des Procédés (stage de 6mois)**

- Etude, simulation et optimisation des procédés de purification des gaz issus des hauts fourneaux dans l'industrie sidérurgique
- Optimisation et simulation du procédé de réduction directe et pré-dimensionnement des cas étudiés
- Etude technico-économique et estimation des coûts CAPEX et OPEX des procédés de purification en amont et en aval du procédé sidérurgique

Formation académique

2013 – 2016 **Ecole Centrale Paris, France**

Spécialisation : **Energie et Génie des procédés / Management de projets à l'international**

Cours suivis : Mathématiques appliqués, Transferts thermiques, Génie des procédés, Mécanique des fluides, Optimisation énergétique et Energétique industrielle

Méthodologie en Management de projet : Gestion des risques, Gestion de projets

2010 – 2013 **Lycée Louis Le Grand, Paris, France**

Classes Préparatoires Scientifiques MPSI/MP*

2006 – 2010 **Lycée Pilote d'Ariana, Tunis, Tunisie**

Terminale S mention Très Bien, **classée première au niveau national**

Vaporisation ascendante des mélanges de fluides frigorigènes dans des évaporateurs à ailettes en aluminium brasés

INES BEN EL MEKKI –Cnam– LaFSET

Contexte :

Le transport et le stockage du gaz naturel nécessite un procédé de liquéfaction faisant appel à un cycle frigorifique particulier. Certains procédés permettant de condenser le gaz naturel, utilise un mélange de fluides frigorigènes à base d'hydrocarbures. L'intérêt des industriels pour les fluides frigorigènes sous forme de mélanges augmente considérablement en raison de la capacité de ceux-ci à se vaporiser en changeant de température ce qui permet de limiter les irréversibilités et donc améliorer l'échange thermique.

Les échangeurs à plaques et ailettes brasées sont au cœur des procédés de liquéfaction du gaz naturel en raison de leur compacité. Au sein de ces échangeurs, le fluide frigorigène subit une vaporisation ascendante.

Objectifs et problématiques scientifiques :

Afin d'améliorer l'efficacité des échangeurs de liquéfaction du gaz naturel, il est donc fondamental de pouvoir prédire les phénomènes physiques se produisant lors de l'évaporation ascendante d'un mélange frigorigène dans les échangeurs à plaques et ailettes brasées (micro-canaux) et leur impact sur le coefficient de transfert de chaleur local. C'est là tout l'enjeu scientifique.

Une analyse bibliographique montre que nombreuses études ont été menées sur l'évaporation dans des micro-canaux en traitant des fluides purs. Cependant, quelques études expérimentales rares sur l'évaporation des mélanges [1, 2] montrent une diminution du coefficient d'échange par rapport aux fluides purs.

De ce fait, des travaux expérimentaux complémentaires sont nécessaires afin de comprendre les trois phénomènes physiques qui se déroulent, d'une manière couplée lors de la vaporisation ascendante du mélange :

- Aspect hydrodynamique : une étude des régimes d'écoulement diphasique en configuration ascendante est nécessaire afin d'établir une carte d'écoulement puisque ceux-ci sont intimement liés aux régimes de transfert thermique. L'enjeu scientifique d'un point de vue hydrodynamique, est de déterminer les conditions de « non entrainement » de la phase liquide par la phase vapeur auquel cas une accumulation des composés les moins volatils en bas de l'échangeur serait observée.
- Aspect thermodynamique : l'évaporation des mélanges fait intervenir des phénomènes complexes tels que le changement local des propriétés thermo-physiques du mélange.
- Aspect thermique : au vu du manque de données expérimentales dans la littérature, une étude expérimentale de l'effet du glissement de température sur le coefficient de transfert thermique est l'enjeu scientifique majeur du

point de vue thermique dans le cadre de l'évaporation ascendante des mélanges.

Moyens expérimentaux :

Afin d'étudier la vaporisation ascendante des mélanges, un banc expérimental est en cours de conception (Fig.1). La section d'essai est un passage d'ailettes vertical chauffé électriquement d'un côté et recouvert d'une plaque transparente de l'autre afin de permettre la visualisation de l'écoulement. Le diamètre hydraulique, vue la géométrie des ailettes, est de 1,75 mm.

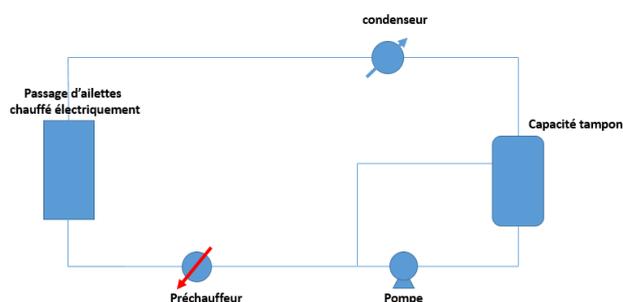


Fig. 1. Dispositif d'essai.

Les fluides testés sont des mélanges zéotropes d'hydrocarbures (n-butane/n-hexane) ou d'hydrofluorocarbures (R-134a/R-245fa). Le banc de mesure contient une pompe de circulation. En aval de cette pompe, un préchauffeur est utilisé pour chauffer le liquide jusqu'à sa température de bulle. La section d'essai chauffe le liquide saturé en entrée jusqu'à l'état surchauffé en sortie. Le condenseur sert à sous-refroidir le liquide avant d'entrer dans la capacité tampon. La pression de fonctionnement dans la section d'essai est comprise entre 2 et 5 bar absolu. Le flux massique en entrée de la section de test est de $40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

La section d'essai contient des capteurs de température permettant de mesurer la température de paroi et la température dans le fluide sur toute la longueur d'échange.

Des capteurs de pression installés également dans la section d'essai permettent de mesurer la perte de charge dans les ailettes.

Tout au long des campagnes d'essais, l'influence du débit, de la pression et du flux thermique sur les différents phénomènes physiques ayant lieu lors de la vaporisation ascendante des mélanges zéotropes sera analysée et discutée.

Références

- [1] Abadi, G.B., Yun, E., Kim, K.C., 2015, Flow boiling characteristics of R-134a and R-245fa mixtures in a vertical circular tube, *Experimental thermal and fluid science*, 72. 112-124
- [2] Celata, G.P., Cumo, M., Setaro, T., 1997, Vertical forced convective boiling of refrigerant binary mixtures, *Rev Gen therm*, 36. 253-263



Lei CAI

lei.cai@ensam.eu

Laboratoire LEM3, UMR CNRS 7239

7 rue Félix Savart F-57070 METZ

Arts et Métiers ParisTech

Academic background

2010.09 - 2014.06

Shandong University of Technology

2014.09 - 2017.06

Xi'an Jiaotong University

2017.10 - present

Arts et Métiers ParisTech de Metz

PhD project

Numerical study of miniaturization effects on the formability of metal sheets

Training

1. Français de la vie quotidienne (débutants)

2. Méthodes et techniques d'optimisation ; Optimization methods and techniques

3. J1A 2017-2018: Journées d'accueil des Doctorants

Conferences

14ème Colloque National en Calcul des Structures, 13-17 Mai 2019, Presqu'île de Giens (Var)

Articles

Strain gradient crystal plasticity model based on generalized non-quadratic defect energy and uncoupled dissipation (under review ,submitted to International journal of plasticity)

Numerical study of miniaturization effects on the formability of metal sheets

Lei CAI – Arts et Métiers ParisTech– Laboratoire LEM3, UMR CNRS 7239

Miniaturization is the trend to manufacture ever smaller mechanical, optical and electronic products and devices using modern technology. There is a great demand for miniaturized products in many high technology fields. However, with scaling down the size of products, size effects will occur. Such effects would cause several difficulties for manufacturing microproducts as they can modify the mechanical behavior of these products, leading to unexpected results. Among the miniaturized industrial products, micro scaled sheet metal products are widely used. When it comes to sheet metal forming, formability of sheet metals is an important factor to be emphasized during forming processes in order to anticipate whether a given product can undergo plastic deformation to a designed shape without being damaged. As a result, the demanding industrial trend of miniaturized sheet metal products motivates us to investigate size effects caused by miniaturization on the formability of metal sheets. Both experimental and numerical methods can predict formability of metal sheets. However, numerical methods seem to be a more efficient and swift way, which explains the increasing demand for numerical investigation of size effects on the formability of metal sheets.

To be able to study size effects on the formability of metal sheets with numerical approaches, it is a prerequisite to model size effects numerically. There are several types of numerical models by which many researchers modeled size effects. Compared with conventional models (e.g., surface layer model and mesoscopic model), strain gradient model is able to capture nonlocal size effects due to gradients of plastic deformation. When coupled with crystal plasticity, these models can effectively reproduce both local and gradient size effects by using an intrinsic length scale induced by miniaturization. Despite the strong scientific effort devoted to strain gradient plasticity theories, some persisting issues and open questions related to these theories need to be further investigated.

In our recent work, a comprehensive investigation of our proposed strain gradient crystal plasticity model based on the non-quadratic defect energy and uncoupled dissipation has been completed with the help of User-ELEMENT (UEL) which was developed by us. In the first place, the implementation was first validated by comparing with Gurtin [2]. Our results showed a good agreement with the work of Gurtin [2]. Starting with the energetic length scale effects, it was found that these effects depend on the value of the order-controlling index n . In the range of $n < 2$, the energetic length scale l_{en} leads to an unusual nonlinear kinematic hardening, resulting in an apparent increase of the yield strength (strengthening) under monotonic loading. From $n > 2$, l_{en} has only influence on the rate of hardening after yielding but not on the material strengthening, as widely recognized in the literature.

The advantage of using uncoupled dissipation is the flexible control of some important dissipative effects, particularly the elastic gap at the initial yield strength. Fleck [1] have discussed guidelines to control or eliminate this gap. These guidelines are not applicable for existing models involving higher-order dissipative stresses, due to the use of coupled dissipation. Using uncoupled dissipation, it was shown in this work that such a gap can easily be controlled by the initial higher-order dissipative slip resistance $S_{\xi 0}$. A gap-free variant of the proposed model can be obtained by setting $S_{\xi 0} = 0$.

Références

- [1] Fleck, N. A. and Willis, J. R. (2015) Strain gradient plasticity: energetic or dissipative?, *Acta Mechanica Sinica*. The Chinese Society of Theoretical and Applied Mechanics; Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, 31(4), pp. 465–472.
- [2] Gurtin, M. E., Anand, L. and Lele, S. P. (2007) Gradient single-crystal plasticity with free energy dependent on dislocation densities, *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. Pergamon, 55(9), pp. 1853–1878.



Florian CONEJOS

florian.conejos@ensam.eu

PIMM / 151 bd de l'Hôpital, 75013 PARIS / Campus Paris

Arts et Métiers ParisTech

Situation actuelle :

Salarié Safran Composites (91760 Itteville)

Doctorant CIFRE (Arts et Métiers ParisTech-PIMM) avec pour sujet de thèse : Study and modelling of damping in woven composites. (Début avril 2018)

Encadrants PIMM : Etienne BALMES / Eric MONTEIRO

Encadrants Safran : Nicolas CARRERE / Bastien TRANQUART

Langues :

Anglais :

 Courant et technique.
TOEIC : 875 (04/06/2016)

Espagnol :

 Lu, écrit, parlé.
Niveau européen B2.

Chinois :

 Débutant
1 an d'apprentissage

Centres d'intérêt :

Vie associative :

Président de l'association football masculin et futsal féminin de l'UTC : Entraînement ; organisation et participation à des tournois nationaux ; Matches universitaires.

Sport :

Football : pratiqué depuis septembre 2012 au sein l'UTC.

Sport en salle : musculation

Tennis : pratiqué pendant 11 ans dont 8 en compétition. (Meilleur classement : 15/5).

Passionné de sports : Basket, Formule 1, Handball et Rugby.

Autres : Course à pied, cuisine.

Compétences :

Matériaux : Polymères ; Composites ; Céramiques ; Métaux.

Mécanique : Comportement mécanique des matériaux ; Vibration.

Logiciel Mécanique : SDT ; GOM Correlate ; GOM Inspect ; AEWin ; **Modélisation:** Catia v5, PTC Creo Parametric.

Éléments finis: Patran/Nastran ; Ansys Workbench ; Abaqus ; SDT

Formation:

2014-2017 : Etudiant ingénieur en Génie Mécanique.
Université Technologique de Compiègne (UTC)

- Spécialité Matériaux et Modélisation.
- Master's programme Materials Sciences Loughborough University - United-Kingdom - Department of materials. (2016-2017)

2012-2014: Tronc Commun du cycle d'ingénieur (classe préparatoire intégrée) à l'UTC.

Expériences professionnelles :

2017-2018 : Contrat à durée déterminée et intérim - Safran Composites - Itteville - Ingénieur mécaniques des matériaux sur la technologie DLF

Modélisation d'essais technologiques et corrélation essai/calcul.

Etude de protocoles expérimentaux.

Utilisation de la Stéréo Corrélation d'Images Numériques (SCIN), de l'émission acoustique, réalisation de ping-tests.

Utilisation de mailleur (Ansa) et de logiciel de calcul par éléments finis (SAMCEF, Abaqus).

2017 : **Projet de fin d'étude - Safran Composites - Itteville-Encadrants : N.CARRERE et W.ALBOUY**
6 mois

Modélisation thermo-chimique et thermomécanique de pièces composite réalisées par le procédé RTM :

Homogénéisation Micro-Méso-Macro.

Calculs sur des structures sous Abaqus.

Lois utilisateurs en langage Python.

2015-2016 : Stage assistant ingénieur - Safran Aircraft Engines (ex-SNECMA) - Villaroche - Bureau d'étude- Encadrant : O.NDIAYE
6 mois

Conception sous Catia V5 d'un distributeur gicleur d'huile pour fabrication en fusion laser sur lit de poudre.

Analyse par éléments finis sous Ansys Workbench.

Study and modelling of damping in woven composites

Florian CONEJOS – Arts et Métiers ParisTech– PIMM

Les composites tissés 3D peuvent être optimisés de nombreuses manières, notamment en modifiant la microstructure et en sélectionnant leurs propriétés géométriques et matérielles. Pour les aubes de moteur d'avion, il peut être essentiel d'améliorer l'amortissement afin d'éviter les conditions de fonctionnement critiques associées notamment au phénomène de flottement. Ce dernier se caractérise par une mise en vibration des pales à la suite de vents incidents. Il résulte d'un couplage des mouvements de torsion et de flexion de l'aube dont les fréquences naturelles sont modifiées par ces forces aérodynamiques.

Un des objectifs de la thèse est donc de fournir un outil numérique permettant d'estimer les propriétés viscoélastiques à l'échelle mésoscopique et macroscopique à l'aide de maillages de microstructures et de stratégies d'homogénéisation. Pour les validations, le respect de l'hypothèse de séparation d'échelle sera analysé à l'aide de calculs périodiques. Il est ensuite proposé de générer des architectures tissées 3D hybrides avec des éléments fortement amorties et d'optimiser leur efficacité d'amortissement. La tolérance aux dommages sera enfin analysée.

Le choix du maillage est connu pour avoir une influence non négligeable sur les propriétés homogénéisées du volume élémentaire de référence (VER). Ainsi, la première étude à réaliser est de quantifier cet impact. Les deux solutions considérées pour mailler les microstructures sont les maillages voxelisés et les maillages conformes avec des éléments tétraédriques linéaires ou quadratiques. La méthode voxel consiste à diviser la microstructure 3D en plusieurs cubes de même dimension. Il s'agit donc d'un maillage conforme mais ne respectant pas parfaitement la topologie de l'architecture. En effet, la discrétisation d'une géométrie elliptique à l'aide de pixel génère une certaine erreur de surface. La seconde solution est produite en utilisant des techniques de level-set à partir de la définition originelle de la section et de la fibre neutre de chaque toron. Cette méthode est avantageuse dans le cadre de l'optimisation matériau et l'erreur de surface générée est moindre qu'avec celle voxelisée (Fig. 1).

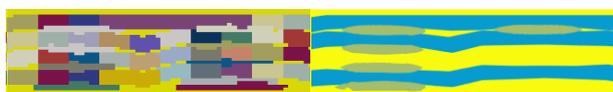


Fig. 1. Maillage voxelisé (gauche) et Maillage conforme (droite)

Par ailleurs, une conformité à la topologie de la microstructure est assurée. Les outils Safran permettent de générer des microstructures réalistes avec notamment des torons compactés.

Le développement d'une chaîne numérique avec une approche multi échelle permettant d'estimer l'amortissement à l'échelle macroscopique est un des enjeux de la thèse. Actuellement, les méthodes d'homogénéisation classique [1] (KUBC/SUBC) émettent l'hypothèse que la séparation des échelles est respectée, c'est-à-dire que la taille des hétérogénéités est petite par rapport à la taille du VER qui est petit par rapport à la longueur d'onde de la sollicitation. Au sein des aubes, on observe une variation d'épaisseur importante avec des facteurs non négligeable ce qui ne garantit pas le respect de cette hypothèse. C'est pourquoi le recours à des calculs périodiques en espace est envisagé [2]. Pour mener à bien ce calcul, une sollicitation harmonique sera imposée et un calcul d'énergie sera effectué en se basant sur l'égalité du travail entre le milieu hétérogène et homogénéisé. La sollicitation harmonique étant un chargement variant en fonction de la longueur d'onde, cette méthodologie permet de donner une limite objective de la validité de l'hypothèse de séparation des échelles. Une extension avec des matériaux possédant des propriétés viscoélastiques sera effectuée afin de permettre de quantifier l'amortissement de la microstructure. La méthodologie de calcul est semblable à celle réalisée avec des matériaux purement élastiques cependant la matrice de raideur du système sera complexe. L'ensemble de ces calculs sont réalisés avec le logiciel SDT [3].

Afin de valider la solution numérique, de nombreux essais de type Oberst ont été effectués. Malgré des éprouvettes très raides avec un faible amortissement, une méthodologie a été mise en place pour pouvoir être en mesure de quantifier l'amortissement. Ainsi des résultats sont disponibles sur des éprouvettes tissées 3D classique et tissées 3D amorties.

Références

- [1] M. Bornert, T. Bretheau, and P. Gilormini, 2001, Homogénéisation en mécanique des matériaux 1: Matériaux aléatoires élastiques et milieux périodiques. Hermes Science Publications.
- [2] E. Arlaud, Dec. 2016, Modèles dynamiques réduits de milieux périodiques par morceaux : application aux voies ferroviaires. PhD thesis, Ecole nationale supérieure d'arts et métiers – ENSAM.
- [3] E. Balmes, 2019, Structural Dynamics Toolbox-FEMLink, User's Guide.

Marie-Adélaïde CREMIEUX

Marie-adelaide.cremieux@airliquide.com

Laboratoire du froid, des systèmes énergétiques et thermiques (LaFSET) / 292
rue Saint Martin, 75141 Paris Cedex 03 / Cnam

- 2012-2014 : Classes préparatoires, Collège Stanislas
- 2014-2017 : CentraleSupélec (option Energie, parcours Procédés)
- 2017-2020 (en cours) :
 - Thèse Cifre Air Liquide/Cnam sur l'étude et l'optimisation de la partie condensation des vaporiseur-condenseurs cryogéniques.
 - MBA, Collège des Ingénieurs

Condenser de l'azote dans de vaporiseurs-condenseurs cryogéniques

Marie-Adélaïde CREMIEUX – Cnam – Laboratoire du froid, des systèmes énergétiques et thermiques

Azote et oxygène sont deux petites molécules essentielles à la vie. Elles ont toutes deux des domaines différents d'application (médical, agro-alimentaire, spatial, industries, ...) et sont donc extraites de l'air et séparées dans des ASU (unités de séparation d'air). Le procédé utilisé au cœur de ces ASU est la distillation cryogénique. Deux colonnes de distillation sont utilisées, à basse et moyenne pression. Le vaporiseur-condenseur vient s'insérer au cœur de ce dispositif, servant de condenseur à l'une de ces colonnes, et de rebouilleur à la seconde. Il s'agit d'un échangeur de chaleur à plaques et ailettes brasées, qui permet de vaporiser de l'oxygène et de condenser de l'azote. La thèse Cifre qui est réalisée porte sur l'étude et l'optimisation des passages où se condense l'azote.

L'objectif principal de cette thèse est d'estimer séparément l'impact du côté vaporisation et du côté condensation sur l'échange de chaleur global. Pour ce faire, il est donc nécessaire de mesurer et d'estimer des flux de chaleur et des coefficients d'échange locaux. Il est à noter que la littérature présente relativement peu d'études [1-4] concernant la condensation en film de l'azote, à température cryogénique, et aucune n'étudie les coefficients d'échange locaux. Par ailleurs, hormis l'étude la plus récente [2], datant de 2017, il n'y a pas encore eu de visualisation de la condensation de l'azote. Un banc d'essai a été réalisé afin de répondre à ces objectifs. Ce banc permet également de visualiser les écoulements d'azote du côté condensation (Fig.1). Sur ce banc, différents montages seront testés, permettant de caractériser, en termes d'échange de chaleur, différentes ailettes, différentes surfaces et texturations et différents paramètres d'entrée (débit massique, fraction massique ...).

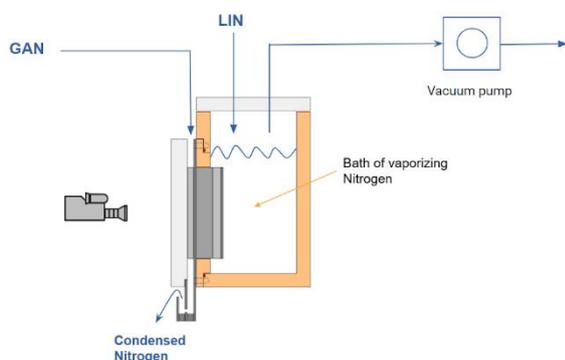


Fig. 1. Concept du banc d'essai.

Plusieurs contraintes spécifiques à cette étude doivent être prises en compte :

- Ecoulements diphasiques : les phénomènes observés sont plus complexes que pour un écoulement monophasique et donc plus difficiles à saisir. Le lien entre visualisation et mesure dépend donc du temps de réponse des capteurs.
- Température cryogénique (77K) : les matériaux doivent être compatibles et une contrainte supplémentaire est ajoutée concernant la visualisation. La sécurité doit également être assurée.
- Très faible différence de température entre les deux fluides ($\sim 1\text{K}$) et forts flux thermiques ($\sim 10\text{kW/m}^2$) : très forte contrainte au niveau de la précision de l'instrumentation pour la mesure de flux ($\sim 0.1^\circ\text{C}$ sur la différence de température).
- Très fines plaques de séparation entre les passages fluides ($\sim 1\text{mm}$) : l'instrumentation choisie doit respecter de fortes contraintes sur l'encombrement.

Le banc d'essai a été monté et entièrement instrumenté, en respectant ces différentes contraintes. Les premiers essais ont montré que le montage permet de condenser de l'azote, avec des flux de l'ordre de grandeur attendu. Les premières observations permettent d'affirmer qu'il s'agit bien de condensation en film.

Références

- [1] Ewald, R., Perroud, P., 1971, "Measurements of film-condensation heat transfer on vertical tubes for nitrogen, hydrogen, and deuterium", *Advances in Cryogenic Engineering*, Springer, 475-481.
- [2] Tang, Y., Qiu, L.M., Bai, Y., Song, J., Bao, S.R., Zhang, X.B., Wang, J.J., 2017, "Experimental study on film condensation characteristics at liquid nitrogen temperatures", *Applied Thermal Engineering*, 127:256-265.
- [3] Zhang, P., Fu, X., 2009, "Two-phase flow characteristics of liquid nitrogen in vertically upward 0.5 and 1.0 mm micro-tubes: Visualization studies", *Cryogenics*, 49:565-575.
- [4] Ohira, K., 2001, "Laminar Film Condensation Heat Transfer of Hydrogen and Nitrogen inside a Vertical Tube", *Heat Transfer—Asian Research*, 30/7: 542-560.



Robin DARLEUX

robin.darleux@lecnam.net

Laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés (LMSSC)
292 rue Saint-Martin, 75003 PARIS

Conservatoire national des arts et métiers (Cnam)

Diplômé en ingénierie mécanique et en mécatronique, je poursuis mon intérêt dans ces domaines en effectuant une thèse au Cnam, au sein du LMSSC. J'y développe des réseaux électriques analogues de structures complexes. Mon objectif est d'amortir les vibrations de ces structures en les couplant à leurs réseaux analogues via des éléments piézoélectriques. Après mon doctorat, je pense prendre un poste de professeur agrégé de l'enseignement du second degré.

Parcours universitaire

- 2017 – 2020 [Conservatoire national des arts et métiers \(Cnam\)](#)
[Laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés \(LMSSC\)](#)
Doctorat : Développement et intégration de réseaux piézoélectriques analogues pour la réduction des vibrations de structures complexes
- 2013 – 2017 [École normale supérieure de Rennes \(ENS Rennes\)](#)
[en partenariat avec l'université de Rennes 1](#)
Agrégation : Sciences Industrielles de l'Ingénieur, Option Ingénierie Mécanique
Master : Mécatronique
Master : Enseignement et mécatronique
Licence : Mécanique et sciences pour l'ingénieur
Licence : Électronique et télécommunications
- 2010 – 2013 [Lycée Albert Châtelet à Douai](#)
CPGE PCSI / PSI*

Stages

- Été 2014 [Laboratoire LAMIH \(Valenciennes\), Département de Mécanique](#)
- Été 2015 [Laboratoire MSAM \(Waterloo, Ontario, Canada\)](#)
- Début 2017 [Laboratoire LMSSC \(Paris\)](#)

Principaux travaux publiés

- [R. Darleux, B. Lossouarn, J.-F. Deü, Proceedings of SMART 2019](#)
Broadband vibration damping of a non-periodic plate by piezoelectric coupling to its electrical analogue
- [L. Rouleau, B. Lossouarn, R. Darleux, J.-F. Deü, Proceedings of INTER.NOISE 2019](#)
Comparison of damping performances of constrained viscoelastic layers and passive piezoelectric networks
- [R. Darleux, B. Lossouarn, J.-F. Deü, Proceedings of ISMA 2018](#)
Effect of temperature on the tuning of a piezoelectric resonant shunt composed of variable inductance or variable capacitance
- [R. Darleux, B. Lossouarn, J.-F. Deü, Journal of Sound and Vibration \(2018\)](#)
Passive self-tuning inductor for piezoelectric shunt damping considering temperature variations

Développement et intégration de réseaux piézoélectriques analogues pour la réduction des vibrations de structures complexes

Robin DARLEUX – Cnam – Laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés (LMSSC)

Les contraintes environnementales et économiques actuelles poussent les constructeurs de l'industrie du transport à réduire la masse embarquée. Pour ce faire, l'accent peut être mis sur l'utilisation de structures plus minces. Celles-ci sont toutefois soumises à davantage de problèmes vibratoires, qui peuvent endommager la structure à long terme et gêner les passagers. Des solutions de réduction vibratoire s'avèrent donc nécessaires.

Depuis les années 90, des solutions d'amortissement vibratoire par couplage piézoélectrique ont été développées. Les matériaux piézoélectriques permettent en effet de créer un couplage électromécanique : ce sont des matériaux aux bornes desquels une tension électrique apparaît lorsqu'ils sont soumis à une contrainte, et réciproquement. Ainsi, on peut utiliser des éléments piézoélectriques pour extraire une partie de l'énergie mécanique de vibration de la structure, et pour la transférer dans un circuit électrique où elle peut être dissipée. Les shunts résistifs et résonants ont été les premières solutions développées pour l'amortissement d'une résonance structurelle. Par ailleurs, l'extension de ces solutions à un contrôle multimodal a été abondamment étudié dans la littérature.

Une autre famille de solutions d'amortissement multimodal propose d'interconnecter les patchs piézoélectriques disposés sur la structure. La performance d'atténuation atteinte par le réseau électrique ainsi obtenu dépend alors des composants électriques d'interconnexion. Les premiers travaux sur le sujet ont proposé des réseaux résistifs et inductifs. Plus récemment, on a proposé d'utiliser comme réseau de dissipation un réseau électrique analogue, c'est-à-dire un réseau dont les modes et les fréquences propres sont les mêmes que celles de la structure à contrôler [1]. Leur utilisation permettant de maximiser la transformation d'énergie mécanique en énergie électrique, ces réseaux analogues représentent donc la solution passive optimale en termes d'amortissement multimodal. La démonstration pratique de l'efficacité de cette solution est récente [2], mais elle est limitée à des structures de type barre, poutre ou plaque avec des conditions limites de type appui simple ou encastrement.

L'objectif de cette thèse est d'étendre le concept d'amortissement multimodal par couplage d'une structure à son réseau piézoélectrique analogue à des structures plus complexes avec des conditions limites variées. Pour cela, un modèle prédictif du

comportement dynamique du système a été développé. La structure mécanique est modélisée par éléments finis [3]. Par ailleurs, on connaît les équations de fonctionnement des composants du réseau analogue. Afin, entre autres, de valider le modèle développé, un dispositif de plaque simplement appuyée, recouverte périodiquement de patchs piézoélectriques et couplée à son réseau analogue (voir Fig. 1), a été monté. Les résultats simulés concordent avec les mesures effectuées. De ce fait, le modèle développé est validé et peut être adapté à l'étude de cas plus complexes.

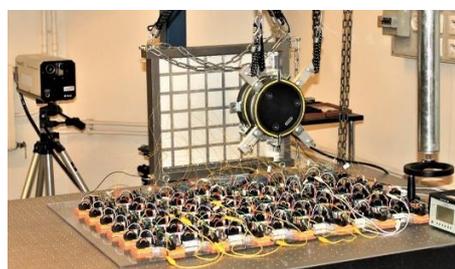


Fig. 1. Montage expérimental.

La prochaine étape est de s'intéresser aux analogues électriques de structures non périodiques et courbes. Le couplage de ces structures à leurs analogues électriques sera traité comme exemple numérique. L'objectif final est de définir de façon systématique un analogue électrique d'une structure quelconque qui réussisse à atténuer les vibrations dues aux premiers modes de la structure.

Par ailleurs, un travail conséquent reste à faire sur l'intégration des réseaux piézoélectriques analogues à des cas industriels. Si le problème du dérèglement en température des composants du réseau a été abordé et des solutions proposées, la minimisation du volume et de la masse ajoutés à la structure, pour une performance d'atténuation donnée, est une problématique qu'il reste à traiter.

Références

- [1] MacNeal, R. H., 1949, The solution of partial differential equations by means of electrical networks, Ph.D thesis, California Institute of Technology.
- [2] Lossouarn, B., Deü, J.-F., Aucejo, M., Cunefare, K. A., 2016, Multimodal vibration damping of a plate by piezoelectric coupling to its analogous electrical network, *Smart Materials and Structures*, 25/11:115042.
- [3] Thomas, O., Deü, J.-F., Ducarne, J., 2009, Vibrations of an elastic structure with shunted piezoelectric patches: efficient finite element formulation and electromechanical coupling coefficients, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 80/2:235-268.



Marco DELUCIA

marco.delucia@ensam.eu

Laboratoire I2M, Espl. des Arts et Métiers, 33400 Talence

Arts et Métiers ParisTech

aujourd'hui

Doctorant salarié, Employeur AMVALOR

Lieu : I2M Institut de Mécanique e d'Ingénierie (Bordeaux)

Titre de la Thèse : Conception et optimisation multi-échelle de composites à base de liège pour la structure de support d'une unité de puissance auxiliaire

2016

Ingénieur / Collaborateur

Lieu : Polytechnique de Milan (Italie)

Mission : Activités de recherche sur l'évaluation des performances thermiques (isolation, inertie, ventilation naturelle/mécanique, etc.), de la qualité de l'air et des conditions de confort dans la conception des bâtiments. Prise en compte de la conception aussi bien des matériaux que de la structure

2015

Chercheur contractuel

Lieu : Laboratoire I2M (Institut de Mécanique et d'Ingénierie-Bordeaux)

Mission (1 mois) : Activités de recherche sur les performances thermiques (isolation, inertie, ventilation naturelle/mécanique, etc.) et d'isolation acoustique des bâtiments

2015

Stage post-diplôme

Lieu : Laboratoire I2M (Institut de Mécanique et d'Ingénierie-Bordeaux)

Mission (6 mois) : Caractérisation expérimentale et modélisation numérique des performances thermiques (isolation, inertie, ventilation naturelle/mécanique, etc.) et d'isolation acoustique des prototypes SDE2014 (Projet Solar Decathlon Europe 2014)

2014

Double Diplôme d'Ingénierie du Bâtiment et Architecture, Maitrise en cycle unique en Génie Civile et Architecture, appartenant à la classe des Diplômes en Génie Civile et de l'Environnement

Université : Université des études de la Basilicate (Italie)

2004-2014

Collaborateur occasionnel

Lieu : ERGON entreprise de construction, Matera (Italie)

Mission : Aide à la conception des bâtiments

COMPÉTENCES INFORMATIQUES	LANGUES
Systèmes d'exploitation : Windows, Linux Bureautiques : Office Langages de programmation : Python, Matlab, Fortran CAO : Catia, Autocad, Archicad, Sketchup, 3dsMax, Revit, Alcyone Codes éléments finis : Ansys, SAP Simulation thermique dynamique : Energyplus, Trnsys, Pleiades+Comfie Applications d'imagerie : Photoshop, Lightroom	Italien : langue maternelle Français : B2 Anglais : B2 (IELTS, note: 6.5) Espagnol : B2

Conception et optimisation multi-échelle de composites à base de liège pour la structure de support d'une unité de puissance auxiliaire

Marco DELUCIA – Arts et Métiers ParisTech – Laboratoire I2M (Bordeaux)

La mise en place d'une méthodologie de conception/optimisation multi-échelle et multi-physique adaptée aux matériaux composites à base de liège et la compréhension des principaux mécanismes physiques impliqués dans le comportement du matériau sont les principaux objectifs de ce projet de thèse intitulé « Conception et optimisation multi-échelle de composites à base de liège pour la structure de support d'une unité de puissance auxiliaire ». Le but est de concevoir une stratégie générale visant à optimiser tout type de paramètre intervenant à toute échelle caractéristique du problème. La méthodologie proposée ne fera pas appel à des hypothèses simplificatrices et intégrera les spécificités du procédé de fabrication du liège dès les étapes préliminaires du processus de conception. Tout d'abord, une analyse bibliographique a été réalisée concernant le liège, les composites à base de liège [1,2] et les méthodes permettant de prédire le comportement physique des agglomérés à partir de la connaissance des propriétés de ses composants.

Un modèle 2D (Fig. 1a) ainsi qu'un modèle 3D aux éléments finis (Fig. 2b) basés sur l'algorithme de tessellation de Voronoi ont été développés et la technique d'homogénéisation de l'énergie de déformation a été utilisée pour les deux modèles afin de déterminer les propriétés élastiques et thermiques des composites à base de liège. Dans ces modèles, les paramètres définissant le volume élémentaire représentatif sont les suivants : la forme du grain de liège, l'orientation, les propriétés élastiques et thermiques du liège et de la matrice, la fraction volumique des composants ainsi que les propriétés de l'interface grain/matrice.

En outre, il faut souligner que certains de ces paramètres, tels que les propriétés mécaniques du liège, le nombre, la taille et la répartition des pores dans l'aggloméré, présentent une grande variabilité.

En particulier, la variabilité de la densité, de la porosité et de la composition chimique de l'écorce externe du *Quercus Suber L.* (fortement influencée par la localisation géographique de production du liège) explique la variabilité naturelle des propriétés mécaniques et thermiques du liège. Par conséquent, cet aspect revêt une importance capitale lors de la modélisation et de la conception de structures composites à base de liège.

Pour cette raison, la variabilité des propriétés mentionnées ci-dessus a été introduite dans le modèle aux éléments finis par une fonction de

densité de probabilité appropriée [3]. Plus précisément, la méthode de Monte Carlo a été utilisée pour étudier l'effet de la variabilité des entrées du modèle sur le comportement thermo-élastique équivalent de l'agglomérat à base de liège à l'échelle macroscopique [4]. Le résultat de l'analyse a été interprété de manière statistique: la probabilité de chaque quantité produite dépend des probabilités d'entrée et de leurs corrélations.

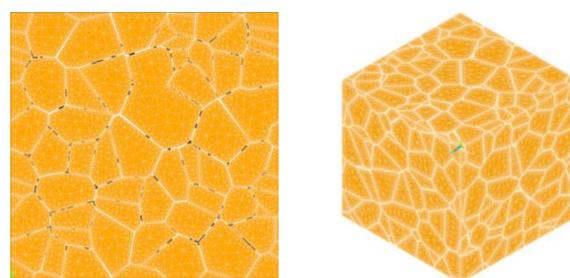


Fig. 1. Le modèle 2D (a) et 3D (b) aux éléments finis du volume élémentaire représentatif

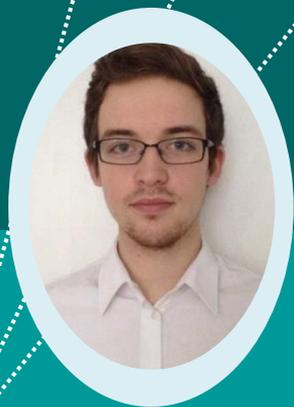
Le modèle, une fois achevé en tenant compte des phénomènes physiques les plus importants et de l'influence du procédé de fabrication, permettra de simuler le comportement des composites et de les concevoir en fonction des performances finales. L'efficacité de la méthode sera validée sur une application du domaine aéronautique (i.e. sur la conception de la structure d'entrée d'air de l'unité de puissance auxiliaire). Les nombreuses visites effectuées chez la société liège HPK et les échanges d'informations qui ont suivi ont permis de mieux comprendre le procédé de fabrication et les nombreuses variables impliquées dans la production des agglomérés à base de liège.

Références

- [1] H. Pereira, « Cork: Biology, Production and Uses », 2007.
- [2] R.T. Jardim, F.A.O. Fernandes, A.B. Pereira, and R.J. Alves de Sousa. « Static and Dynamic mechanical response of different cork agglomerates », *Materials & Design*, Vol. 68, pp.121-126, 2015.
- [3] W. Oberkampf, S. DeLand, B. Rutherford, K. Diegert, K. Alvin, K., « A new methodology for the estimation of total uncertainty in computational simulation », in : *Proceedings of the 40th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Conference*, pp. 3061–3083, 1999.
- [4] S. Lee, J. Jin, K. Kang, « Probabilistic analysis for mechanical properties of glass/epoxy composites using homogenization method and Monte Carlo simulation », *Renewable Energy*, Vol. 65, pp. 219-226, 2014.

DI LORETO CÉDRIC

— Curriculum vitae —



CURRICULUM VITAE

COMPÉTENCES

Humaines

- **Curiosité scientifique** •
- **Esprit d'analyse** •
- **Force de propositions** •
- **Détermination** •

Langues

- **Anglais** • TOEIC : 855 pts •
- Oral/Écrit : Avancé
- **Allemand** •
- Oral/Écrit : Avancé

Informatique

- **Unity3D** • **Moteur de jeu** •
- ★★★★★
- **VS** • **Programmation** •
- ★★★★★
- **Catia** • **CAO** •
- ★★★★★
- **Autres** • **Matlab, Maple, suite Office** ...

INFORMATIONS

19 Grande rue 60510
Rémérangles, France

Téléphone : +33 611292236

E-mail :
cedric.di.loreto@ensam.eu

Date de naissance :
24/06/1995

Nationalité : Française

FORMATION

- **2017 –2020** • **Institut Image & IBHGC** • *Chalon-sur-Saône-Paris,*

Thèse intitulée : « Évaluation cognitive personnalisée pour la sécurité des occupants du véhicule autonome. Étude des interactions entre réalité virtuelle et sollicitations dynamiques réelles. »

Contrôle de système dynamique, essais sur volontaires, analyse de données, simulation d'environnements virtuels

Monitorat : analyse (cursus FIP), automatique continue (cursus N+I) et automatique discrète (cursus FITE)

- **2016 –2017** • **Institut Image & Arts et Métiers** • *Chalon-sur-Saône,*

Double diplôme et master recherche en Réalité Virtuelle : Programmation et Unity3D, perception, cognition, méthodologie de recherche, techniques de réalité virtuelle ...

- **2014 –2016** • **Arts et Métiers** • *Lille,*

École d'ingénieur : CAO, mécanique, transmission de puissance, organisation industrielle

EXPERIENCES PROFESSIONNELLES

- **Février 2017 – Août 2017** • **Enedis – Institut Image** •

Stage de master recherche

Projet financé par Enedis. Conception et réalisation d'un simulateur en réalité mixte permettant la mise en situation de travail en hauteur. Étude autour des phénomènes de présence et d'anxiété en environnement virtuel.

Publications dans les conférences IGRV/J-RV 2017 (nationale) et IEEE VR 2018

(internationale). Représentant de la région Bourgogne aux Smart Grids Awards 2017, concours d'innovation ENEDIS dans le cadre du salon VivaTech 2017.

- **Juin 2015 – Août 2015 / Décembre 2015 / Juillet 2016 – Août 2016** • **Lactalis** •

CDD - Étuviste

Laiterie du site de Clermont. Contrôle de stérilité d'échantillons de lait par pH-métrie et colorimétrie, avant libération des produits vers la distribution.

- **Février 2015 – Mars 2015** • **BASF** •

Stage opérateur

Opérateur dans un atelier de résines acryliques SEVESO II.

ASSOCIATIONS

- **La main à la pâte 2014** • Assistant de professeur pour une classe de Cm1/Cm2
- **WOOFF Italia Aout 2017** • Sappanico, Woofing

LOISIRS

SPORT

- **Course à pied** • 2010-2017 • Marathon de Paris 2016



Évaluation cognitive personnalisée pour la sécurité des occupants du véhicule autonome. Étude des interactions entre réalité virtuelle et sollicitations dynamiques réelles

Cédric DI LORETO – Arts et Métiers ParisTech – Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak - Institut Image

Les systèmes de sécurité passive des véhicules automobiles sont traditionnellement testés à l'aide de mannequins de chocs. Cependant, la nécessaire normalisation de ces essais ne permet pas de transcrire les diversités comportementales, de position et de morphologie des occupants. De plus, l'arrivée prochaine de véhicules autonomes induit de nouvelles questions quant à la sécurité de leurs occupants. À terme, il est déjà envisagé qu'ils puissent réaliser diverses activités lors de leurs trajets, ce qui augmente considérablement le champ des possibles en termes de positions et de comportements des passagers lors d'une collision. Le schéma-type accidentel va alors en être changé et les systèmes de sécurité désignés pour des situations standardisées peut alors être remis en cause [1]. En particulier, les paramètres comportementaux seront à prendre en considération lors de la conception des nouveaux systèmes de sécurité. L'objectif ici est de proposer une méthode d'étude de l'influence des paramètres cognitifs sur la cinématique des occupants d'un véhicule. Pour cela, la réalité virtuelle nous apparaît comme un outil de choix : elle permet de changer l'environnement visuel d'une expérience sans exposer quiconque au moindre danger.

L'objectif de ce projet est de mieux comprendre le comportement et la position des occupants de véhicules lors d'une manœuvre automatique imprévue (comme un freinage d'urgence automatique) en utilisant la réalité virtuelle, pour à terme proposer des modalités d'interactions homme-véhicule de prévention judicieuses. En conjuguant une exploration cognitive personnalisée à l'utilisation d'un environnement dynamique réel dans un environnement virtuel contrôlé, il sera possible d'étudier une grande variété de configurations et d'identifier de nouveaux paramètres de risques, afin d'améliorer la sécurité des futurs usagers de véhicules autonomes. Pour que cette exploration se fasse en cohérence avec des comportements naturels en environnements réels, la perception dans le système simulé doit être évaluée et testée par des modifications des afférences multisensorielles (visuelles, vestibulaires, haptiques et auditives). Également, l'interaction entre les paramètres de simulation et les différents paramètres cognitifs influençant la cinématique des passagers fera l'objet d'une investigation.

Pour ce faire, un état de l'art a été réalisé et a permis de dégager les pistes d'étude. Lors de la première année, nous nous sommes concentrés sur deux facteurs proposés : l'état émotionnel et la perception de vitesse. Nous avons pu montrer par expérimentations que ces deux paramètres influençaient la dynamique tête/cou des sujets : un sujet stressé a une dynamique moindre qu'un sujet dans un état émotionnel neutre. La perception de vitesse modifie la distribution de cette dynamique.

Lors d'un échange avec le Centre for Automotive Safety Research (CASR) nous avons pu expérimenter l'influence de la modalité de freinage ainsi que de la position initiale du passager sur sa réponse dynamique. Un freinage automatique d'urgence ainsi qu'un freinage s'apparentant à celui d'un homme ont été testés. L'ont également été trois différentes positions : regard vers l'avant, regard vers le conducteur ou regard sur le téléphone. Nous avons pu dégager des différences significatives entre ces conditions, s'expliquant à la fois par des paramètres cognitifs (vision sur la route, audition) que mécanique (différences entre les positions).

Les travaux actuels se concentrent sur la réplique de ces tests dans un simulateur de conduite dynamique composé d'un écran cylindrique monté sur une plateforme Stewart (Figure 1). Des essais sont prévus sous peu et devraient permettre de savoir si l'on peut légitimement comparer des résultats d'expériences semblables issues de simulations réelles ou virtuelles.



Figure 1. SAAM: hexapod driving

Références

- [1] Subit D., Vezin P., Laporte S., & Sandoz B. "Will automated driving technologies make today's effective restraint systems obsolete?" *American Journal of Public Health*, 107(10), 1590–1592, 2017.



Tom DUCHEMIN

tom.duchemin@cnam.fr / tduchemin@gmail.com

Le Cnam, Laboratoire MESuRS, 292 rue Saint-Martin, 75003 Paris.

Malakoff médéric humanis, 21 rue Laffitte, 75009 Paris.

Langues

Français
Anglais (TOEIC :
834/900)
Allemand (notions)

Outils & langages

Statistiques/Data
Science :
R (++), Python (+),
SAS, Matlab.
Infrastructures/en-
vironnement :
Dataiku DSS, Spark,
Hive.
Divers :
Pack Office (Excel,
PowerPoint), LaTeX,

Enseignement

- *Outils statistiques pour le marketing* (12h), Le Cnam 2018-2019
- *Outils en statistiques pour la santé-sécurité au travail et l'environnement* (8h), Le Cnam, 2019
- *Ouverture aux études scientifiques (tutorat en lycée en ZEP)*, Association Tremplin, 2015-2016.

Expérience professionnelle

malakoff médéric humanis | Le Cnam – Data Scientist/Statisticien (doctorant CIFRE)

Novembre 2017 – aujourd'hui | Paris

- Mise en place d'outils pour le monitoring des arrêts maladie à destination des entreprises (modèles prédictifs pour la surveillance et la détection d'anomalie d'absence, construction de benchmarks « intelligents »)
- Etude des facteurs déterminants des arrêts maladie sur des données d'enquête et administrative ;
- Interventions sur des projets innovation et santé au travail en tant qu'expert data.

Amgen France – Analyste statisticien/Economiste de la santé (alternance)

Juin 2016– Octobre 2017 | Boulogne-Billancourt

- Analyses statistiques et économiques : adaptation de modèles statistiques (modèles de Markov) pour analyses coût-efficacité et d'impact budgétaire pour des dossiers réglementaires, rédaction des rapports méthodologiques et économiques.
- Suivi de projet pour la génération de données ; traitement statistique et gestion de ces données.

INRA Toulouse – Statisticien (alternance)

Mai 2015– Septembre 2015 | Toulouse

- Revue de littérature systématique pour la construction d'une base exhaustive sur les traits de vie d'un parasite du mouton. Etude de la base par une méta-analyse.

Formation

Doctorat en Statistiques appliquées (mention « Sécurité sanitaire »)

Le Cnam, école doctorale *Sciences des Métiers de l'ingénieur*, 2017 - ... | Paris

Sujet de thèse : Modélisation statistique et surveillance des données d'arrêt maladie (sous la direction de Mounia N. HOCINE)

Ingénieur en Science des Données, option « Statistique et Apprentissage »

ENSAE, 2015-2017 | Malakoff

Master 1 en Statistique et économétrie, licence en économie et mathématiques, magistère d'économiste statisticien (2^{ème} année)

Toulouse School of Economics, 2013-2015 | Toulouse

Classe préparatoire B/L (Lettres et Sciences Sociales)

Lycée Blanche de Castille, 2011 – 2013 | Nantes

Modélisation statistique et surveillance des données d'arrêt maladie

Tom DUCHEMIN – Le Cnam – Laboratoire MESuRS

La question des arrêts maladie est une question d'une actualité brûlante. D'un côté, l'Etat doit faire face à une augmentation des coûts liés aux arrêts maladie à cause, notamment, du vieillissement de la population ; de l'autre, les employeurs se préoccupent de plus en plus de la santé de leurs salariés et de nouveaux besoins surgissent pour comprendre les arrêts maladie. Des outils statistiques performants sont ainsi requis pour répondre à ces demandes et accompagner les chercheurs et décideurs intéressés par ces problématiques.

Les données d'arrêt maladie sont cependant des données complexes à étudier et le choix d'outil statistique adapté s'avère compliqué. Premièrement, les arrêts maladie sont un phénomène bidimensionnel : les arrêts peuvent être définis par leur fréquence (combien d'épisodes d'absence ?) et par leur durée (combien de jours d'absence ?) et ces deux dimensions peuvent être déterminés par des facteurs différents. Deuxièmement, ces données ont des propriétés statistiques compliquées puisqu'elles sont autocorrélées, censurées, surdispersées, concentrées en zéro, etc.

L'objectif de cette thèse est de proposer des outils statistiques appropriés pour comprendre les données d'arrêt maladie et en particulier : (1) d'identifier les déterminants des arrêts maladie au niveau individuel (en prenant en compte leur bidimensionnalité) et (2) de détecter des comportements anormaux au niveau des entreprises en proposant un modèle de surveillance inspiré des méthodes d'épidémiologie.

Modélisation des données d'absence

La première étape de ces travaux est d'identifier les différents facteurs déterminants des arrêts maladie grâce à l'utilisation d'outils statistiques adaptés. Une première étude, reposant sur des données d'enquête représentative de la population française, a permis de hiérarchiser, par une méthode de forêt aléatoire, les variables sociodémographiques, liées à la santé des salariés et liées à leur emploi permettant de déterminer les arrêts maladie en fonction de leur durée [1]. Les résultats montrent que les arrêts de moins de 3 jours sont principalement déterminés par des mécanismes sociodémographiques : les jeunes, les salariés de grandes entreprises et les habitants de régions urbaines comme l'Île de France ont tendance à avoir plus d'arrêts courts. Au contraire, les arrêts de plus d'un mois sont majoritairement déterminés

par des mécanismes de santé mais aussi par des mécanismes liés au contexte de travail : les salariés à la santé la plus fragile sont ceux qui ont des arrêts les plus longs, comme ceux un mauvais environnement de travail (autant du point de vue physique que du point de vue psychosocial).

Des études exploratoires analysent les salariés par des modèles multi-état (de structure Semi-Markovienne) afin de modéliser conjointement durée et fréquence d'arrêt [2] et montrent principalement que l'occurrence d'un arrêt dans le passé augmente fortement le risque d'un arrêt futur.

Surveillance des données d'absence

La seconde étape de ces travaux est d'élaborer un modèle de détection d'excès d'absence inspiré des algorithmes de détection des épidémies. L'objectif de ce modèle est de pouvoir déterminer des dérivées d'absence pouvant potentiellement être liés à des problématiques de santé au travail précises, comme l'exposition à des facteurs de risques psychosociaux ou des troubles musculosquelettiques. La particularité de ce modèle est de pouvoir étudier simultanément les données d'absence de plusieurs entreprises et repose sur la méthode de Farrington [3] adapté à ces données. L'étude conjointe de plusieurs entreprises nécessitent en effet l'utilisation d'outil adapté, comme des modèles linéaires généralisées à effet mixtes, afin de prendre en compte les particularités intrinsèques de chacune d'entre elles.

Références

- [1] Duchemin T., Bar-Hen A., Lounissi R., Dab W., Hocine M.N. *In press*. Hierarchizing determinants of sick leave: insights from a survey on health and wellbeing at the workplace. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*.
- [2] Duchemin T., Hocine M.N. Analysing sickness absence data using semi-Markov models. *XXIXth International Biometric Conference*, July 8-13, 2018, Barcelona, Spain.
- [3] Farrington C.P., Andrew N.J., Beale, A.D., Catchpole M.A (1996). A Statistical Algorithm for the Early Detection of Outbreak of Infectious Disease. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*.



Edouard DUCROUX

edouard.ducroux@ensam.eu

LaBoMaP / Rue Porte de Paris / Cluny

Arts et Métiers ParisTech

Langues

- Bilingue Anglais
- Notion d'espagnol

Compétences techniques

- Sciences des matériaux
- Conception de structures et machines
- Procédés de fabrication (fonderie, forge, fabrication additive)
- Modélisation des procédés d'usinage
- Logiciels :
Abaqus/Mathematica / Matlab
CAO/FAO (**CatiaV5/PTC Creo**)
Maîtrise du Pack Office
Maîtrise du Pack Iwork

Centres d'intérêts

- **Sports**
Natation à haut niveau et Basketball en loisir
- **Enseignement**
Aide scolaire du collège à la classe préparatoire
- **Entrepreneuriat**
Début d'un projet sur un système permettant de connecter un smartphone au réseau satellite.
- **Musique**
- **Œnologie**
Formation en œnologie

Formation

2017-2020: Doctorat en génie mécanique, **LaBoMaP**,
Analyse et développement d'un modèle généralisé du fraisage 5 axes à haute performance d'Inconel 718 issu de fabrication additive.

2016-2017: Master recherche **MAGIS**, Filière *Techniques de coupe innovantes et procédés d'usinage intelligents*, cursus suivi en langue anglaise.

2013-2017: Ingénieur diplômé des **Arts et Métiers Paritech**

2016: **Option Fabrication par usinage**

2017: **Option Matériaux et procédés**

2011-2013 : CPGE section Physique Science de l'Ingénieur

Expériences Professionnelles

2018 **Enseignement** (2ans et 6 mois) aux **Arts et Métiers Paritech de Cluny**.

Travaux réalisés : Enseignement en première année du cursus Ingénieur en usinage conventionnelle et technique de base de l'usinage.

2017 **Stage de fin d'études** (4 mois) au pôle Matériaux composites chez **AMRC Sheffield**.

Travaux réalisés : Mise en place d'un projet autour du fraisage (contournage) de panneaux en composite à fibre de carbone. Développement en parallèle d'une cellule d'essais et d'analyse automatisée.

2017 **Stage de recherche** (5 mois) au **Labomap de Cluny**.

Travaux réalisés : Analyse et optimisation des effets de l'assistance cryogénique sur le perçage du CFRP. Analyse de l'influence de l'orientation des fibres sur les efforts de coupe et l'état de surface.

2015 **Responsable des animations du Grand Gala de Cluny** (1 an).

Travaux réalisés : Mise en place de l'ensemble des animations de la soirée. Planning des animations, négociation des contrats, organisation des transports et des logements des artistes, installation des décors et des lumières, création des ambiances et du feu d'artifices. Gestion d'un budget total de 60 000 euros.

Analyse et développement d'un modèle généralisé du fraisage 5 axes à haute performance d'Inconel 718 issu de fabrication additive.

Edouard DUCROUX – Arts et Métiers ParisTech – LaBoMaP

Cette thèse est dans le cadre d'un contrat de collaboration scientifique entre le LaBoMaP et Ariane Group.

Afin de rendre les moteurs de fusée réutilisables, les parties les composant doivent supporter les températures et pressions au cours du décollage et donc être réalisées dans des matériaux résistants tels que l'Inconel 718. Ce matériau étant difficile à usiner, il faut limiter le volume de matière à usiner et donc s'approcher avant usinage au maximum de la forme finale de la pièce (Near Net Shape). C'est pourquoi l'utilisation de la fabrication additive DMLS (Direct Metal Laser Sintering) est un moyen d'obtenir une pièce avec un minimum de surépaisseurs d'usinage.

Cependant l'état de la matière après ce procédé est peu connu et il nécessite donc d'étudier l'usinabilité de ce matériau et les meilleures stratégies pour réaliser les veines fluides ouvertes d'un turbocompresseur de moteur de fusée illustrées en Fig. 1.

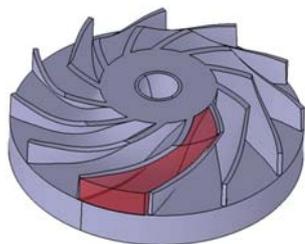


Fig. 1. Veine fluide ouverte d'un turbocompresseur

La première stratégie envisagée est d'ouvrir l'espace de la veine par usinage trochoïdale. Pour mieux comprendre la mécanique de la stratégie, une modélisation de la trajectoire et des efforts a été proposée.

Pour modéliser les efforts, une optimisation de la loi de [1] est choisie et définie pour un segment locale j de l'arête de coupe et une composante k de l'effort local par l'équation (1) :

$$f_{k,j} = K_{b,k}(1 + K_{h,k} \cdot h_j)(1 + K_{\lambda,k} \cdot \lambda_{s,j}) \quad (1)$$

Avec h l'épaisseur coupée du segment et λ_s l'angle d'hélice de l'outil. L'objectif est alors de modéliser le plus fidèlement l'outil car h et λ_s en découlent. Un scan surfacique de l'outil est réalisé pour mesurer sa géométrie au plus près du réel et chaque paramètre est modélisé : l'angle d'hélice λ_s , le rayon de bec R_e , le pas variable Ψ_Z et le faux rond R_{out} .

La trajectoire trochoïdale (Fig. 2) est alors donnée au centre outil et le mouvement de broche (rotation autour de son axe Z) à ce même outil.

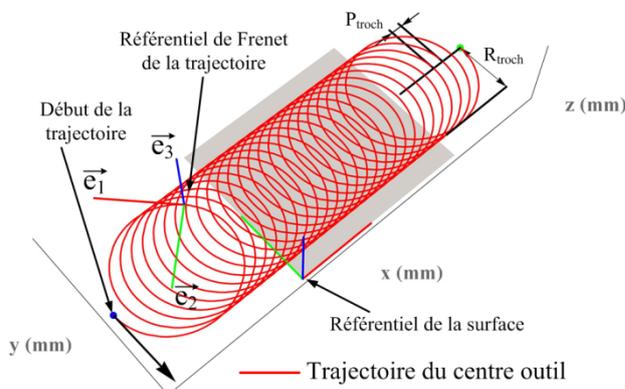


Fig. 2 Trajectoire trochoïdale du centre outil

Ainsi il est possible de déterminer l'engagement radial a_c de l'outil et l'épaisseur coupée h en tout point des arêtes de coupe. En utilisant (1), les efforts de coupe sont déterminés et présentés en Fig. 3.

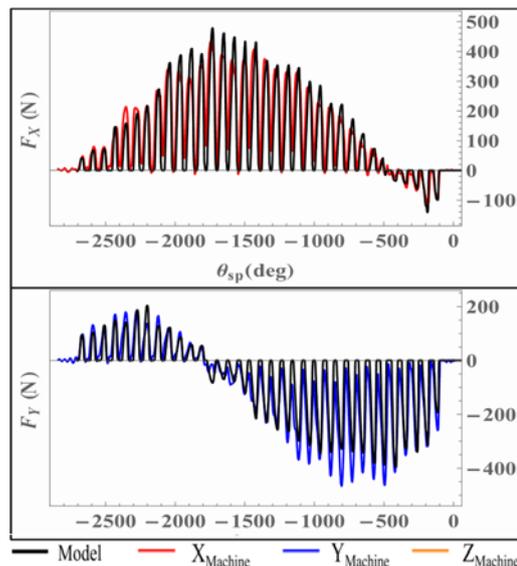


Fig. 3 Efforts de coupe mesurés et simulés

La suite de la thèse est alors d'améliorer le modèle et de le généraliser avec une trajectoire adaptative.

Références

- [1] E.J.A Armarego, C.Y Cheng, Drilling with flat rake face and conventional twist drills, Part 1, International Journal of Machine Tool Design and Research, Volume 12, Issue 1, Pages 17-35, 1972
- [2] Samet, H., 1990, Applications of Spatial Data Structure, Addison-Wesley, Reading, MA.



Lucas DUPERREX

lucas.duperrex@ensam.eu – lucas.duperrex@gmail.com

LEM3, 7 rue Félix Savart, 57070 METZ/ campus Metz

Arts et Métiers ParisTech

Au centre d'un partenariat tripartite avec :

CEA-LETI, 17 Avenue des Martyrs, CEDEX 9 38000 GRENOBLE

LYNRED, 364 Avenue de Valence, Actipole 38113 Veurey-Voroize

EXPERIENCE PROFESSIONNELLE

- Fev-2018 à fev-2021* **Ingénieur d'étude** en thermomécanique dans le domaine de la microélectronique (thèse CIFRE) : gestion de projet, caractérisation mécanique, caractérisation de planéité en cryogénie, caractérisation de contraintes par diffraction rayons X, simulations éléments-finis, conception de structures d'accommodation de contraintes thermomécaniques.
- 2017 (6 mois)* **Stage de fin d'étude, CEA-Leti** : sécurisation physique des puces électroniques. Gestion de projet, caractérisation mécanique, électrique et électronique, simulation élément finis mécanique et thermomécanique, conception et caractérisation d'outillage pour les essais mécanique, recherche de principe de solution complémentaire et préparation des dépôts de brevets associés.
- 2016 (2 mois)* **Stage ingénieur assistant, Géolithe** : test d'un nouveau logiciel éléments finis (Disroc) pour la stabilité des massifs rocheux fracturés. Prise en main du logiciel, rédaction d'un manuel d'utilisation, définition et réalisation d'essais de validité. Evaluation et critique de l'interface logicielle vis-à-vis du besoin des ingénieurs calcul
- 2013 (6 semaines)* **Stage ouvrier, Felisaz/Fixations Plum** : opérateur pour usinage de précision, montage de fixations, amélioration des outils d'aide au montage, contrôle qualité.
- 2011-2015* **Moniteur de ski de fond** à l'ESF de Chamonix et vacation d'entraîneur, guide d'aveugle.

FORMATION

Conception, calcul mécanique, éléments finis, représentation de produits, programmation, métrologie, mécanique des fluides, thermique, automatique, électricité, électronique.

- 2013 - 2017* INP ENSE3, sport-étude, filière **Ingénierie de produit** commune avec l'INP Génie Industriel
- 2011 - 2013* La **prépa des INP** (Prépa intégrée des écoles du réseau INP)
- 2007 - 2011* Baccalauréat général en pôle espoir Ski de fond, série S (mention Très Bien)

LANGUES

- **Anglais** : niveau B2 certifié.
- **Espagnol** : scolaire et 5 mois en Amérique du sud en 2015

Autres activités

- Guide d'un skieur de fond aveugle. (guide en compétition de 2013 à 2015 au sein de l'équipe de France, environ 100 journées d'entraînement communes par an, champion du monde par équipe en 2015).

Élaboration d'un substrat de contrainte et développement des méthodes associées pour la fabrication d'un détecteur infrarouge refroidi grand format pour les applications spatiales :

**Lucas Duperrex, Arts et Métiers ParisTech,
LEM3, Metz**

LYNRED, leader industriel européen en imagerie infrarouge refroidie, développe et commercialise des détecteurs infrarouges pour des applications spatiales, militaires et industrielles. Les circuits de détection (matrice de photodiodes) sont réalisés via des procédés microélectroniques appliqués sur matériaux semi-conducteurs monocristallins de type HgCdTe. Ils sont assemblés à l'échelle du pixel à des circuits de lecture en silicium par brasage à l'indium (hybridation).

Les deux matériaux assemblés (silicium et détecteur) présentent des coefficients de dilatation différents, ce qui complique la fabrication des capteurs et engendre des contraintes thermomécaniques apparaissant au refroidissement suite à l'opération d'assemblage et lors du fonctionnement du capteur à 77K. Afin de pallier ce problème, la solution consiste à amincir le capteur et le substrat, puis à les coller sur une semelle qui joue le rôle de substrat de contrainte du fait de son épaisseur importante au regard de celle du circuit de lecture.

L'association de couches n'ayant pas le même coefficient de dilatation peut également provoquer une déformation macroscopique (courbure) du plan focal, alors que sa planéité doit respecter des tolérances sévères pour les besoins optiques.

La technologie existante arrive en limite sur des applications grands détecteurs liées aux développements de l'astronomie et du spatial. Les travaux de thèse en cours permettent d'évaluer les limites de la structure actuelle par une approche croisée en simulations éléments-finis et caractérisations mécaniques : variation de planéité (interférométrie) et de contraintes (diffraction des rayons x) en fonction de la température.

La complexité de l'étude thermomécanique est en partie due à la plage de température à considérer (-200°C à 160°C) et également aux spécificités de la microélectronique. En effet, les propriétés des matériaux et les phénomènes physiques en jeu lors des nombreuses étapes de fabrication ne sont pas tous bien connus et compris [1]. Le comportement thermomécanique de l'objet est influencé par des phénomènes à l'échelle cristalline qui ont lieu lors de certains procédés.

Malgré ces incertitudes dans les données d'entrée, les simulations éléments-finis ont donné des résultats cohérents avec les mesures de planéité. Pour ce qui est des contraintes dans le CdHgTe, plusieurs phénomènes expliquent une forte variabilité d'un composant à l'autre. Mais les variations en fonction de la température sur la structure finale sont, d'après les premiers résultats existants [2], assez stables et cohérentes avec les simulations.

Deux nouveaux substrats de contrainte (dont la nature est confidentielle) ont été identifiés sur la base de simulations éléments-finis, la fabrication des démonstrateurs mécaniques associés est en cours. L'objectif est ensuite de les caractériser pour en confirmer la pertinence.

Références

- [1] A. Tuaz, 2017, « Investigations structurales haute-résolution de photodiodes infrarouges de nouvelle génération ».
- [2] A.-L. Lebaudy, 2018, « Analyse multi-échelles des déformations et contraintes au sein d'une matrice de détection infrarouge fonctionnant à 100K. Caractérisation expérimentale et numérique ».



Antoine DUPUIS

Ingénieur doctorant diplômé en Génie Mécanique

Laboratoire PIMM / Campus ENSAM Paris / Arts et Métiers ParisTech

151 boulevard de l'Hôpital 75013 PARIS

Email : antoine.dupuis@ensam.eu

antoine.dupuis94@gmail.com

RESUME

Diplômé en génie mécanique de l'UTC (Université de Technologie de Compiègne), j'ai décidé, suite à mon Projet de Fin d'Etudes au sein de l'entreprise OWENS CORNING (spécialiste de la fibre de verre dans le domaine des composites), de poursuivre mon parcours dans les domaines des Polymères et Composites et de la modélisation, afin d'approfondir mes connaissances. J'ai donc saisi l'opportunité donnée par FAURECIA (fabricant de composants et équipements automobiles), en collaboration avec le laboratoire PIMM de l'ENSAM Paris, de travailler sur la prédiction des retraits et déformations au refroidissement d'un thermoplastique injecté et renforcé par des fibres naturelles, via la simulation numérique du procédé.

EXPERIENCES PROFESSIONNELLES

Novembre 2017 – Aujourd'hui – **Thèse de doctorat CIFRE chez FAURECIA INTERIEUR INDUSTRIE en collaboration avec le laboratoire PIMM de l'ENSAM Paris**

Prédiction des retraits et déformations des pièces thermoplastiques injectées et renforcées par des fibres naturelles : optimisation sur des pièces de grandes dimensions en utilisant la simulation 3D.

Directeur de thèse : Pr Gilles REGNIER ; encadrant entreprise : Mr Jean-Jacques PESCE

Mots-clés : rhéologie, orientation des fibres, comportement viscoélastique, échanges thermiques

Février 2017 – juillet 2017 – **Projet de fin d'études génie mécanique chez OWENS CORNING**

Développement et modélisation d'une application SMC (Sheet Moulding Compound).

Mise en place d'une méthodologie de calcul permettant de designer des structures composites SMC ; modélisation par éléments finis par une approche progressive et corrélation numérique/expérimentale à l'échelle du coupon ; application de la loi de comportement matériau définie sur un cas industriel.

Août 2015 – février 2016 – **Stage assistant ingénieur chez NEU FRANCE (spécialiste du traitement de l'air industriel)**

Création de feuilles de calcul de descentes de charges et d'outils d'aide au dimensionnement; analyse des normes en vigueur pour l'installation de structures métalliques.

FORMATION

Septembre 2012 – septembre 2017 – **Université de Technologie de Compiègne**

Diplôme d'ingénieur, Ingénierie mécanique

Résistance des matériaux, mécanique vibratoire, modélisation géométrique, mécanique des solides déformables, méthode des éléments finis, mécanique des fluides, spécialisation dans les Matériaux & Innovations Technologiques (polymères, propriétés d'usage, comportement mécanique et mise en forme des matériaux)

Août – décembre 2016 – **Université de Montréal - École Polytechnique de Montréal**

Echange universitaire, Ingénierie mécanique

Matériaux composites, transmission de chaleur, turbomachines, gestion de la R&D et de l'innovation

Juillet 2012 – **Lycée Paul Hazard, Armentières**

Baccalauréat général série S, option mathématiques, section européenne anglais - Mention Très bien

LANGUES

Anglais : Score au TOEIC : 890

Espagnol : Niveau C1

Rheological characterization of thermoplastics reinforced with natural fibers for the simulation of injection mold filling

Antoine DUPUIS – FAURECIA INTERIORS –Arts et Métiers ParisTech– Laboratoire PIMM

In automotive industry, it is of prime importance to predict final dimensions of injected parts, mostly for components assembly matters. However, numerical simulations of parts shrinkage and warpage still remain a difficult task, despite the numerous studies led on the topic. Results accuracy in 3D, from commercial software, isn't always satisfying. First step of this simulation phase is a good modeling of injected material phase change. Physics of a thermoplastics polymer phase change is quite complex, and commercial simulation codes currently resort to a 'no-flow' temperature. For instance, this specific temperature is characterized by DSC experiments at a cooling rate of 20K/min in Moldflow® (AMI), and fixes the limit below which the polymer is defined as a solid. This simplified representation of the phenomenon does not take into account the influence of cooling rate, strain rate and pressure on this transition temperature. In this study, we propose a new criterion for polymer solidification during injection cycle. This criterion is based on a simple rheological characterization and DSC measurements, and aims to be easily implemented on simulation codes.

First, the viscosity behavior of a material reinforced with natural fibers is strongly dependent on fibers orientation [1]. During transient shear viscosity tests, a continuous increase with strain is observed. This phenomenon is linked to fibers reorientation during test, reinforced by the fact that natural fibers are polarized, contrary to PP matrix, facilitating the building of physical networks. In addition, natural fibers consist of fibrillar bundles, fostering separation and interaction during testing. Thus, the material of study shows a rheo-thinning behavior, coupled to an apparent yield stress at very low shear rates. For this rheological behavior, a modified Carreau-Yasuda model was used [2], with a term for yield stress (1). For temperature shift, Arrhenius law is used with a reference temperature of 150°C.

$$\eta(\dot{\gamma}) = \frac{\sigma_0}{\dot{\gamma}} + \eta_0(1 + (\lambda\dot{\gamma})^a)^{\frac{m-1}{a}} \quad (1)$$

For solidification criterion, the determination of transition temperature in injection molding depends on several factors. Firstly, the influence of cooling rates on crystallization onset temperature was characterized thanks to DSC measurements. It has been observed that the higher cooling rate, the lower crystallization onset, due to the lower time let to the material to crystallize. A natural logarithm relation was found with transition temperature.

Then, the dependence with shear rate was characterized by rotational rheometer, in continuous rotation and cooling mode. During this test, a sharp increase in viscosity is noticed from a specific temperature. This increase is attributed to the effect of crystallization on material viscosity. A logarithm relation was found between shear rate applied and this transition temperature, with an inverse effect than cooling rate, showing an increase in crystallization kinetic and reduction in induction time due to shear rate [3]. With the same test, an additional parameter was characterized, by drawing $\ln(\eta)$ with $1/T$ [K⁻¹]. The first slope of the curve corresponds to the activation energy from Arrhenius law, whereas the second slope $C(\dot{\gamma})$, after reaching the transition temperature, shows the effect of crystallization on material viscosity. With a logarithm relation, the higher shear rate, the higher this new parameter, proving an increase in crystallization kinetic due to shear rate applied.

For pressure effect on transition effect, PVT experiments were achieved in isobaric cooling mode. For different pressure levels, the beginning of sharp decrease in specific volume corresponds to the transition temperature. An increasing linear relation between pressure and transition temperature was found. At the end, transition temperature was expressed with dependence on cooling rate, shear rate, and pressure.

With the characterization of all these parameters and relations, a viscosity model with dependence on temperature, cooling and shear rates, pressure and crystallization effect was found (2), which is the base of a more accurate solidification criterion.

$$\ln(\eta) = \ln(\eta_{Carreau-Yasuda}) + \frac{C(\dot{\gamma})}{b} \ln\left(1 + e^{\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)^b}\right) \quad (2)$$

A good correlation was obtained with rheometer experiment results. Finally, for a precise prediction of injected parts shrinkage and warpage, it is first essential to estimate the volumetric shrinkage of this part, thanks to a good prediction of solidification time, which depends on polymer thermo-mechanical history during mold filling.

References

- [1] Twite-Kabamba E. et al., 2009, Polym. Compos., 30:1401–1407
- [2] Berzin F., 2001, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 80, 1243-1252
- [3] Fulchiron, R. et al., 2001, Journal of Macromolecular Science, Part B 40, 297–314



Elise Ferreira

Ingénieure en 3^{ème} année de doctorat Spécialisée en Matériaux et Procédés

EXPÉRIENCES PROFESSIONNELLES

CONTACT

26 ans
53 rue Perier, Montrouge
06 42 71 06 08
elise.ferreira91@gmail.com
Permis B

LANGUES

Anglais

Niveau avancé
2013 - TOEFL : 82
2013 - BULATS : C1

Espagnol

Niveau Baccalauréat

COMPÉTENCES

CAO / FAO :

CATIA, PTC Creo, TopSolid,
NC Simul

Simulation numérique :

COMSOL Multiphysics

Langages informatique :

Python, VBA Excel

Graphisme :

Inkscape, Gimp, Photoshop

Optimisation :

NextStep

Choix des matériaux :

CES Selector

CENTRES D'INTÉRÊT

Sports

Tennis, Badminton, Fitness

Voyages

Europe, USA, Asie

Culturel

Cinéma, lecture

JUIN 2016 - JUIN 2020 - 3 ANS

SAFRAN TECH

Thèse au sein de la plateforme Safran Additive Manufacturing, en collaboration avec le laboratoire PIMM (ENSAM, Paris) et le Centre des Matériaux (Mines ParisTech)

- Simulation numérique, instrumentation pour caractérisation de l'interaction laser/matière, études métallurgiques
- Manipulation de machines BeAM et de bancs d'essais
- Finaliste aux Safran Innovation Awards 2017
- Dépôt de deux demandes de brevet.

SEPT. - JUIN 2016 - 10 MOIS

SAFRAN TECH

Stage de fin d'études suivi d'un CDD au sein de la plateforme Safran Additive Manufacturing

- Étude paramétrique d'un procédé de fabrication additive par dépôt de poudre (LMD)
- Manipulation de machines BeAM et de moyens de caractérisation métallurgique
- Analyses statistiques de plans d'expérience

FÉV. - AOÛT 2015 - 6 MOIS

SAFRAN AIRCRAFT ENGINES

Stage ingénieur de deuxième année au sein du laboratoire Qualité Matériaux et Procédés

- Expertises de pièces aéronautiques soudées (faisceau d'électrons)
- Mise en place d'un programme VBA d'optimisation des expertises



FORMATIONS

SEPT. 2016 - JANV. 2017

UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE TROYES

Diplôme de Master *Technologie et Mécanique des Matériaux Avancés*

- Comportement, procédés d'élaboration et de mise en forme des matériaux
- Mécanique des matériaux, conception, CAO/CFAO, méthode des éléments finis, simulation numérique

SEPT. 2014 - FÉV. 2015

NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY

Semestre d'étude à Taïwan au sein du département Materials Sciences

- Bases de nanotechnologies, biomatériaux et biotechnologies
- Notions de Mandarin

SEPT. 2011- JANV. 2017

UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE TROYES

Diplôme d'ingénieur, spécialité *Matériaux Technologie et Économie, filière Transformation et Qualité de la Matière*

- Caractérisation, dimensionnement, mise en forme, traitement de surface et choix des matériaux métalliques, polymères et composites

Influence des régimes d'interaction laser/matière sur la stabilité et le rendement du procédé LMD

Elise FERREIRA – Arts et Métiers ParisTech, CNAM – Laboratoire PIMM

Le LMD, pour Laser Metal Deposition, est un procédé de fabrication additive par dépôt de poudre. Dérivé du rechargement laser, il consiste à faire passer simultanément des particules métalliques, des flux de gaz ainsi qu'un faisceau laser au travers d'une buse adaptée, de manière à former un dépôt de matière sur un substrat ou une pièce (fig. 1). De nos jours, le procédé LMD est de plus en plus utilisé pour la construction de pièces couches par couches, l'ajout de fonctions ou de revêtements sur pièces neuves, ou encore pour la réparation de pièces usées en service.

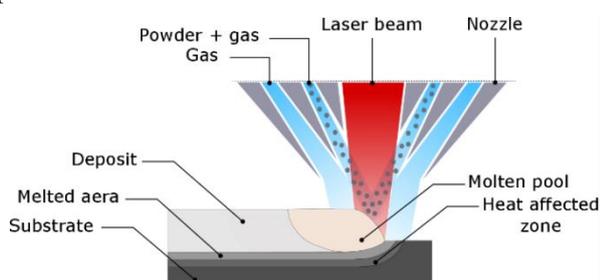


Figure 1 : principe du procédé LMD

L'une des difficultés principale de ce procédé est la large gamme de paramètres auquel il fait appel et qui régissent les dimensions, la stabilité et le rendement des dépôts réalisés. La méthodologie de mise en place de paramètres de fabrication étant alors extrêmement coûteuse en temps et moyens, de nombreuses études tentent de développer des modèles analytiques ou empiriques visant à prédire les dimensions géométriques des dépôts [1]. Ces modèles sont cependant limités à la machine et la buse étudiées et ne permettent donc pas leur transposition à une configuration de travail différente.

Cette étude cherche à améliorer les modèles existants par l'intégration de paramètres plus spécifiques aux machines, tels que le design des buses, les débits de gaz ou encore des caractéristiques du jet de poudre. En effet, de nombreuses études ont montré le lien entre la connaissance et la maîtrise du jet de poudre avec la prédiction de la géométrie de dépôt [2].

Dans cette étude, la caractérisation du jet de poudre et de ses flux de gaz est réalisée à partir d'un modèle numérique développé sur COMSOL Multiphysics. Considérant la forme conique des trois designs de buses étudiés et de manière à limiter les temps de calcul, des modèles 2D axisymétriques ont été réalisés, en se basant sur une

résolution à deux phases. Ainsi, la phase gazeuse est tout d'abord résolue par l'association des équations de Navier-Stokes avec un modèle de turbulence k- ϵ , puis la phase pulvérulente calcule les trajectoires des particules à partir des solutions de la phase gazeuse.

De manière à valider ces résultats, de multiples analyses expérimentales ont été développées et mises en place sur les 3 buses, afin de caractériser latéralement et coaxialement les jets de poudre obtenus. Après analyse d'image, ces essais ont permis de remonter à la structure du jet de poudre sur toute sa longueur, à savoir sa forme, son diamètre, sa densité surfacique de particules ou encore la vitesse de ses particules pour différentes conditions gazeuses.

La confrontation des données expérimentales et numériques (fig. 2) semble s'accorder et révèle alors l'influence du design de buse, du débit de poudre, des débits de gaz et de la nature des particules sur la structure du jet de poudre, la position de son plan focal, la vitesse de ses particules ou encore sa distribution surfacique de particules.

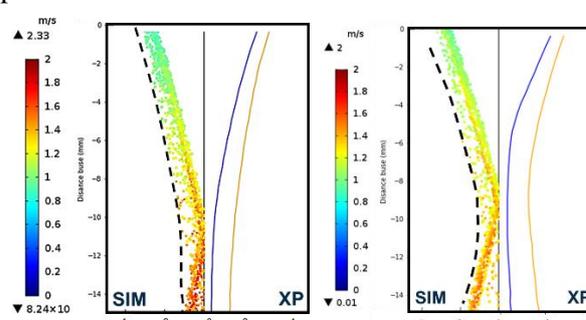


Figure 2 : comparaison des jets de poudre obtenu par simulation et expérimentalement

À partir de ces résultats, un plan d'expérience permettant de rendre compte de l'influence de ces paramètres sur la géométrie de dépôt a pu être mis en place et sera tout d'abord réalisé sur des géométries simples (des cordons), puis sur des géométries plus massives (cubes).

Références

- [1] Maisonneuve, J., 2008. Fabrication directe de pièces aéronautiques en ta6v et in718 : projection et fusion sélective par laser
- [2] Smurov, I., Doubenskaia, M., & Zaitsev, A., 2013. Comprehensive analysis of laser cladding by means of optical diagnostics and numerical simulation. Surface and Coatings Technology.



Giacinto Alberto FIORDILINO

giacinto_alberto.fiordilino@ensam.eu , giacinto.fiordilino@polito.it

I2M / Esplanade des Arts et Métiers, F-33400 Talence, France

Arts et Métiers ParisTech

DIMEAS / Corso Duca degli Abruzzi, 24, 10129 Torino, Italie

Politecnico di Torino

Formation universitaire

2017 - en cours



2013 - 2016



2010 - 2013



Doctorat en cotutelle: Ingénierie mécanique

Titre de la thèse: *'Conception et optimisation multi-échelle de composites à rigidité variable'*

Encadrants: M. Montemurro, E. Carrera et J.Pailhes

Sujets principaux de la thèse :

- Conception et d'optimisation de structures composites intégrant les exigences du processus de fabrication depuis les premières étapes de la stratégie de conception
- Modélisation multi-échelle de structures composites au moyen de théories d'ordre supérieur pour prédire le comportement de la structure à toutes les échelles
- Développement de modèles raffinés avec ordre réduit pour des économies de coûts de calcul

Master: Ingénierie aérospatiale

Certificat: Master of Science (M.Sc.)

Titre de la thèse : *'Global-local analysis of aircraft structures by variable kinematics models'*

Encadrants : E. Carrera et A. Pagani

Baccalauréat: Ingénierie aérospatiale

Certificat: Bachelor of Science (B.Sc.)

Titre de la thèse: *'Analysis of helicopter mechanical transmission performances'*

Encadrant: G. Jacazio

Expériences de travail

Juillet - Novembre 2016



Stage, Embraer S.A, Sao José dos Campos – Brésil

Sujets principaux :

- Théories de ordre basse et élevé pour les études de l'aile de benchmark Embraer dans la formulation unifiée proposée par Carrera
- Analyses linéarisées de flambage des structures renforcées en composite
- Analyse globale/locale par Eléments Finis avec cinématique dépendante des nœuds

Compétences informatiques

Office Suite	Microsoft Office
Langages de programmation	Python, Matlab, C, Fortran, Latex
CAD	Solidworks, CATIA
FEM	Patran/Nastran, Abaqus CAE, Femap, GMSH, Ansys APDL

Conception et optimisation multi-échelle de composites à rigidité variable

Giacinto Alberto FIORDILINO

Arts et Métiers ParisTech – I2M/IMC et Politecnico di Torino – DIMEAS

Introduction : Contexte de la thèse

Au cours des 30 dernières années, les matériaux composites ont été largement utilisés dans l'aéronautique et l'espace en raison des excellentes propriétés en termes de légèreté, de rigidité, de résistance statique et à la fatigue, la capacité de concevoir le matériau au besoin, etc. Deux facteurs sont identifiés, à la conférence annuelle 'Composite World' [1], comme cruciaux pour le futur marché des matériaux composites: le développement de techniques de fabrication modernes, plus rapides et plus efficaces et la recherche de solutions plus efficaces et plus fiables avec une tolérance accrue aux dommages. Aujourd'hui, la recherche est orientée vers des structures composites dont les propriétés (mécaniques, thermiques, etc.) varient localement, i.e. dans le sens du point. Ces composites innovants sont connus sous le nom : Composite à Rigidité Variable - CRV. Les principaux avantages de ces matériaux sont des performances supérieures par rapport aux solutions conventionnelles avec une réduction de poids significative. D'autre part, ils présentent des questions critiques comme: un processus de conception complexe qui représente un problème ouvert, évolution des dommages inconnue, aucun critère de tolérance aux dommages. C'est la nature de ce type de matériau qui augmente le niveau de complexité des différentes étapes du processus de conception: d'une part, l'hétérogénéité qui se produit à l'échelle microscopique (celle des constituants, en particulier la fibre et la matrice) et d'autre part, l'anisotropie se produisant aux échelles mésoscopique (pli) et macroscopique (structure). Compte tenu de ces aspects, on constate que le problème de la conception optimisée d'une structure composite est essentiellement un problème de conception à plusieurs échelles nécessitant une formalisation correcte et complète dès l'étape de la conception préliminaire. En outre, compte tenu de la complexité de la réponse mécanique du matériau et du grand nombre de variables de conception, l'optimisation du système est nécessaire.

Objectif de la thèse :

La thèse porte sur la généralisation et l'extension de la procédure multi-échelle à deux niveaux (MS2L) pour la conception optimale de structures

composites à fibres curvilignes (Variable Angle Tow - VAT) avec le développement d'une approche de modélisation globale / locale appropriée dans le cadre de la méthodologie de conception MS2L afin de saisir correctement (à chaque échelle pertinente) la réponse mécanique effective de la structure avec une réduction considérable du temps de calcul. En particulier, la méthode de conception et d'optimisation multi-échelle proposée [2] vise à optimiser simultanément les paramètres géométriques et mécaniques des stratifiés à chaque échelle caractéristique. Dans ce contexte, au premier niveau (échelle macroscopique), l'objectif est de trouver la valeur optimale des variables de conception géométrique et mécanique du stratifié en minimisant, par exemple, sa masse et en respectant l'ensemble des contraintes imposées. Le problème de deuxième niveau se concentre sur l'échelle mésoscopique et vise à trouver au moins une séquence d'empilage répondant aux paramètres géométriques et matériels fournis par le problème de premier niveau. Pour ce qui concerne, la modélisation globale / locale, repose sur l'utilisation d'outils de modélisation communs par éléments finis pour l'analyse globale et de théories structurelles d'ordre supérieur pour l'analyse de la région locale. Les modèles d'ordre supérieur sont basés sur la formulation unifiée (CUF) de Carrera [3], qui permet la mise en œuvre de modèles de basse à haute-fidélité pour les structures stratifiées. L'approche globale/locale proposée est intégrée dans la première étape de la ML2L et permet de réduire les coûts de calcul en améliorant la précision de la solution uniquement à proximité des régions d'intérêt.

Références

- [1] C. Red, Carbon fiber: Refiguring the supply/demand equation, Composites Worlds annual Carbon Fiber conference, Knoxville, TN, US, 2015.
- [2] Montemurro, M., Catapano, A., A general B-Spline surfaces theoretical framework for optimisation of variable angle-tow laminates. *Composite Structures*, 2019.
- [3] Carrera E., Cinefra M., Petrolo M., Zappino E., Finite element analysis of structures through unified formulation. John Wiley & Sons, 2014.

NOLWENN FOUGERON

Curriculum Vitae

FORMATION

• **2017 - 2020** • **Arts et Métiers & PROTEOR** • Paris,

Thèse CIFRE avec l'entreprise PROTEOR intitulée : « Modélisation personnalisée du membre résiduel des personnes amputées du membre inférieur pour la conception de l'emboîture » • Maîtriser la méthode des éléments finis, réaliser les acquisitions par imagerie ultrasonore, programmer l'optimisation de paramètres, mettre en place un protocole expérimental, simuler des comportements hyperélastiques ... •

Monitorat : statistiques et géométrie aux étudiants en apprentissage

• **2016 - 2017** • **Université Paris Descartes & Arts et Métiers** • Paris,

Double diplôme et master recherche en Biomécanique

Classement : 4/20

• **2014 - 2016** • **Arts et Métiers** • Lille,

École d'ingénieur en génie mécanique et industriel

Classement : 104/1260 - Médaille d'Argent

EXPÉRIENCES PROFESSIONNELLES

• **Février 2017 - Juin 2017** • **Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak** • Stage de master recherche

Projet financé par la Fondation de l'Avenir. Conception d'un modèle éléments finis personnalisé pour la prédiction des ulcères de pression de la zone pelvienne •

• **Juin 2016 - Août 2016** • **Léon Grosse** • Stage assistant ingénieur : Conducteur de travaux

Chantier ECOWEST Levallois-Perret. Gestion de la terrasse technique • Gérer l'avancement du chantier, commander le matériel, superviser les sous-traitants •

• **Février 2015 - Mars 2015** • **Toute démolition de cloison** • Stage opérateur

ASSOCIATIONS

• **La main à la pâte** • **2014** • Assistante de professeur pour une classe de Cm1/Cm2 - Thème : « La Terre et le Soleil »

• **TEDxArtsEtMétiers** • **2016** • Lille, Chargée de communication. Thème : « The Sky is the Limit »

• **WWOOF Italia** • **Août 2017** • Sappanico, Wwoofing

LOISIRS

SPORT

• **Gymnastique** • **2004-2009** • niveau: régionale, juge académique

INFORMATIONS

30 rue de la Révolution
94200, Ivry-sur-Seine
Téléphone : +33 770520579
E-mail :

Nolwenn.Fougeron@ensam.eu
Nolwenn.Fougeron@gadz.org

Date de naissance :
20/01/1994

Nationalité : Française

LinkedIn :
[linkedin.com/in/fnolwenn](https://www.linkedin.com/in/fnolwenn)

COMPÉTENCES

LANGUES

• **Anglais** • TOEIC 865 pts •

Oral/Écrit : Avancé

• **Allemand** •

Oral/Écrit : Notions

RELATIONNELLES

• **Curiosité** • **Pédagogie** •

Travail en équipe •

INFORMATIQUE

• **Catia/Fusion 360** • CAO

• **Matlab** • Calculs & Simulation

• **Ansys/Abaqus** • Modélisation & Simulation

• **Python** • Programmation

• **Autre** • Arduino, Geomagic, Meshmixer ...

Modélisation personnalisée du membre résiduel des personnes amputées du membre inférieur pour la conception de l'emboîture

Nolwenn FOUGERON – Arts et Métiers ParisTech – Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak

L'emboîture est la pièce de la prothèse qui enveloppe le membre résiduel de la personne amputée. Chez les personnes non amputées, l'emboîture a un rôle déterminant dans le transfert des efforts du sol au reste du corps. Des études ont révélé le lien entre l'inconfort, les douleurs et les blessures que subissent les personnes dans leurs emboîtures avec les efforts mis en jeu à l'interface entre l'emboîture et le membre résiduel [1]. Ces efforts étant néanmoins indispensables pour le contrôle de la prothèse, l'orthoprothésiste doit être à même de trouver le bon compromis entre confort et stabilité. Aujourd'hui des logiciels de rectification d'emboîtures sont proposés aux orthoprothésistes. Ces outils permettent, entre autres, de quantifier la rectification réalisée, cependant l'impact de la rectification sur les efforts à l'interface n'est lui jamais étudié. Dans le cadre de ce projet, nous souhaitons pouvoir estimer les contraintes d'interface entre l'emboîture et le membre résiduel, par la méthode des éléments finis afin de fournir à l'orthoprothésiste des données supplémentaires pour la rectification de l'emboîture.

Il s'agit ici de concevoir un modèle de l'ensemble membre résiduel/emboîture exploitable en routine clinique. Ces modèles demeurent rares, d'autant plus dans le cas des amputations fémorales [2], et ne sont pas en adéquation avec la pratique des orthoprothésistes. Concernant l'acquisition des données ; le coût, la complexité et le temps d'utilisation des systèmes d'imagerie classiques, comme les IRM ou les CT-scans, sont autant de freins au déploiement des outils de modélisation, sans parler du temps de segmentation des images, de l'irradiation causée par l'utilisation des rayons X et du temps des simulations. Des alternatives aux systèmes classiques d'imagerie ont ainsi vu le jour comme les échographes et les scanners optiques qui ont l'avantage d'être portables et simples d'utilisation.

Nous voulons établir la preuve de concept d'un processus de modélisation de l'ensemble membre résiduel/emboîture s'appuyant uniquement sur des systèmes d'acquisitions de données non invasifs, simples, rapides d'utilisation et bon marché, comme les échographes et les scanners optiques. Ainsi contrairement aux modèles déjà existants, notre projet apportera une solution cliniquement pertinente puisqu'exploitable par les orthoprothésistes.

Notre approche se décompose en trois parties. Il nous faut concevoir une méthode de personnalisation des conditions limites de notre modèle élément finis. Cela consiste à estimer la répartition des efforts dans l'emboîture entre les efforts de contact et les efforts musculaires. En vue de reconstruire la géométrie spécifique du membre résiduel d'un sujet, une part de ce projet sera focalisée sur la construction d'un modèle paramétrique de l'emboîture et du membre résiduel à partir de données issues de l'imagerie ultrasonore. La paramétrisation de la géométrie permet de réduire la complexité du modèle en vue de son application en contexte clinique. Nous avons également été amenés à concevoir une méthode d'indentification des paramètres matériaux. Pour se faire, des indentations locales sur la cuisse ont été réalisées avec la sonde ultrasonore, équipée au préalable d'un capteur d'effort. La sonde est utilisée afin de quantifier le déplacement des tissus mous sous-jacents. Ainsi avec les données d'effort et de déplacement, il est possible grâce à la méthode éléments finis inverse, de remonter aux propriétés matériaux des tissus mous. La sensibilité de la réponse mécanique aux effets morphologiques, tels que l'épaisseurs des tissus ou la contraction musculaire, a également été mise en évidence. Cette étude illustre ainsi l'importance des effets morphologiques à l'aune des paramètres matériaux.

Les acquisitions de données pour la construction et la validation du modèle seront réalisées sur cinq sujets amputés transfémoraux dans le but d'éprouver le processus de personnalisation.

En définitive, ce projet vise à parfaire la technique et l'expertise de l'orthoprothésiste à l'aide d'outils d'analyse. À cette fin, un modèle élément finis de l'ensemble membre résiduel/emboîture, personnalisable et exploitable dans un contexte clinique, est en construction.

Références

- [1] W. C. C. Lee, M. Zhang, and A. F. T. Mak, "Regional differences in pain threshold and tolerance of the transtibial residual limb: Including the effects of age and interface material," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 86, no. 4, pp. 641–649, Apr. 2005.
- [2] A. S. Dickinson, J. W. Steer, and P. R. Worsley, "Finite element analysis of the amputated lower limb: A systematic review and recommendations," *Med. Eng. Phys.*, vol. 43, pp. 1–18, 2017.

EXPÉRIENCES PROFESSIONNELLES

- 2017 – 2019 Doctorant – Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers
(Novembre - Juillet) Cluny – Saône et Loire (71)
- Contrat doctoral. Sujet : Modélisation des propriétés mécaniques de panneaux de LVL de gros bois de douglas intégrant les données sylvicoles et les paramètres du procédé de déroulage
- 2016 – 2017 Technicien, Développement de produit –AMVALOR
(Novembre - Juillet) Cluny – Saône et Loire (71)
- CDD. Missions : Développement de carrelot de menuiserie innovant pour le Groupe DUCERF. Recherche sur les problèmes de délaminations. Développement de modèle numérique (CAST3M et VBA).
- 2016 Recherche et développement – PI CONCEPTION
(Février - Juillet) Clermont Ferrand – Puy de dôme (63)
- Stage de fin d'étude. Missions : Développement d'une méthode de dimensionnement de matériaux composite à base de bois. Amélioration de la méthode de l'annexe B de l'Eurocode 5. Analyse fine du CLT.
- 2015 Technicien, projeteur – Environnement-bois
(Juin - Août) Mudaison – Hérault (34)
- Stage assistant ingénieur. Missions : Création d'un carnet de détails techniques, de variante et de mode graphique sur le logiciel CADWORK.

FORMATION

- 2016 Diplôme de formateur CADWORK
- 2013 – 2016 Ecole d'Ingénieur
Epinal – Vosges (88)
ENSTIB (Ecole Nationale Supérieure des Technologies et Industrie du Bois)
- 2011 – 2013 Classe Préparatoire Grandes Ecoles de Technologie et Sciences de l'Industrielles
Alès – Gard (30)
Lycée Jean Baptiste Dumas
- 2011 Baccalauréat Science et Technologies Industrielles
Montpellier -Hérault (34)
Lycée Jean Mermoz
Génie Energétique, spécialisation dans la fluide et thermique du bâtiment

LANGUES ÉTRANGÈRES & COMPÉTENCES

LANGUES :	Français	Anglais	Espagnol
-----------	----------	---------	----------

	-----	-----	-----
	Langue Maternelle	Courant	Débutant

INFORMATIQUE : Maitrise de la suite logicielle OFFICE (Word, Excel, Powerpoint), de logiciel de modélisation 2D/3D (CadWork, Autodesk, Inventor, Solid Works), de logiciel de simulation (ACORD-BAT, MD-BAT, Proteus, ISIS, PSIM) et de programmation (VB6, VBA, Python).

Contexte et objectif

Le déroulage du bois se distingue des procédés d'usinage courants puisque le produit est le copeau. La qualité du placage dépend de la nature du bois et des paramètres du procédé (température du billon, réglages de la machine, affûtage des outils, ...). L'étuvage des billons est une étape souvent nécessaire pour obtenir un placage de bonne qualité (état de surface, fissuration, ...). Elle consiste à chauffer le bois jusqu'à des valeurs cibles permettant de fabriquer un copeau en limitant son endommagement. L'objectif de cette étude est de déterminer le temps d'étuvage optimal afin que la température cible soit atteinte au cœur du billon.

Matériel et méthode

Le déroulage de placages de bonne qualité impose que l'humidité du bois soit bien au-dessus du point de saturation des fibres (PSF). La modélisation du comportement thermique du matériau bois a été abordée dans la littérature par différents auteurs [1, 2, 3, 4, 5] mais aucun ne présente de modèle avec de l'eau libre contenue dans les lumens des cellules ce qui le cas dans la majorité des cas réels de chauffe. Les modèles de Maku [3] et Kollman [4, 5] ont été adaptés en ajoutant de l'eau libre dans les lumens des cellules afin de déterminer la diffusivité équivalente du matériau bois à une humidité donnée (au-dessus du PSF). 22 billons de douglas de diamètres et longueurs différents ont été chauffés à différentes températures. La diffusivité de chaque billon a été déterminée par calage des courbes expérimentales avec le modèle analytique simplifié. La figure 1 (image de (Wheeler [6])) représente les modes principaux de transmission de chaleur, le cas (a) concerne la conductivité dans le sens parallèle aux trachéides ou aux rayons ligneux et le cas (b) représente la conductivité dans le sens transversal aux trachéides.

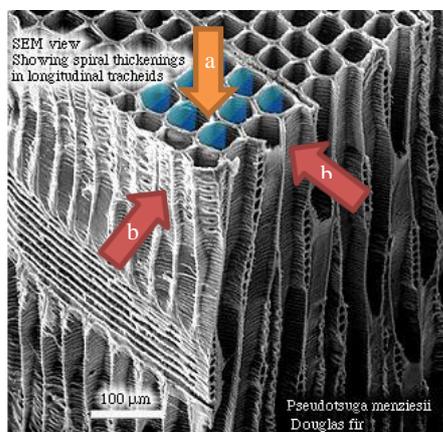


Fig. 1 : Direction principale des flux thermiques

Résultats et discussion

En se basant sur le modèle de diffusivité développé (modèle dérivé de celui de Kollman), il est possible de déterminer la diffusivité radiale du billon en fonction de son humidité et de sa masse volumique. Augmenter l'humidité a tendance à diminuer la diffusivité jusqu'à atteindre un minima ($\approx 30\%$ de volume d'air par rapport au volume total d'une cellule), puis cette dernière augmente jusqu'à ce que les lumens soient saturés en eau libre.

Conclusion et perspective

Cette campagne expérimentale a permis de déterminer les diffusivités de chaque billon à partir des mesures de l'évolution de la température et d'un modèle analytique simplifié. La figure 2 montre la moyenne de la diffusivité radiale pour les billons de douglas. La moyenne de la diffusivité est égale à 577 mm^2/s

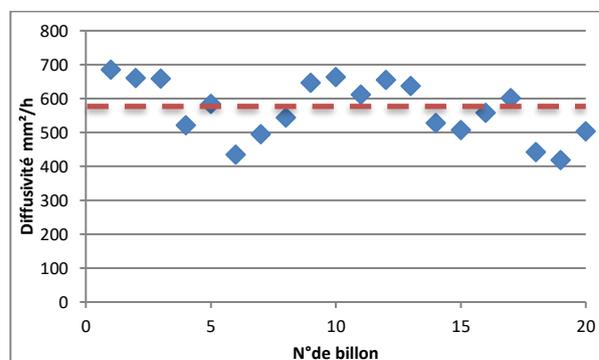


Fig. 2 : Diffusivité des billons de douglas relevé

La diffusivité peut être évaluée via le modèle développé ce qui permet de déduire la durée de chauffe pour atteindre une température cible au cœur du billon. Cette durée peut donc être optimisée en l'adaptant en fonction de la production industrielle (diamètre maximum, humidité moyenne, essence, ...).

Références

- [1] MacLean J. D. (1941) « Thermal conductivity of wood », ASHVE Transactions 47: 323.
- [2] MacLean J. D. (1946) « Rate of temperature change in short-length round timbers », US Department of Agriculture, Forest Service.
- [3] Maku T. (1954), « Studies on the Heat Conduction in Wood ».
- [4] Kollmann F., Malmquist L. (1956) « Über die Wärmeleitfähigkeit von Holz und Holzwerkstoffen », Holz als Roh- und Werkstoff 14 (6): 201–204.
- [5] Côté W., Kollmann F. (1968) « Principles of wood science and technology », vol. 1. Berlin: Springer-Verlag.
- [6] Wheeler E. (2015). « Softwood Anatomy and Properties ».

Pascal Gambette

Pascal.gambette@cnam.fr

Laboratoire commun de métrologie LNE-Cnam

61 rue du Landy 93210 La Plaine St Denis France

Cnam

EXPERIENCE PROFESSIONNELLE

De juin 2016 à maintenant

Stagiaire - Laboratoire Commun de Métrologie LNE-Cnam – (*Laboratoire national de recherche en métrologie*)**Préparation d'une thèse de doctorat :**

- Etude et réalisation d'un étalon quantique de pression (étendue de mesure : 200 Pa à 20 kPa)

Préparation d'un mémoire d'ingénieur spécialité mesure-analyse instrumentation qualité :

- Caractérisation de la fonction nano-résolution d'un étalon de pression

2008 / avril 2016

Ingénieur R&D –*DH-DESRANGES et HUOT - Conception et fabrication de matériel de métrologie*
–*DH-BUDENBERG S.A. - Conception et fabrication de matériel de métrologie*

2008 / 2008

Ingénieur R&D –*Sté LEA - Conception, fabrication de matériel de télécommunication***Compétences**

- Métrologie (pressions, température)
- Conception électronique (analogique, numérique)
- Programmation (assembleur, C, C++, Matlab, Labview)
- Conduite d'équipes (2 à 3 personnes)
- Coordination de plusieurs services (Achat, CAO, méthode, fabrication)
- Estimation et suivi des budgets
- Gestion de projets dans le respect des délais, des coûts et de la qualité des produits

DIPLÔMES

- 2017 - Ingénieur CNAM, spécialité mesure-analyse, option instrumentation qualité
- 2014 - Ingénieur CNAM spécialité systèmes électroniques

LANGUES

- Anglais : Bulats niveau 3

Vers un étalon quantique pour des mesures de pression absolue dans une gamme allant de 200 Pa à 20 kPa basé sur une cavité hyperfréquence supraconductrice

Pascal Gambette – Cnam – LCM-LNE Cnam, 61 rue du Landy, F93210 La Plaine-St Denis, France

Introduction :

La mesure de pression de grande exactitude est essentielle dans de nombreux secteurs de la science et de l'industrie. Il existe actuellement une forte demande d'étalons de pression pour remplacer les manomètres à colonne de mercure dont l'utilisation est proscrite pour des raisons environnementales. L'exactitude nécessite que les mesures soient traçables à un étalon primaire, par exemple une balance à piston. En thermométrie à gaz à indice de réfraction, en mesurant l'indice de réfraction n à une pression connue p , on peut en déduire la température T . Ici, nous mesurons l'indice de réfraction n et la température T pour en déduire la pression p . La fonction $n(p, T)$ est exprimée par une équation du viriel dont les coefficients sont déterminés soit expérimentalement, soit, dans le cas de l'hélium-4, par calcul *ab initio* [1]. La valeur de l'indice de réfraction n est mesurée au moyen d'une cavité résonante micro-onde [2]. Le décalage de la fréquence de résonance de la cavité micro-onde lorsque celle-ci est rempli de gaz comparé à sa valeur lorsqu'elle est tirée au vide permet de déterminer la valeur de l'indice de réfraction du gaz. La résolution en fréquence varie avec l'inverse du facteur de qualité Q du résonateur. Le facteur de qualité est lui-même déterminé par la rugosité et la conductivité électrique de la surface intérieure de la cavité. Les résonateurs en cuivre massif utilisés jusqu'ici donnent $Q \approx 2 \times 10^4$. L'utilisation d'une surface interne supraconductrice doit permettre d'augmenter ce facteur de deux ordres de grandeur [3]. L'exactitude de l'appareil doit ainsi dépasser celle des meilleurs étalons dans la plage de 200 Pa à 20 kPa.

Premiers résultats expérimentaux :

Une cavité micro-onde en cuivre muni d'un revêtement supraconducteur en niobium a été réalisé afin de valider le principe de la mesure. L'ensemble a ensuite été placé dans un cryostat régulé en température. Les premières mesures ont porté sur le comportement de la cavité micro-onde autour de 9,2 K. Cette température correspond à la température de transition supraconductrice du niobium (*cf.* Figure 1). Un facteur de qualité de $Q \approx 1,4 \times 10^6$ a ainsi été mesuré à une fréquence de 5 GHz et une température de 5.1 K.

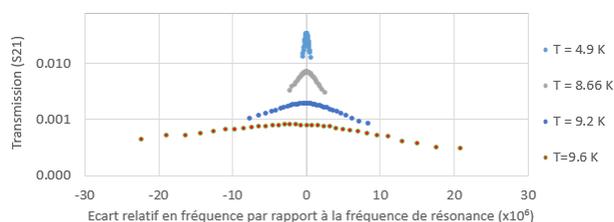


Figure 1. Mesures expérimentales de l'effet de la supraconductivité sur la fréquence de résonance. Le coefficient S_{21} est le rapport de la puissance transmise sur la puissance injectée dans la cavité.

Lors des essais, la sensibilité du système a été évaluée en appliquant une variation de pression de 20 Pa. Le décalage de la fréquence de résonance correspondante était de 2,5 kHz. La résolution en pression est de l'ordre de 3 mPa.

Perspective

Les premières séries de mesure ont montré que la cavité micro-onde supraconductrice présente les performances souhaitées et que sa résolution en pression (3 mPa) est compatible avec les incertitudes attendues. Le principe de la mesure a été vérifié. Les prochains essais permettront de poursuivre la caractérisation en pression du dispositif.

Conclusion

Ce résumé a présenté un nouvel étalon de pression basé sur la mesure de la fréquence de résonance d'une cavité micro-onde supraconductrice. La pression est déduite de la mesure de l'indice de réfraction et de la température par calcul *ab initio* des coefficients du viriel du diélectrique. L'instrument doit améliorer significativement l'exactitude de la mesure de pression de l'hélium-4 gazeux entre 200 Pa et 20 kPa.

Références

- [1] Cencek, W., Przybytek, M., Komasa, J., Mehl, J., Jezierski, B., Szalewicz, 2012, Effects of adiabatic, relativistic, and quantum electrodynamics interactions on the pair potential and thermophysical properties of helium, *The journal of chemical physics*, 136, 224303, pp. 1-31
- [2] May, E. F., Pitre, L., Mehl, J. B., Moldover, M. R., Schmidt, J. W., 2004, Quasi-spherical cavity resonators for metrology based on the relative dielectric permittivity of gases, *Review of scientific instruments*, Vol. 75, number 10, pp. 3307-3317.
- [3] S. R. Stein, J. P. Turneaure, 1978, Superconducting Resonators: High Stability Oscillators and Applications to Fundamental Physics and Metrology *AIP Conference Proceedings*, 44, pp. 192-213



Jordan GONZALEZ

jordan.gonzalez@esiea.fr

Tel : 01-43-90-21-58

Laboratoire LDR 74 bis Avenue Maurice Thorez, 94200 Ivry-sur-Seine

ESIEA École d'ingénieurs du monde numérique

EXPÉRIENCES PROFESSIONNELLES / PROJETS

ENSEIGNEMENTS

Co-encadrement de stagiaires en 4A (à l'ESIEA) :

- **Depuis avril 2019** – Deep learning et reconnaissance émotionnelle
- **Octobre 2018 à Mars 2019** - Développement d'un outil d'analyse émotionnelle - l'équipe a obtenu le 1er prix du jury des projets scientifiques de 4ème année de l'ESIEA

Encadrement de travaux pratiques en 2A (ESIEA):

- **Novembre 2018 à Juin 2019** - Algorithmique avancée (53h) : langage C, arbres de décisions, graphes

Encadrement de travaux dirigés en 5A (ESIEA):

- **Septembre 2018 - Novembre 2018** - Analyse exploratoire des données (18h) : langage R, ACP, ACM

Encadrement de travaux pratiques en 1A (ESIEA):

- **Janvier 2018 à Juin 2018** - Bases de l'algorithmique (64h) : langage C, récursivité, tri rapide, structures, allocation dynamique

STAGES

- **Mars 2017 à Septembre 2017** à Université Paris Descartes - stage de recherche en traitement d'images médicales sous la supervision de Florence Cloppet et Camille Kurtz : conception d'un système de recherche d'images de lésions ovariennes pour validation dans une base de données radiologiques hospitalières
- **Juin 2016 à Septembre 2016** à Haute École du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture (HEPIA) à Genève (Suisse) - stage de recherche en traitement d'images médicales de mammographie CT sous la supervision de Valérie Duay : implémentation d'une librairie Matlab d'algorithmes de rehaussement d'images (Projet GlobalDiagnostiX)

FORMATION

- **Depuis décembre 2017** : ESIEA – Paris

Doctorat en cours (deuxième année) – Laboratoire LDR -Intelligence Artificielle

Informatique affective : évaluer l'impact des émotions sur l'apprentissage humain

- **2016 à 2017** : Université Pierre et Marie Curie – Paris

Master 2 – Faculté de sciences pour l'ingénieur - Imagerie Médicale

Formation approfondie dans les domaines liés à l'imagerie

- **2015-2016** : Université Claude Bernard Lyon 1 – Lyon

Master 1 Informatique option Image

Formation généraliste solide sur les aspects théoriques et pratiques de l'Informatique

Informatique affective : évaluer l'impact des émotions sur l'apprentissage humain

Jordan GONZALEZ – Arts et Métiers ParisTech– Laboratoire LDR

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet pluridisciplinaire ANR TEEC (Technologies Éducatives pour l'Enseignement en Contexte) réunissant des chercheurs français et canadiens, spécialistes en science de l'éducation, en didactique et en informatique.

Motivé par la volonté d'intégrer des approches modernes d'enseignement grâce au numérique, le projet TEEC propose une méthode didactique d'enseignement innovante qui permettra l'enrichissement culturel et en connaissance grâce à un "effet Eureka" (ou encore clash de contexte, voir Fig.1) produit lors de la confrontation des conceptions qu'ont deux groupes d'étudiants aux contextes différents sur un thème commun étudié [3]. Une analyse qualitative des vidéos recueillies lors du projet TEEC, a notamment permis d'observer que ces chocs de contexte se traduisaient essentiellement au niveau de l'affect des apprenants et nous avons ainsi pu caractériser un potentiel effet Eureka comme une suite de changements d'états émotionnels au sein d'un groupe lors d'une compréhension soudaine d'un concept, effet qui tendrait à se propager d'un étudiant à un autre.

Dans cette thèse nous nous concentrons sur les indicateurs non verbaux, plus particulièrement les expressions faciales, car elles fournissent un moyen naturel aux être humains de communiquer consciemment ou non leur état émotionnel à leurs semblables.



Fig. 1. Effet Eureka (visages floutés pour l'anonymat).

La reconnaissance automatique d'émotions pourrait ainsi permettre de détecter ces changements d'états émotionnels symbolisant le clash de contexte, et indirectement de valider les résultats de l'équipe des didacticiens, c.-à-d. démontrer que certains effets de contexte dans le déroulé des cours peuvent impacter favorablement l'engagement des étudiants dans leurs apprentissages et donc, leurs performances. Il apparaît alors crucial de concevoir des algorithmes fiables de reconnaissance d'expressions faciales.

Néanmoins, bien que la détection automatique des six émotions de base (colère, surprise, tristesse, dégoût, joie, peur) en environnement contrôlé peut être effectuée avec une précision très élevée, la détection de ces expressions ou de toute autre expression du comportement affectif humain dans des environnements moins contraints reste un problème très difficile (variations de posture, illumination, erreurs de recalage, occultations, biais d'identité).

Le biais d'identité est la variabilité individuelle chez les individus des traits morphologiques, mais également de la manière d'exprimer leurs émotions. La volonté au coeur de ce projet est donc de concevoir un système s'adaptant automatiquement aux individus dans les vidéos pour lever l'influence considérable qu'un tel biais a sur les performances d'un classifieur.

Des premières briques ont été posées sans tenir compte du biais d'identité dans un premier temps, et des premiers résultats encourageants ont été obtenus venant rejoindre ceux trouvés par l'équipe de didacticiens.

Nous voulons par la suite rendre plus robuste le système via l'adaptation automatique du modèle aux traits morphologiques et comportementaux de l'individu filmé. Ce modèle est en cours de réalisation et se base sur les forêts aléatoires du fait de leur nature multi-classe, mais également de leur capacité à faire de l'apprentissage incrémental comme les forêts NCM introduites dans [1]. Il est également prévu pour les futurs travaux de caractériser des expressions non prototypiques telles que l'engagement, l'ennui, la confusion et la frustration plus susceptibles d'apparaître dans le contexte dans lequel on travaille [2].

Références

- [1] Ristin et al., 2014, Incremental learning of NCM forests for large-scale image classification. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, pages 3654–3661
- [2] D'Mello et al., 2013, Beyond the basic emotions : what should affective computing compute ? In CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, ACM, pages 2287–2294.
- [3] Bourdeau, J., 2017. The DBR methodology for the study of context in learning. In International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context, Springer, Cham (pp. 541-553)..



Eliot GRAEFF

Eliot.graeff@hotmail.fr

LCPI / 151, boulevard de l'hôpital, 75013 campus de Paris

Arts et Métiers ParisTech

Formation

Année 2017 - Aujourd'hui

Doctorat au Laboratoire CPI de l'ENSAM, Paris,

Thèse portant sur le rôle du biologiste en conception biomimétique.

Année 2015 - 2016

Certificat d'Etudes Internationales (CEI),

Année d'ouverture internationale composée de 2 stages à l'étranger : à l'Institut francophone de biomimétisme à Montréal, Canada (Septembre à Décembre 2015) et à Columbia University, New-York, Etats-Unis (Janvier à Juin 2016).

Février à Juin 2015

Semestre Erasmus, Université de Barcelone,

Virologie, Anthropologie, Pathologies neuronales et Parasitologie.

Année 2014 - 2017

Ingénieur AgroParisTech, Paris,

Spécialisation Biotechnologies. Diplôme obtenu en 2017.

2011 à 2013

Classe préparatoire BCPST, Lycée du Parc, Lyon

Mention Très Bien.

2011

Baccalauréat scientifique

Mention Très Bien et Européenne

Stages de recherche

Mars à Septembre 2017

Institut Galien-CNRS UMR 8612, Equipe 7, Chatenay-Malabry, France

« Évaluation préclinique des nano-médicaments d'adénosine squalène pour traiter l'ischémie cardiaque » dans le cadre du projet Européen EuroNanoMed.

Janvier à Juin 2016

Columbia University Medical Center, Neuropathology Lab, New York, US

« Caractérisation des voies de régulation du facteur de transcription ATF4 dans le cadre de la maladie d'Alzheimer. »

Stages en entreprise

Juillet à Décembre 2016

Institut Francophone de Biomimétisme (start-up), Montreal, Canada

« Élaboration d'outils de communication et mise en place d'une stratégie de développement du biomimétisme au Québec. »

Structuration des apports pluridisciplinaire lors du processus de conception biomimétique

Eliot GRAEFF – Arts et Métiers ParisTech – LCPI

Identifiée depuis une dizaine d'année comme l'un des principaux axes d'innovation pour un futur associant durabilité et avancées technologiques, la biomimétique, « coopération interdisciplinaire de la biologie et de la technologie ou d'autres domaines d'innovation dans le but de résoudre des problèmes pratiques par le biais de l'analyse fonctionnelle des systèmes biologiques, de leur abstraction en modèles, ainsi que le transfert et l'application de ces modèles à la solution » [1], fait aujourd'hui face à sa propre complexité.

Débuté en 2016 par la publication des travaux de thèse de P.E. Fayemi [2], les problématiques de recherche mené par le LCPI sur l'ingénierie de la conception en biomimétique se sont imposés dans la littérature scientifique comme des références.

Aujourd'hui, trois freins méthodologiques essentiels concentrent les efforts de la communauté scientifique, l'identification, la sélection et l'extraction des informations biologiques [3]. Cette nouvelle thèse de doctorat au LCPI vise à proposer un ensemble d'innovations organisationnelles et méthodologiques par l'intégration d'un nouveau profil, celui du biologiste, au sein des équipes de conception en biomimétique.

Ce besoin d'intégration, reconnu dans la littérature et par les experts du domaine, a jusqu'à présent été laissé de côté, remplacé par des outils visant à rendre accessible et à vulgariser l'information biologiques auprès des équipes de conception « traditionnelle ».

L'incorporation de ce nouvel acteur ouvre un champ de possibilités remarquable mais n'a rien de trivial dans son aspect méthodologique.

Tout d'abord, l'apport de ce nouveau profil a dû être mis en avant afin de légitimer l'investissement et favoriser son acceptation par les entreprises et les concepteurs [4].

Une fois l'intérêt de la démarche reconnue, la définition précise de celui/celle que l'on appelle « biologiste » en biomimétique est apparue comme une étape fondamentale [5].

Puis, ce profil doit être concrètement intégré par sa prise en compte lors du processus de conception biomimétique : Que fait-il ? Quand ? Pourquoi ? Etc. [6]. La collaboration et de la complémentarité des actions et des acteurs représentent alors la clé de cette innovation méthodologique. L'espace d'action ainsi déterminé donne à chacun un rôle, une

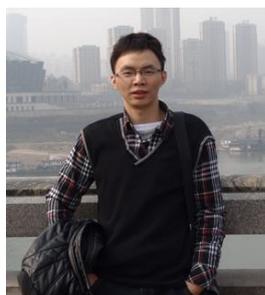
légitimité et établit les interfaces pluridisciplinaires à considérer. Reste alors à traiter la question du comment. Comment le/la biologiste mène-t-il/elle à bien les missions qui lui sont assignées ? Comment assurer une communication et des échanges structurants au sein de l'équipe nouvellement formée ? Cette étape centrale du processus d'intégration repose alors sur la conception d'une nouvelle gamme d'outils. Tout d'abord à visée interdisciplinaire, assurant notamment la bonne communication au sein de l'équipe, les échanges de concepts scientifiques complexes, et la combinaison des référentiels cognitifs associés aux raisonnements descriptifs des biologistes et prescriptifs des ingénieurs. Par ailleurs, émerge le potentiel associé aux outils biologiques rendus accessibles par l'intégration de ce nouveau profil. Étudier et adapter ces outils pour la pratique de biomimétique offre ainsi un panel de réponses aux freins précédemment identifiés.

L'apport de ces travaux de thèse est double :

- Proposer aux industriels une optimisation du cadre méthodologique de la conception biomimétique (équipes, processus, outils),
- Définir une nouvelle formation pour les biologistes *via* l'identification des savoirs, savoir faire et du cadre méthodologique encadrant le nouveau métier de biologiste au sein d'une équipe de conception biomimétique.

Références

- [1] ISO/TC266, 2015, *Biomimétique, Terminologie, concepts et méthodologie*.
- [2] P. E. Fayemi, 2016, *Innovation through bio-inspired design : suggestion of a structuring processes : biomimetic process and methods*, ENSAM - Paris.
- [3] R. Kruiper *et al.*, 2018, *Towards a Design Process for Computer-Aided Biomimetics*, Biomimetics, vol. 3, no. 3, p. 14.
- [4] E. Graeff, N. Maranzana, and A. Aoussat, 2018, *Role of biologists in biomimetic design processes : preliminary results*, in *Design Conference*, pp. 1149–1160.
- [5] E. Graeff, N. Maranzana, and A. Aoussat, 2018, *Conception biomimétique : quels acteurs pour quelles attentes ?*, in *Confere conference*.
- [6] E. Graeff, N. Maranzana, and A. Aoussat, 2019, *Engineers' and biologists' roles during biomimetic design processes, towards a methodological symbiosis*, in *Proceedings of ICED 2019*.



Shuanglin GUO

shuanglin.guo@ensam.eu

Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM)

151 Boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris

Arts et Métiers ParisTech

Education Background

(1) Bachelor of Engineering (September, 2008-June, 2012)

Major: Civil Engineering, School of Civil Engineering, Chang'an University, China

(2) Master of Engineering (September, 2012-June, 2015)

Major: Structure Engineering, School of Civil Engineering, Southeast University, China

(3) Ph.D candidate (October, 2017-Present)

Major: Mechanics and Materials, PIMM Laboratory, Arts et Métiers ParisTech, France

Work Experience

Assistant engineer, Naning Xiliu Intelligent Science and Technology Co. Ltd. (July, 2015-June, 2017)

Published Papers

(1) **Shuanglin Guo**, Marc Rébillat and Nazih Mechbal. Spatial attenuation prediction of Lamb waves in composite materials. *The 9th ECCOMAS Thematic Conference on Smart Structures and Materials*, Paris, France, July 2019.

(2) **Shuanglin Guo** and Xin Zhang et al., Mobile impact testing of a simply-supported steel stringer bridge with reference-free measurement, *Engineering Structures* (2018) 159: 66–74.

(3) Wenju Zhao and **Shuanglin Guo** et al., A quantum-inspired genetic algorithm-based optimization method for mobile impact test data integration. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* (2018) 33: 411–422.

(4) Jian Zhang and **Shuanglin Guo** et al., Structural identification and damage detection through long-gauge strain measurements, *Engineering Structures* (2015) 99: 173–183.

(5) **Shuanglin Guo** and Jian Zhang, Structural identification by processing dynamic macro strain measurements, *Advances in Structural Engineering* (2014) 17: 1117-1128.

(6) Jian Zhang and **Shuanglin Guo** et al., Theory of un-scaled flexibility identification from output-only data, *Mechanical Systems and Signal Processing* (2014) 48: 232–246.

Volunteer Experience

(1) Volunteer for the international forum of civil engineering reform, Nanjing, China, October 11-12, 2014.

(2) Volunteer for the 3rd academic conference on safety and disaster prevention of civil engineering, Nanjing, China, May 17-18, 2013.

(3) Volunteer for the 3rd international symposium on advances in urban safety, Nanjing, China, November 24-25, 2012.

Proficiency and Research Interests

MATLAB, Python; Structure dynamics, structural control and health monitoring, guided waves, finite element method.

SPATIAL ATTENUATION PREDICTION OF LAMB WAVES IN COMPOSITE MATERIALS

Shuanglin GUO – Arts et Métiers ParisTech – PIMM Laboratory

One of the most important issues in engineering concerns the monitoring and the early detection and localization of structural damages to prevent catastrophic failures. This process is referred to as structural health monitoring (SHM) and is expected to provide considerable improvements with respect to safety and maintenance costs. In aerospace and automotive industries, Lamb waves are particularly effective in accomplishing SHM because they can propagate over relatively large distance and hence can cover a larger area with less testing time and equipment.

Dispersion characteristic is an important aspect needed to be considered carefully when employing guided waves for SHM. Specifically, dispersion behavior is that wave velocity varies with mode and frequency. Comparing to the dispersion feature of Lamb wave that have been investigated systematically in the literature, the study of attenuation of Lamb waves is lacking. Especially, predicting simply and reliably the spatial attenuation coefficient remains a real

challenge. The spatial attenuation of Lamb wave is usually caused by many factors, for instance, the viscoelastic damping of the medium, the geometrical spreading and the scattering resulting from structural defects. For composite materials that are frequently utilized in aeronautical structures, the damping effect on Lamb wave attenuation is the most essential concern compared to other factors. However, there are rare practical cases reported from academic to industrial fields that are associated with attenuation prediction.

To take the attenuation characteristic into account, both Hysteretic and Kelvin-Voigt damping models are firstly adopted to predict the attenuation coefficient that depends on the excitation frequency, via considering complex wavenumbers and solving associated complex dispersion equations. The developed algorithm is successfully validated through comparing the predicted and experimentally obtained attenuation coefficients.

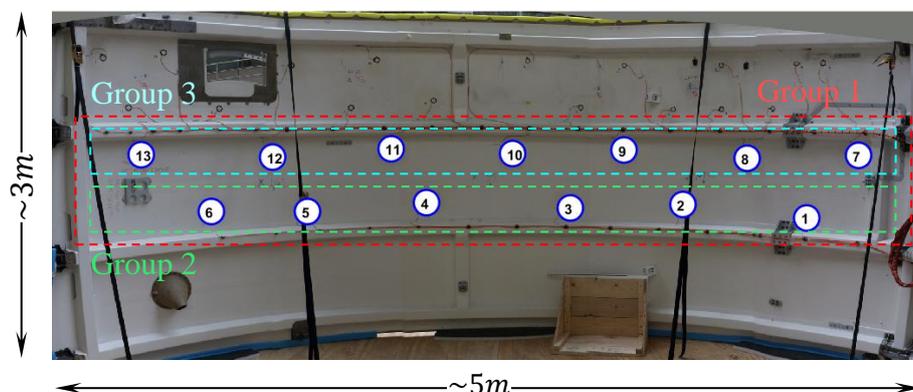


Fig. 1: The investigated aeronautical structure

References:

- [1]. Worden K etc., The fundamental axioms of structural health monitoring, *Proceedings of the Royal Society* (2007), 463:1639-1664.
- [2]. Su Z & Ye L, *Identification of Damage Using Lamb Waves*. Springer (2009).
- [3]. Mei H & Giurgiutiu V, Guided wave excitation and propagation in damped composite plates, *Structural Health Monitoring* (2018), DOI: 10.1177/1475921718765955.
- [4]. Gresil M & Giurgiutiu V, Prediction of attenuated guided waves propagation in carbon fiber composites using Rayleigh damping model, *Journal of Intelligent Material Systems and Structures* (2015), 26(16):2151–2169.



HEYRAUD Hugo

Laboratoire Angevin de Mécanique, Procédés et innovAtion (LAMPA) - Arts et Métiers ParisTech
 Manitou Group, B.P 249 - 430 rue de l'Aubinière, 44158 Ancenis
 Mail : hugo.heyraud@ensam.eu

EXPERIENCES PROFESSIONNELLES

2017-2020	THÈSE CIFRE : Manitou / Laboratoire Angevin de Mécanique, Procédés et InnovAtion (LAMPA) Projet : Dimensionnement en fatigue polycyclique des assemblages soudés, appliqué aux engins de manutention	ANGERS ANCENIS
2017	STAGE RECHERCHE : Université de Southampton département ISVR Institute of Sound and Vibration Research projet : démontrer analytiquement la possibilité de rendre invisible acoustiquement un objet par contrôle actif. Thèmes abordés : acoustique, contrôle actif, méthodes d'optimisation	SOUTHAMPTON ANGLETERRE
2016	PROJET DE FIN D'ÉTUDES : Groupe Atlantic, (4400 collaborateurs) SATE : Société d'Application Thermique Européenne Projet : optimisation des performances thermiques et mécaniques des échangeurs de chaleurs. Compétences développées : dimensionnement conception, simulation numérique, thermique, respect des délais	FONTAINE
2015	STAGE D'IMMERSION (6 mois) : Corporación My Perú Projet : développement d'une maison pré-fabriquée de première urgence Compétences développées : analyse d'un cahier des charges, conception	LIMA PÉROU

FORMATION

2016-2017	MASTER II : mécanique et ingénierie - Université de Franche Comté calcul de structure, vibroacoustique, méthodes d'optimisation	BESANÇON
2013-2017	ENSMM : Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et Microtechniques Ecole généraliste, option : mécanique matériaux procédés Projet d'option, 5 mois : simulation du procédé de microtaroudage dynamique rapide, méthode sans maillage	BESANÇON
2011-2013	CPGE : Classe Préparatoire aux Grandes Écoles spécialité physique chimie	SAINT ÉTIENNE
2010-2011	BACCALAURÉAT SCIENTIFIQUE	SAINT ÉTIENNE

CENTRES D'INTÉRÊT

PLONGÉE, CYCLISME
 CUISINE
 COUTURE
 RESTAURATION DE
 VÉHICULES

COMPÉTENCES

FORTRAN, PYTHON
 MATLAB
 NASTRAN, ABAQUS
 LS DYNA
 CREO MODELING
 CREO PARAMETRIC

LANGUES

ANGLAIS
 niveau B2
 ESPAGNOL
 niveau B2

High Cycle Fatigue strength evaluation of welded joints in handling equipment

Hugo Heyraud – Arts et Métiers - Laboratoire Angevin de Mécanique, Procédés et Innovation (LAMPA)

Automotive structures are submitted to various loading paths during their operating life depending on many factors as the road surface or the mass carried. Chassis of these structures are welded assemblies, subjected to fatigue loading conditions and include highly stressed zones acting as crack initiation sites.

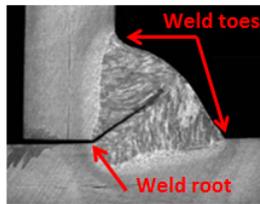


Figure 1: Crack initiation sites, weld toes and weld root

This study aims at improving the current method used by Manitou to fatigue design these welded assemblies. Experimentally, fatigue tests are conducted on different welded specimens of various thicknesses and gradient effect is considered.

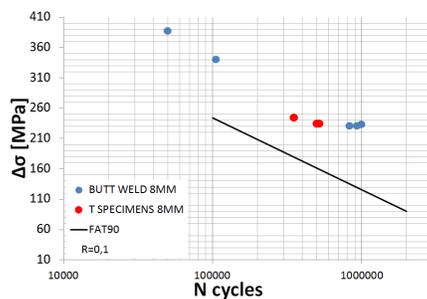


Figure 2: First fatigue results on butt weld specimens and T joints specimens

To detect crack initiation, digital image correlation (DIC) is used and compared to others measurements procedures as strains gauges or actuator displacement.

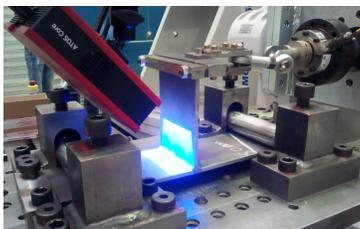


Figure 3: Fatigue test on a T joint specimens, DIC is used to detect crack initiation

Numerically, a method is proposed, based on a shell finite element modelling of the assembly and an equivalent stiffness matrix for welds. This makes it possible to describe the local mechanical behavior of seam welds with the computational cost of a shell elements based model. The final objective of this work is to propose a method to fatigue design welded assemblies from an equivalent stress calculated from a local stress state and a fatigue master curve.

To validate the method established from elementary welded specimens, more geometrically complex structures will be tested under different loading conditions. Eventually, the fatigue life of a complete chassis structure will be evaluated with the approach proposed and compared to a full-scale fatigue test.

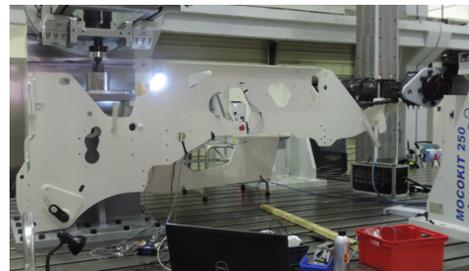


Figure 4: Full-scale chassis fatigue test under off-road loading conditions

References

- [Fay96] Fayard. *Dimensionnement à la fatigue polycyclique de structures soudées*. PhD thesis, 1996.
- [KV12] Matthias Kaffenberger and Michael Vormwald. Considering size effects in the notch stress concept for fatigue assessment of welded joints. *Computational Materials Science*, 64:71 – 78, 2012.
- [Tur11] *FEA shell element model for enhanced structural stress analysis of seam welds*, 2011.

Rachel HORTA ARDUIN

rachel.horta_arduin@ensam.eu

I2M / Esplanade des Arts et Métiers / F-33400 Talence, France

Arts et Métiers ParisTech

Formation Universitaire**2016 – en cours****Diplôme** | Doctorat en Génie Mécanique**Sujet de thèse** | Eco-conception de filières de recyclage : développement d'indicateurs multicritères pour le pilotage du développement de filières DEEE gérés par les éco-organismes**Directeur** | Nicolas Perry / **Encadrante** | Carole Charbuillet

Thèse cofinancée par l'ADEME et Ecologic

2011 - 2013**Diplôme** | Master Recherche en Génie Environnementale**Sujet de thèse** | Impact des méthodes d'allocation dans les études d'analyse de cycle de vie de produits textiles**Directeur** | Sérgio Pacca**2005 - 2008****Diplôme** | BA en Textiles**Sujet de thèse** | Les impacts environnementaux des déchets textiles : cas d'étude à São Paulo**Directeur** | Moacyr Martucci Junior**Expérience professionnelle****Nov. 2018 - Jan. 2019****Fév. 2018 - Mai 2018****Land Resources Unit** | **Chercheuse invitée****Sujet de recherche** | Evaluation de la performance la filière DEEE : développement d'indicateurs pour analyser la récupération de matériaux critiques**Encadrants** | Fabrice Matheux, Gian Andrea Blengini et Jaco Huisman**Jan. 2009 - Jan. 2011 (trainee)****Fév. 2011 - Avril 2013****Juin 2014 - Oct. 2016****Center for Geoenvironmental Technologies** | **Assistante de recherche (2014 - 2016)****Center for Technical Textiles** | **Assistante de recherche (2009 - 2013)****Thématiques de recherche** |

- Environnementale : Analyse de cycle de vie ; Gestion des déchets

- Textile : Caractérisation des matériaux ; Analyse de performance des matériaux textiles et plastiques

Mai 2013 - Juin 2014**Devanley Ventures do Brasil** | **Auditeur de qualité textile****Activités principales** | Audits qualité des processus de production et supervision de la logistique inverse

Eco-conception de filières de recyclage : développement d'indicateurs multi-critères pour le pilotage du développement de filières DEEE gérés par les éco-organismes

Rachel HORTA ARDUIN – Arts et Métiers ParisTech – I2M/IMC

Introduction

Les pressions de nos modes de consommation et de production sur l'environnement sont croissantes notamment sur les ressources. Face à ces pressions, le gouvernement cherche à promouvoir l'économie circulaire comme alternative au modèle d'économie linéaire actuelle non durable (épuisement des ressources et augmentation de la quantité de déchets).

Ce nouveau modèle économique se base notamment sur la réintroduction de matière issue du recyclage des déchets dans un deuxième cycle. Les acteurs des filières de traitement de déchets, et notamment les éco-organismes¹, ont un rôle clé dans le développement de l'économie circulaire, en optimisant le gisement des déchets arrivant en fin de vie qui suivra des options de traitement qui prolongent le cycle de vie des produits et des matières.

Ce travail de thèse vise à améliorer la visibilité sur la performance de la filière de déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE), à partir de la quantification de ses impacts (négatifs et positifs²). Pour répondre à cet objectif, des indicateurs seront développés pour le pilotage des filières DEEE à deux niveaux : (i) d'un point de vue global : éco-conception des filières ; (ii) d'un point de vue spécifique : suivi et optimisation des étapes de traitement des DEEE par les éco-organismes. Les indicateurs seront multidimensionnels : technique, économique et environnemental.

Problématique de recherche

La filière de traitement des DEEE est opérationnelle en France depuis le 22 juillet 2005 pour les DEEE professionnels, et depuis le 15 novembre 2006 pour les DEEE ménagers. En 2017, la filière réglementaire a collecté 49% de la quantité de DEEE ménagers générés, dont 39% ont été destinés à la filière de recyclage, 5% éliminés (enfouissement ou incinération), 4% valorisés énergétiquement, 0,4% réemployés et 0,3% réutilisés. Des facteurs tels que

les erreurs de tri et l'existence de systèmes alternatifs de collecte et de traitement sont des raisons pour lesquelles les DEEE sont détournés de la filière réglementaire [1].

Selon le dernier rapport publié par l'ADEME, en 2017, toutes les catégories de DEEE ont répondu aux objectifs de collecte et de recyclage fixés par la Directive DEEE (2012/19/EU) et les réglementations françaises. Cependant, la méthode de calcul du taux de recyclage proposé par la Directive et, par conséquent, adoptée en France, ne prend pas en compte ni les flux traités hors de la filière réglementaire ni les pertes qui se produisent lors du recyclage des fractions [2]. En outre, étant donné que la Directive établit des objectifs de recyclage en fonction de la masse globale de matériaux collectés, il n'est pas possible de visualiser les taux de recyclage des différents matériaux (métaux ferreux, métaux non ferreux, matières plastiques, métaux critiques, etc.) [3].

Les réglementations européenne et française demandent des taux de collecte et traitement plus élevés pour les prochaines années. Pour aller plus loin, il est cependant nécessaire de parfaire la connaissance des gisements de DEEE. Dans ce contexte, la proposition d'un ensemble d'indicateurs pour rendre plus visible la performance de la filière apparaît comme une solution pertinente poursuivre son évolution au-delà des exigences réglementaires.

Références

- [1] Horta Arduin, R. et al., 2019. Influence of Scope Definition in Recycling Rate Calculation for European E-Waste Extended Producer Responsibility. *Waste Management*. 84, 1–36.
- [2] Parajuly, K., Wenzel, H., 2017. Potential for circular economy in household WEEE management. *Journal of Cleaner Production*. 151, 272–285.
- [3] Van Eygen, E., De Meester, S., Tran, H.P., Dewulf, J., 2016. Resource savings by urban mining: The case of desktop and laptop computers in Belgium. *Resources, Conservation and Recycling*. 107, 53–64.

¹ Un éco-organisme est une structure sans but lucrative qui assume la responsabilité financière et organisationnelle des producteurs pour la gestion des produits en fin de vie tels que les équipements électriques et électroniques.

² Un impact est le résultat d'actions qui peuvent modifier l'environnement, de façon positive ou négative. Les émissions

des gaz à effet de serre dans la collecte et traitement des DEEE sont des exemples d'impacts négatifs de la filière. De l'autre côté, l'impact évité avec le recyclage et la réutilisation de DEEE, et les emplois générés sont des impacts positifs.

Amine IMADDAHEN
 Mohamed-amine.imaddahen@ensam.eu
 Laboratoire PIMM 151 bd de l'hôpital
 75013 paris
 Arts et métiers ParisTech
 28 ans - PERMIS B
 Tel : 07 53 26 42 79

Ingénieur de recherche Arts et Métiers
Mécanique et ingénierie des matériaux spécialité
Composite et calcul de structure

PARCOURS ACADÉMIQUE

- 2017-2020 **ENSAM PARISTECH Paris**
 Doctorat en mécanique et matériau
- 2013-2014 **ENSAM PARISTECH Cluny, France**
 Master M2 recherche, mention : Mécanique, Matériaux, Procédés.
 Spécialité « Ingénierie des Matériaux et Surfaces ».
- 2009-2014 **ENSAM Meknès, Maroc**
 Diplôme d'ingénieur Arts & Métiers - génie des matériaux et
 Ingénierie des procédés de fabrication

EXPÉRIENCES PROFESSIONNELLES

06/2017 **INGENIEUR DE RECHERCHE / DOCTORANT THESE CIFRE** **ENSAM / SMI / FEXNGATE EUROPE**

- **PROPOSITION D'UN MODELE HYBRIDE PREDICTIF DE LA DUREE DE VIE ET DE L'ENDOMMAGEMENT DES MATERIAUX ET STRUCTURE COMPOSITE TYPE SMC**

- Évaluation du comportement en statique et en fatigue du PP chargé en fibre de Verre courte (PPGF40)
- Étude des mécanismes d'endommagement et de plasticité du PPGF 40
- modélisation du comportement mécanique du PPGF 40 avec prise en charge de L'endommagement et de la plasticité.
- Passage de la modélisation en monotone à la modélisation en fatigue via L'approche hybride proposée

02/2015 **INGENIEUR DE RECHERCHE, PIMM-ENSAM PARIS** 03/2017 **Membre du groupe Polymères et Composites.**

- **RESPONSABLE DU PROJET VANILLE**

- Caractérisation mécanique et physico-chimique d'une bielle en matériau composite tressage 3D interlock,
- Détermination de la configuration de tressage optimale,
- Homogénéisation et prédictions des propriétés élastiques du composite,
- Simulation numérique sur Abaqus d'un essai de traction sur bielle avec critère de rupture Tsai-Wu et corrélation avec résultats expérimentaux,
- Mise en place d'une méthodologie de dimensionnement en fatigue basée sur le critère de Tsai-Wu et implémenté sur Hyperview.

- **PROTOTYPAGE EN ROTO-MOULAGE D'UN PA6**

- Rotomoulage des pièces et détermination des propriétés mécaniques et physico-chimique de chaque type de PA6.

- **DIMENSIONNEMENT D'UN HAYON SMC**

- Détermination de la dispersion des microstructures d'un hayon SMC par ultrasons
- Mise en place d'une méthodologie de dimensionnement en fatigue.

- **REALISATION DE TRAVAUX PRATIQUES POUR ETUDIANTS**

- TP de rotomoulage, essais mécaniques et calculs de structures.

06/2014 **STAGE DE FIN D'ETUDE : PIMM ENSAM, PARIS** 12/2014 **Étude et calcul de structure d'une bielle en matériau composite** **tressage 3D interlock**

- **PROGRAMMATION MATLAB**

- Programmation sous matlab d'un programme de résolution d'un système d'équations non linéaires.

- **CARACTERISATION PAR ULTRASON**

- Détermination par ultra-son de la matrice de rigidité des composites fibres continue par une méthode sans contact.

- **CARACTERISATION MECANIQUE**

- **CALCUL NUMERIQUE**

- Formation certifiée ALTAIR ANTONY sur Hyperworks.
- Calcul statique et dynamique sur Abaqus avec prise en compte des orientations

COMPÉTENCES TECHNIQUES

Caractérisation mécanique : essais de traction, compression, flexion, fatigue, dynamique rapide, endommagement et rupture.

Caractérisation physico-chimique : DSC, DMA, ATG, FTIR, Vieillessement (thermique et hydrolytique).

Microscopie : optique et MEB
Conception dimensionnement : en statique et en fatigue.

Modélisation et calcul des structures : matériaux métalliques plastique et composites.

Homogénéisation périodique par élément finis (utilisation de WISTEX)

Procédés de mise en forme des matériaux plastiques et composites : rotomoulage, injection, extrusion, RTM.

Usinage : machines outils conventionnelles

Gestion de production, contrôle qualité.

Management de projets et d'équipes.

COMPÉTENCES INFORMATIQUES

Simulation numérique : Solid works, Abaqus, Hypermesh, Optistruct, Workbench, Forge.

CAO : Autocad, catia, Solidworks, Texgen

Gestion de projets : MS Project.

Bureautique : Pack Office.

COMPÉTENCES LINGUISTIQUES

Arabe : bilingue (langue maternelle)

Français : bilingue

Anglais : niveau avancé.

APTITUDES PERSONNELLES

Sens du résultat
 Capacité d'intégration et d'adaptation
 Travail en équipe
 Rigueur et organisation

INTERETS

Impression 3D, Ubuntu, mécanique automobile

Proposition d'un modèle hybride prédictif de l'endommagement et de la durée de vie en fatigue des matériaux et structures composites à fibres courtes et matrices thermoplastiques

Amine Imaddahen– Arts et Métiers ParisTech– Laboratoire PIMM-FlexnGate Europe

La présente étude s'inscrit dans la recherche d'une méthodologie prédictive de la durée de vie des matériaux et structures composite de type thermoplastiques renforcés par fibres de verre courtes soumis à des sollicitations répétées dans le domaine automobile. Cette dernière est financée par FLEX-N-GATE Europe dans le cadre d'une thèse CIFRE. Le matériau d'étude est le polypropylène chargé en fibre de verre courtes à hauteur de 40% en masse obtenue par procédé d'injection. Deux phénomènes physiques entrent en concurrence lors de la sollicitation mécanique de ce type de matériau, l'endommagement et la plasticité. Une étude détaillée des mécanismes d'endommagement et de plasticité à l'échelle micro et macro en quasi-statique et en fatigue est indispensable afin de mener l'étude. Un couplage entre les méthodologies phénoménologiques de cumule d'endommagement et des approches analytiques sera la base du modèle proposé.

La campagne de caractérisation expérimentale suivie dans l'étude est la suivante :

- Essais de traction quasi-statique sur trois types d'éprouvettes standardisées dépendamment du sens d'injection, en distinguera le sens long (SL), le sens travers (ST) et le sens 45 (S45)
- Essais de charge-décharge sur les trois types d'éprouvettes
- Essais de fatigue en traction-traction et essais de fatigue interrompus en flexion trois point
- Essais de flexion trois point in-situ

La perte de rigidité E/E_0 (respectivement déformation plastique) est souvent utilisé comme indicateur d'endommagement macroscopique (plasticité)[1]. Les essais quasi-statique ont pour objectif d'évaluer les seuils d'endommagement et de plasticité ainsi que leurs valeurs maximales tandis que leurs cinétiques de propagation sont déterminées via les essais de fatigue.

La campagne expérimentale a démontré :

- Un comportement visco-elasto-plastique fortement dépendant de la vitesse de déformation.
- Plus on s'approche du sens d'injection plus le seuil d'endommagement (respectivement plasticité) augmente
- Les seuils de plasticité sont inférieurs aux seuils d'endommagements
- Le niveau maximal de perte de raideur (endommagement) est le même pour toutes les

microstructure (SL, S45 et ST) en quasi-statique et en fatigue.

- Le mécanisme d'endommagement prépondérant est la décohésion de l'interface fibre matrice, commençant par les têtes de fibre et se propageant sur toute l'interface
- D'autres phénomènes sont observés lors des essais in-situ de flexion trois points, en particulier, la fissuration matricielle, la microfissuration et craquelures à l'interface fibre-matrice et puis finalement quelque rupture de fibres sont observées.
- Le même phénomène d'endommagement prépondérant est observé lors des essais de fatigue interrompus

Modélisation en quasi-statique

La modélisation de l'endommagement à l'interface fibre matrice repose entre autre sur le modèle de Jendli.Z. & Al [2]. Le modèle proposé dans cette étude intègre l'endommagement des interfaces fibre/matrice comme phénomène prédominant responsable de l'endommagement macroscopique du matériau. Ce modèle est fondé sur une approche de Mori et Tanaka avec endommagement et plasticité. Pour ce faire, un critère local de rupture de l'interface de type quadratique est introduit. Il suppose que le décollement de l'interface fibre-matrice se produit lorsque la combinaison des contraintes locales normales et de cisaillement, respectivement σ et τ , atteint une limite. Quant à la plasticité, elle est prise en compte via la méthode des modules séquent[3].

Passage en fatigue

Indépendamment du type du chargement (quasi-statique et fatigue), les mêmes phénomènes d'endommagement sont observés. Pour les trois orientations testées la perte de raideur en quasi-statique est directement liée à une durée de vie N_r via une courbe expérimentale unique.

Références

- [1] M. F. Arif, N. Saintier, F. Meraghni, J. Fitoussi, Y. Chemisky, et G. Robert, « Multiscale fatigue damage characterization in short glass fiber reinforced polyamide-66 », *Compos. Part B Eng.*, vol. 61, p. 55-65, mai 2014.
- [2] Z. Jendli, F. Meraghni, J. Fitoussi, et D. Baptiste, « Multi-scales modelling of dynamic behaviour for discontinuous fibre SMC composites », *Compos. Sci. Technol.*, vol. 69, n° 1, p. 97-103, janv. 2009.
- [3] Y. P. Qiu et G. J. Weng, « The influence of inclusion shape on the overall elastoplastic behavior of a two-phase isotropic composite », *Int. J. Solids Struct.*, vol. 27, p. 1537-1550, déc. 1991.



Michele Iacopo IZZI

micheleiacopo.izzi@ensam.eu / micheleiacopo@hotmail.com

Laboratoire I2M de Bordeaux / Esplanade des Arts et Métiers, 33405 Talence

Arts et Métiers ParisTech – Centre de Bordeaux-Talence

ÉDUCATION ET FORMATION

oct. 2017 - en cours **Doctorat** Niveau 7 CEC



Arts et Métiers ParisTech

Laboratoire I2M de Bordeaux, département IMC, Bordeaux (France)

Thème : Optimisation multi-échelle de panneaux raidis en matériaux composites avec une approche locale/globale.

Encadrants : Marco MONTEMURRO, Jérôme PAILHES, Anita CATAPANO



oct. 2012 - oct. 2016 **Diplôme d'Ingénieur en Ingénierie Aérospatiale cum Laude** Niveau 7 CEC
(**Laurea Magistrale in Ingegneria Aerospaziale cum Laude**)



Università di Pisa - Scuola di Ingegneria, Pisa (Italie)

PEGASUS Certificate et PEGASUS Award. Parcours : Structures Aéronautiques.

- Stage de fin d'études chez laboratoire I2M-IMC (8 mois) : analyse multi-échelle, conception et optimisation des stratifiés (tuteurs : M. MONTEMURRO, J. EL YAGOUBI, D. FANTERIA, N. PERRY)
- Conception d'un spoiler pour supercar avec fonctionne d'aérofrein (6 mois)
- Projet conceptuel d'un avion de transport civil (4 mois)

oct. 2008 - oct. 2012 **Diplôme d'Ingénieur en Ingénierie Aérospatiale cum Laude** Niveau 6 CEC
(**Laurea Triennale in Ingegneria Aerospaziale cum Laude**)



Università di Pisa - Scuola di Ingegneria, Pisa (Italie)

- Projet de fin d'études (3 mois) : influence de la géométrie du mécanisme de manivelle sur la performance d'un moteur à piston (tuteur : F. PAGANUCCI)
- Projet de Structures Aérospatiales (1 mois) : modélisation CAO d'un variateur continu de vitesse.

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

nov. 2016 - août 2017 **Chercheur contractuel**



Laboratoire I2M de Bordeaux, département IMC, Bordeaux (France)

Sujet : « Comportement mécanique du composite 3D C/C ».

Sous financement CEA-CESTA par contrat ADERA.

nov. 2010 - avr. 2014 **Emploi rémunéré à temps partiel pour les étudiants**

Università di Pisa, Pisa (Italie)

450 heures dans l'orientation, le front office de la faculté d'ingénierie et la bibliothèque.

sept. 2009 - juin 2012 **Editeur et collaborateur pour graphisme publicitaire**

Cerignola "Citta" - Périodique publié par C.M. s.r.l, Cerignola

juin 2006 - sept. 2012 **Factotum**

La Carne s.r.l., Cerignola (Italie)

Travail estival multi-rôle chez l'entreprise de famille (commerce de détail de produits gastronomiques).

Optimisation multi-échelle de panneaux raidis en matériaux composites avec une approche locale/globale

**Michele Iacopo IZZI – Laboratoire I2M de Bordeaux
Arts et Métiers ParisTech – Centre de Bordeaux Talence**

Le contrôle de masse est une préoccupation majeure dans la conception des avions. Pour cette raison, la conception des structures d'aéronef est souvent formulée sous la forme d'un problème de programmation non linéaire sous contrainte. L'objectif principal est la minimisation de la masse soumise à un nombre donné d'exigences de conception définies comme des contraintes d'optimisation. Les structures en panneaux raidis, autrement appelées « semi-monocoques », sont rapidement devenues un choix standard tant pour le fuselage que pour l'aile, grâce à leur rapport rigidité/poids favorable. En outre, les matériaux composites ont vu une utilisation croissante dans ce domaine au cours des dernières décennies. En fait, les composites renforcés en fibres présentent des propriétés de rigidité et de résistance spécifiques qui les rendent vraiment attrayants par rapport aux alliages métalliques. De plus, le développement de nouvelles technologies de fabrication de composites (p. ex. le procédé AFP, automated fibre placement) permet de produire des composites à rigidité variable par l'empilement de plis renforcés par fibres curvilignes qui offrent des performances nettement supérieures aux solutions classiques avec un gain en masse important.

En raison de leur nature, les critères de conception des structures à paroi mince (tel que les « semi-monocoques ») en composite, impliquent à la fois des phénomènes intervenant à différentes échelles : l'échelle macroscopique « globale » de l'ensemble de la structure, l'échelle macroscopique « locale » des panneaux raidis composant la structure et l'échelle mésoscopique des plis constituant les stratifiés. Pour cette raison, une approche de modélisation multi-échelles s'avère nécessaire pour décrire correctement l'interdépendance des différents phénomènes et, par conséquent, une stratégie d'optimisation multi-échelle appropriée, intégrant une telle approche de modélisation, doit être définie.

Les stratégies de conception disponibles dans la littérature (par exemple, [1] [2]) ne permettent de récupérer que des solutions sous-optimales. Cela est dû, d'une part, à l'utilisation de modèles mécaniques très simplifiés avec des liens faibles entre les différentes échelles de conception et, d'autre part, à l'utilisation systématique de règles simplificatrices pour la définition des variables de conception impliquées à chaque échelle. Notamment, par

rapport à ce dernier point, classiquement dans la littérature, le problème d'optimisation de structures en matériau composite est formulé en utilisant comme variables de conception directement les orientations des plis constituant les stratifiés et nombreuses simplifications qui n'ont, souvent, aucune justification physique et/ou technologique sont appliquées.

Afin de surmonter les limitations précédentes, une méthode de conception et d'optimisation multi-échelle à deux niveaux (MS2L) [3] a été développée au sein du laboratoire I2M de Bordeaux. Cette méthode permet de découpler le problème de l'optimisation des propriétés mécaniques des stratifiés du problème de la conception de leurs empilements en prenant en compte l'ensemble complet des variables de conception géométriques et mécaniques de la structure sans recourir à des règles simplificatrices.

L'objectif global de cette thèse est celui d'enrichir la stratégie MS2L afin de pouvoir l'utiliser pour concevoir des structures typiques du domaine aéronautique par des stratifiés à fibres curvilignes qui soient, en même temps, optimisées et fabricables. Pour ce faire, d'un côté, la stratégie MS2L est intégrée par une approche de modélisation par éléments finis globale-locale appropriée qui permet d'évaluer correctement les différents phénomènes qui se produisent aux différentes échelles, qui sont ainsi reliés de façon cohérente. De l'autre côté, des critères de conception spécifiques sont développés pour pouvoir inclure dès la phase de conception préliminaire les contraintes liées au procédé de fabrication AFP.

Les activités de recherche réalisées dans cette thèse font partie du projet H2020 PARSIFAL.

Références

- [1] Vankan, W., Noordman, B., Kueres, K., 2104, High and low fidelity finite element modelling in aircraft composite fuselage structural analysis and optimisation, Technical report 2013:197, National Aerospace Laboratory NLR.
- [2] Boni, L., Fanteria, D., 2006, Finite-element-based assessment of analytical methods for the design of fuselage frames, Proc. IMechE Part G: J. Aerospace Engineering, 220/74:387-398.
- [3] Montemurro, M., Pagani, A., Fiordilino, G.A., Pailhès, J., Carrera, E., 2018, A general multi-scale two-level optimisation strategy for designing composite stiffened panels, Composite Structures, 201:968-979.

QUENTIN JACQUEMIN

quentin.jacquemin@ensam.eu

PIMM / 151 Boulevard de l'Hôpital 75013 Paris / campus de Paris

Arts et Métiers ParisTech

FORMATION

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARTS ET METIERS (ENSAM)

2015 – 2016 | Paris
Master recherche SAR (Systèmes Avancés et Robotiques) – Options Robotique mobile et Vision/Traitement d'image.

ÉCOLE SPECIALE DES TRAVAUX PUBLICS (ESTP)

2011 – 2015 | Paris
Spécialité génie mécanique et électrique - Option Génie Civil Nucléaire en deuxième année de master.

CLASSES PREPARATOIRES AUX CONCOURS DES GRANDES ECOLES

2009 – 2011 | Nancy
PCSI-PC Lycée Henri Poincaré

MATIERES

ENSAM

Modélisation des systèmes dynamiques / Commande des systèmes linéaires et non linéaires / Estimation d'état / Filtres de Kalman/Traitement d'image/ SLAM (Localisation et Cartographie Simultanée)

ESTP

RDM /Mécanique rationnelle / Mécanique des fluides / Electronique numérique / Electronique de puissance / Electrotechnique / Automatisme / Physique Nucléaire

COMPÉTENCES

Programmation:

Python/ java/ matlab/ Simulink/ Castm/ Ansys

Robotique:

Modélisation de systèmes dynamiques/ Hybrid Model Predictiv Control (HMPC)/ Méthodes algorithmiques de minimisation/ Simulation

Langues:

Anglais (courant)
Allemand (académique)

SITUATION ACTUELLE

Laboratoire PIMM (Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux) ENSAM | Doctorant

Novembre 2017 – poste actuel | Paris

Conception modélisation et commande d'un robot cystoscopique poly-articulé

- Etat de l'art endoscopie / vision / Navigation sans amers / SLAM
- Modélisation et prototypage d'actionneurs en polymères électro-actifs
- Développement d'un transducteur à ultrason embarqué (temps de vol)
- Modélisation du système, fusion de données caméra et capteur de temps de vol, SLAM et reconstruction 3D

EXPÉRIENCES PROFESSIONNELLES

INSTITUT DES SYSTEMES INTELLIGENTS ET ROBOTIQUES (ISIR) | Ingénieur recherche

Avril – Septembre 2016 | Paris

Développement d'une stratégie de commande de type HMPC (Hybrid Model Predictiv Control) pour anticiper les transitions de phases du cycle de la marche chez l'être humain.

- Modélisation du système par le biais des équations de Lagrange
- Linéarisation / minimisation du système et réduction du coût de calcul
- Simulation et tests avec le logiciel XDE du CEA-LIST

EIFFAGE TP GENIE CIVIL NUCLEAIRE | Ingénieur méthode

Avril – Septembre 2015 | Paris

Assistance technique pour la mise en place d'un réseau de récupération des fuites des circuits RIS et EAS des réacteurs P4 et P'4 du parc nucléaire de l'exploitant EDF.

- Développement d'outils adaptés aux problématiques de sûreté et de contamination.
- Mise en place d'un protocole d'essai pour une phase de validation des procédés d'intervention par la maîtrise d'ouvrage

VINCI CONSTRUCTION IDF | Ingénieur de travaux

Novembre 2013 – Mars 2014 | Versailles

Conduite de travaux sur un chantier de réhabilitation lourde d'un foyer de jeunes travailleurs à Le Chesnay pour l'entreprise générale Vinci Construction.

- Suivi et coordination des sous-traitants tous corps d'états.
- Préparation des opérations préalables à la réception en coordination avec la maîtrise d'œuvre.

VINCI CONSTRUCTION IDF | Assistant ingénieur de travaux

Juin – Août 2013 | Saint Denis

Conduite de travaux en ouvrage fonctionnel sur le chantier du siège de l'entreprise SFR

- Encadrement des corps d'états techniques et secondaires des zones industrielles
- Mise en place des équipements haute et basse tension, tests et réception en zones fonctionnelles de l'ouvrage
- Etude de faisabilité et encadrement de l'intervention pour la mise en place d'un système d'évacuation du fréon sur la façade du bâtiment.
- Gestion de la logistique et de l'avancement des zones imparties.

PROJETS SCOLAIRES

- Etude des modes propres de vibration d'un modèle aux éléments finis de l'EPR de Flamanville sous la sollicitation de différents spectres de séisme avec Ansys et Castm.
- Dimensionnement d'un ouvrage en construction métallique et rédaction de la note de calcul.
- Etude, optimisation et programmation d'un système de pompes à irrigation avec ajout d'une interface HMI.
- Etude de l'effet Coanda autour de différentes expériences et au travers des équations de Navier-Stok

Conception et commande d'un robot endoscopique chirurgical constitué d'actionneurs en polymères électro-actifs : application à la cystoscopie robotisée

Quentin JACQUEMIN – Arts et Métiers ParisTech

La médecine endoscopique permet de rendre la chirurgie et les diagnostics médicaux moins invasifs. Il facilite la rémission, diminue les complications liées aux opérations chirurgicales lourdes et participe souvent à réduction de la sophrologie. Les avancées endoscopiques se sont faites au rythme des avancées technologiques sur la miniaturisation des capteurs et l'augmentation de leurs capacités. Malgré l'augmentation de la résolution des caméras miniatures et de la dextérité des structures endoscopiques, l'efficacité des opérations est fragilisée par des incertitudes liées à de nombreux facteurs humains et environnementaux qu'une automatisation partielle ou totale pourrait contrecarrer. Ces matériels sont pour la plupart réutilisables après stérilisation, procédé couteux et médicalement contestable qu'il serait intéressant de supprimer en ayant recours à des systèmes jetables et éventuellement recyclables. Le coût humain lié à la présence de chirurgiens expérimentés peut également être réduit par l'automatisation de tout ou partie du processus.

L'approche retenue consiste à utiliser un tube constitué d'un polymère électro-actif pour assurer la flexion du dispositif (cf Figure. 1) afin de respecter les contraintes d'échelles et de degrés de liberté.

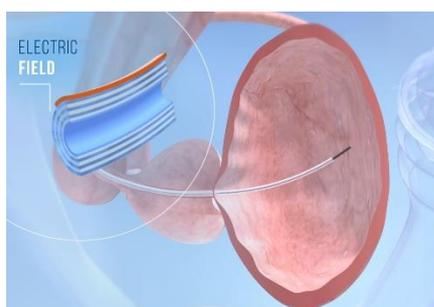


Fig.1. Design du dispositif (actionneur électro-actif)

Par ailleurs, la partie distale du robot est munie du matériel nécessaire à la navigation sans amers et à la collecte de données de diagnostic (cf Figure. 2). Un transducteur piézo-électrique à ultrason permet la collecte d'information de distance aux parois des organes et permet le contrôle du déplacement en translation de la tête du dispositif. L'utilisation de matériaux intelligents comme actionneurs implique la mise en place d'une stratégie de commande adaptée au champ des robots souples et continus, à la différence des robots rigides aux articulations ponctuelles. De plus, l'anatomie du milieu dans le cadre de la chirurgie endoscopique est souvent

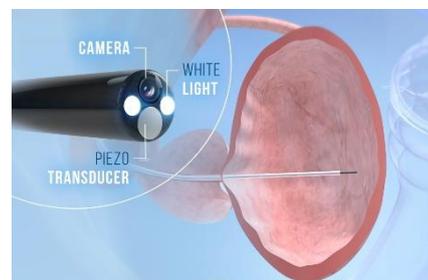


Fig.2. Design du dispositif (partie distale)

dénuée de repères fixes et les capteurs embarqués étant réduits, le SLAM et la fusion de données vont permettre la reconstruction de l'environnement et la navigation du dispositif.

Certains polymères ont pour propriété de se déformer sous l'effet d'un champ électrique [1]. Parmi ces matériaux, les polymères électrostrictifs, qui appartiennent à la catégorie des diélectriques ont la particularité d'atteindre de fortes déformations à des vitesses quasi-instantanées. Ainsi, nous avons étudié le ter-polymère P(VDF-TrFE-CTFE), pour ses propriétés électrostrictives [2]. Additionné à un substrat passif, il forme un matériau composite capable d'atteindre une flexion de 180 degrés tout en n'excédant pas les quelques micromètres d'épaisseur. Afin de réduire les tensions mises en jeu dans son actionnement, il est utilisé sous forme de multicouche, fixées les unes sur les autres afin de faire croître la capacité de flexion du matériau composite.

Pour contrôler ce système souple et continu, le recours à une adaptation de la théorie de Denavit-Hartenberg modifiée permet d'établir un modèle géométrique du système [3]. Le modèle cinématique qui en découle permet de contrôler la position de la partie distale ainsi que son orientation par rapport aux parois observées afin de pouvoir maintenir un plan d'image dans le cas de reconstruction par imagerie.

Références

- [1] Y. Bar-Cohen, 2004 « EAP as artificial muscles: progress and challenges », présenté à Smart Structures and Materials, San Diego, CA, p. 10.
- [2] S. Ahmed, Z. Ounaies, et E. A. F. Arrojado, juin 2017 « Electric field-induced bending and folding of polymer sheets », *Sens. Actuators Phys.*, vol. 260, p. 68-80.
- [3] R. J. Webster et B. A. Jones, nov. 2010, « Design and Kinematic Modeling of Constant Curvature Continuum Robots: A Review », *Int. J. Robot. Res.*, vol. 29, n° 13, p. 1661-1683.



Zahra JALOULI

Laboratoire Angevin de Mécanique, Procédés et innovAtion (LAMPA) –
Arts et Métiers ParisTech 2 Boulevard du Ronceray, 49100 Angers

Zahra.JALOULI@ensam.eu / zahra.jalouli@g-ushin.com

Ingénieur Docteur en mécanique des matériaux

EXPÉRIENCES

- Depuis 2017 :** **Doctorante en thèse CIFRE** en association avec la société U-Shin France et le laboratoire LAMPA. « **Modélisation, Simulation et Expérimentation de la formation des défauts volumiques lors du moulage sous pression des alliages non ferreux (Zn-Al)** »
- 2017 (6 mois)** **Stage Ingénieur de simulation numérique « Die Casting » – Société U-Shin France**
- Prédiction des défauts lors de l'injection sous pression des alliages métalliques
- Analyse structurelle (de la pièce et du système d'injection) avec les outils standards U-Shin : plate-forme HyperMesh, Click2Cast et InspireCast
 - Mettre en œuvre une méthodologie pour le dimensionnement du système d'injection.
 - Création d'une CAO paramétrique sur Catia basée sur des résultats des macros Excel pour le pré-dimensionnement du système d'injection.
- 2015 (6 mois)** **Stage Ingénieur – COGITEL (Comptoir Général d'Impression et de Traitement des Emballages Légers)**
- Ma mission consistait à étudier le problème de corrosion qui affecte des cylindres de refroidissement en acier et que ceux en Aluminium et d'en chercher des solutions adéquates pour augmenter leurs durées de vie.
- 2014 (3 mois)** **Stage Technicien – AMI (Les Ateliers Mécaniques Industrielles)**
- Etude et conception des parties actives d'un moule de découpage
- 2013 (3 mois)** **Stage DUT – SOPAL (Société de Production des Articles en Laiton)**

FORMATIONS

- 2016-2017** Diplôme Master de Recherche : « Mécanique, Matériaux et Structure pour la Construction et les Transports » à l'Université Paris-Est-Marne-La-Vallée ; (Parcours en Anglais)
- 2012-2015** Diplôme d'ingénieur en « Génie des Matériaux » à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax (ENIS)
- 2010-2012** Etude préparatoire scientifique option : Physique&Chimie
- 2009-2010** Baccalauréat Scientifique, Lycée Mahmoud Megdich, Mention : bien

COMPÉTENCES

- Langage de programmation : Matlab,
- Logiciels de calcul et modélisation: InspireCast, NovaFlow, Click2Cast, Abaqus, Comsol, Hypermesh,
- Logiciels de conception: SolidWorks, Catia
- Bureautique: Word, Excel, PowerPoint, Outlook.

Modélisation, Simulation et Expérimentation de la formation des défauts volumiques lors du moulage sous pression des alliages de Zinc (Zn-Al)

Zahra JALOULI – Arts et Métiers ParisTech – Laboratoire LAMP

Le moulage sous pression est un procédé de production dominant dans le secteur automobile, l'aéronautique et la fabrication de produits électriques. Ce procédé permet de fabriquer en grandes séries des pièces de petites ou moyennes dimensions et aux formes très complexes. Il permet d'injecter le métal fondu sous haute pression dans un moule pour reproduire, après refroidissement, la forme de la pièce souhaitée [1]. Lors du moulage sous pression, il y a un risque favorable de formation des défauts dans les produits finis. Pour obtenir toutes ces connaissances sur les défauts de fonderie sous pression, leurs causes et leurs remèdes, il faut analyser les formations de ces défauts au cours de l'opération de moulage. L'analyse des défauts est le processus qui consiste à trouver les causes fondamentales de leurs apparitions et leurs mesures nécessaires pour les réduire et améliorer le rendement du moulage. Parmi les différents types de défauts, ceux qui nous intéressent dans nos travaux sont les porosités, dont les principaux défauts de qualité des pièces moulées de la société U-Shin France. Elles en existent en deux types : des porosités gazeuses de différentes sources, par exemple hydrogène dissous dans l'alliage, humidité provenant des lubrifiants à base d'eau ou l'air initialement présent dans l'empreinte qui reste emprisonné... Il est alors comprimé de plus en plus avec l'arrivée du métal dans la cavité. Lorsque l'empreinte est pleine, il se disperse sous la forme de petites sphères d'air à haute pression [2]. Les porosités liées au retrait (les retassures), se sont des cavités vides formées par le retrait de métal en fusion lors de la transformation de l'état liquide à l'état solide. Elles sont situées dans les zones les plus chaudes et les plus épaisses de la coulée car elles représentent le dernier point à solidifier.

Durant cette Thèse, nous présentons dans un premier temps une approche de modélisation des formations des retassures lors du refroidissement basée sur la théorie des champs de phase [3] [4]. Pour modéliser ceci avec précision, il est important de recalibrer des paramètres de couplage les plus influents par les essais expérimentaux tels que le coefficient d'échange (moule/métal), la mobilité M , la tension de surface et la conductivité thermique afin de définir des conditions aux limites en fonction des différents

paramètres thermiques pour obtenir une correspondance directe avec les résultats expérimentaux.

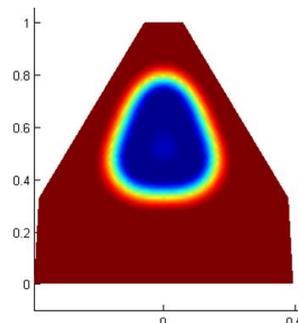


Figure 1 : 1^{ère} résultat numérique de la formation de la macroporosité

Dans un deuxième temps, il y aura un plan d'expérience qui sera mis en place pour étudier l'influence des paramètres processus sur la formation des porosités (emprisonnement d'air et retassure)

Références

- [1] E. Saez. Etude numérique du remplissage en 3D. Thèse de doctorat, Ecole Nationale supérieure des Mines de Paris, 2003
- [2] R. Rajkolhe, J. G. Khan; Defects Causes and Their Remedies in Casting Process: A Review; International Journal of Research in Advent Technology; 2014.
- [3] Guillaume Abrivard. A coupled crystal plasticity - phase field formulation to describe microstructural evolution in polycrystalline aggregates during recrystallisation. Theses, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, November 2009
- [4] Toshio Suzuki, Machiko Ode, Seong Gyoon Kim, and Won Tae Kim. Phase-field model of dendritic growth. Journal of Crystal Growth, 237–239, Part 1:125 – 131, 2002. The thirteenth international conference on Crystal Growth in conjunction with the eleventh international conference on Vapor Growth and Epitax.

Lorenz KROENER

lorenz.kroener@isl.eu

French-German Research Institute of Saint-Louis (ISL) / 5 rue du Général
Cassagnou, 68300 Saint-LouisStructural Mechanics and Coupled Systems Laboratory (LMSSC) / 292 rue
Saint-Martin, 75141 Paris cedex 03

Cnam

STUDIES

Since Dec. 2017	PhD student at LMSSC, CNAM, Paris and ISL, Saint-Louis, France
Apr. 2017 – Sept. 2017	Master's thesis at Diehl Defence GmbH & Co. KG, Überlingen, Germany
Sept. 2015 – May 2016	Erasmus exchange studies at École nationale supérieure de physique, électronique, matériaux, Grenoble, France
Oct. 2014 – Oct. 2017	Electrical Engineering and Information Technology (M.Sc.) at TU München, Munich, Germany, Master's thesis: "Automated Classification of Small Unmanned Aerial Vehicles using Support Vector Machines based on Acoustic Features", final grade: 1.7/4.0
Feb. – July 2014	Erasmus exchange studies at École nationale supérieure des télécommunications de Bretagne, Brest, France
May 2011 – Sept. 2014	Electrical Engineering and Information Technology (B.Sc.) at TU München, Munich, Germany, Bachelor's thesis: "Doppler estimation for underwater acoustic communications", final grade: 2.3/4.0

PRACTICAL EXPERIENCE

May – Sept. 2016	Research internship at French-German Research Institute of Saint-Louis, Saint-Louis, France
Sept. – Nov. 2013	Internship at SVS-Vistek GmbH, Seefeld, Germany
Aug. 2010	Internship at TV production division, Bayerischer Rundfunk, Germany

Influence of TCAPS on HRTFs and on sound source localization precision

Lorenz KROENER – Cnam– Structural Mechanics and Coupled Systems Laboratory

Sound source localization in the median plane is performed by the human auditory system, with little effort by the human itself. The geometry of the auricle, resp. pinnae attenuates or boosts certain frequencies of the incoming sound, depending on the angle of incidence. This effect is described by the angle and frequency dependent Head-Related Transfer Function (HRTF). As the geometry of the auricle varies from subject to subject and left-right symmetry is not necessarily given for one subject, the HRTF is highly individual. The brain gets continuously trained to the individual HRTF during a human's lifetime: confusions get resolved and accuracy gets increased by simple head movements. In certain environments it is necessary to wear hearing protections due to dangerous high level noise. Wearing any auditory equipment, including headphones, earphones, earplugs, hearing protections, hearing aids, or tactical communication and protection systems (TCAPS) modifies the geometry of the pinnae, resulting in important changes of the HRTF. Studies [1] have shown that an adaptation to the modified HRTF applies, when the user wears the auditory equipment non-stop for at least three weeks. As the listener's brain cannot adapt instantaneously to the modified HRTF, sound source localization is performed less precise. In listening test it was obtained that the major type of error is due to front-back confusions [2] [3]. The presented work in this article is the preparatory step, necessary to complete an investigation about the relation between auditory equipment introduced HRTF modifications and sound source localization accuracy, wearing these auditory equipment. The focus is set to front-back sound source localization, as front-back confusions are the most imported error types when localizing sound with modified auricle. Four models of different TCAPS were analyzed on three dummy head configurations, to analyze the influence of auditory equipment on HRTFs.

Even though the icfb difference representation is based on filtering and several mean calculations the results show similarities to the boosted bands and directional bands which has been introduced in 1969 by Blauert [4]. He defines a boosted band for frontal sound incidence in the interval from approximately 2 kHz to 8 kHz with a maximal SPL difference of about 7 kHz. The peak at 4 kHz in the icfb difference representation matches the same frequency interval but the magnitude varies up to 2dB. This might be

due to different measurement setups and different measurement environments. Comparing the 4 kHz peaks for each dummy head configuration with Blauert's directional band for frontal sound incidence around 4 kHz it can be seen that they are located in the same frequency interval. It can be concluded that the mean calculation for the icfb difference representation keeps the main directional characteristic of the pinnae's frequency filtering.

The change in the icfb difference introduced by the TCAPS largely exceeds the JND of 1dB and thus the auditory system is sensitive to the modified frequency content. The most important changes appear in the frequency range around 4 kHz of Blauert's directional band and boosted band for frontal sound incidence. With an audible modification of the directional bands, it becomes clear that sound localization gets a difficult task and front back errors are inevitable.

Regarding the RMS error the in-ear TCAPS models seem to modify the icfb differences the least, compared to earmuff TCAPS. Nevertheless there are differences in the amount how in ear TCAPS modify the icfb difference. The BANG model, regardless of using the 3-flange or the custom earplug, introduces less RMS error when used on a dummy head with Type 3.3 pinnae than the QuietPro model. This can also be obtained on the corresponding icfb difference curves, where the negative peak around 6 kHz to 8 kHz is less important for the BANG model than for the QuietPro model. The earplugs of the QuietPro model have larger dimensions and they jut out of the ear much more than the earplugs of the BANG model, resulting in more geometric modifications of the pinna and HRTF changes. Using the smallest possible earplugs, e.g. in the ear canal devices, should result in the weakest icfb difference modifications.

References

- [1] Hofman, P., Van Riswick, J., Van Opstal, J., 1998, Relearning sound localization with new ears. *Nature Neuroscience* 1:417-421
- [2] Joubaud, T., Zimpfer, V., Garcia, A., Langrenne, C., 2017, Sound localization models as evaluation tools for tactical communication and protective systems, *Journal of the Acoustical Society of America*, 141:2637-2649
- [3] Atherley, G., Noble, W., 1970, Effect of ear-defenders (earmuffs) on the localization of sound. *Occupat. Environ. Med.*, 27_:260-265
- [4] Blauert, J., 1969, Sound Localization in the Median Plane. *Acoustica* 22:205-213



Bhriku Kumar LAHKAR

bhriku.kumar_lahkar@ensam.eu

Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak (IBHGC)

Arts et Métiers ParisTech, Paris

SUMMARY

Researcher with professional experience

Research interest in musculoskeletal modelling and implant design

An avid learner

Competent in time management and team building

EDUCATIONAL QUALIFICATION

- 2017-present Doctor of Philosophy (PhD) in the domain of biomechanics, IBHGC, ENSAM, Paris
- 2016-2017 Master of Biomedical Engineering, University of Paris Descartes, Paris
- 2014-2016 Master of Engineering in Computer Aided Design, Thapar University, India
- 2006-2010 Bachelor of Technology in Mechanical Engineering, Tezpur University, India

PROFESSIONAL EXPERIENCE

- 2010-2013: Design Engineer for Euro-6 engine (DAF Trucks), Larsen & Toubro Limited

PUBLICATIONS

- 2018 A subject specific finite element based method for soft tissue artifact reduction in motion analysis, W. Skalli, A. Assi, B. Lahkar, T. Hermal, PY. Rohan, X. Bonnet, H. Pillet, 8th World Congress of Biomechanics, Dublin
- 2017 Hydraulic flow model of plant organs in response to physical and environmental factors, B. Lahkar and T. Bera, Simulation, 93(10)
- 2017 Fast subject specific finite element mesh generation of knee joint from biplanar X-Ray Images, B. Lahkar, PY. Rohan, H. Pillet, P. Thoreux, W. Skalli. 15th international symposium CMBBE 2018, Portugal

ACHIEVEMENTS

- 2016 MIEM international scholarship, Sorbonne University, Paris, France
- 2014-2016 All India Council for Technical Education Scholarship, Government of India

SKILLS

Ansys, Matlab, Geo-magic studio, PTC Creo, Computer Aided Design, Finite Element Analysis, Knee Biomechanics

INTERESTS AND HOBBIES

Cooking, Photogrphahy, Playing football, Learning language

A framework for subject specific knee joint finite element modelling under passive knee flexion

Bhriku Kumar LAHKAR – Arts et Métiers ParisTech – IBHGC

In an effort to improve diagnostics and treatment of knee joint laxity and to minimize post-operative complications, development of patient-specific computational models of the knee joint is subject of current interest and investigation. A key strength of computational models is that they can provide an insight on the relative contributions of the musculoskeletal components on the passive biomechanical response. This knowledge is paramount for improving surgery outcomes. In vivo personalization of geometry and mechanical properties however still represents a significant challenge in daily clinical setup. The objective of this contribution was therefore to investigate relative contribution of geometry and material properties on the passive kinematic response of the knee joint in Flexion-Extension using Finite Element (FE) modelling.

Experimental data of passive knee Flexion-Extension tests of 8 fresh frozen lower limbs previously acquired [1] were used to generate the associated subject-specific FE geometrical models. During the experiment, each ligament attachment location had been marked with radio opaque paint and bone segments had been CT-scanned. These data were used to personalize the geometry of both the bones (femur, tibia and patella) and ligament insertions in the FE model (Fig.1). A previously described method was used to get a regular subject specific mesh as shown in Fig.2. First, generic material properties obtained in a previous study were assigned to the ligaments and the static response was computed using an implicit solver in ANSYS. Second, an inverse procedure was used to calibrate the material properties of the ligaments to improve the experimental-numerical agreement.

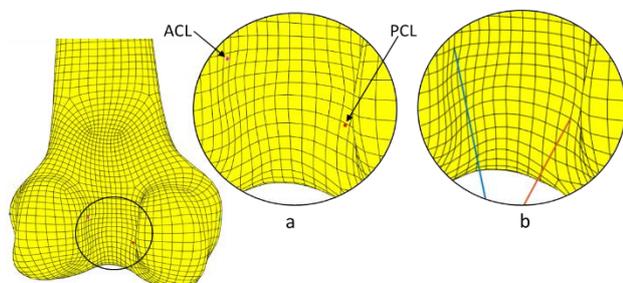


Fig. 1. Posterior view of the femur showing (a) mapped ligament attachment sites on the FE mesh and (b) implemented attachment site in the FE model using nearest node interpolation.

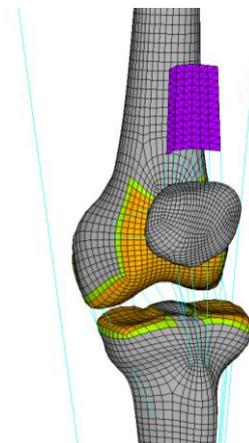


Fig. 2. Global knee mesh.

Preliminary results for femoro-tibial kinematic response are obtained. Analysis of the individual responses with generic material properties showed that the deviation between the experimental and numerical responses (reported as median(interquartile range)) of Rx, Ry, Tx, Ty and Tz were 1.2° (2.3°), 9.8° (8.8°), 5.6mm (2.7mm), 1.7 mm(1.9mm) and 1.9mm (2.3mm) respectively. Personalization of the ligament allowed to improve the goodness-of-fit resulting in the following femoro-tibial kinematic results respectively: 1° (1.4°), 2.9° (2.6°), 4.4mm (1.2mm), 1.1mm (1.9mm) and 1.9mm (2mm).

Results obtained in this contribution on eight specimens strongly suggest that personalization of both geometry and mechanical properties are paramount in order to properly assess and analyze the individual passive kinematic response of the knee joint. Perspective work includes assessing response in-vivo for asymptotic, pathological and operated knee.

References

- [1] Rochcongor, G., Pillet, H., Bergamini, E., Moreau, S., Thoreux, P., Skalli, W., Rouch, P., 2016. A new method for the evaluation of the end-to-end distance of the knee ligaments and popliteal complex during passive knee flexion. *The Knee*. 23(3), 420–425.

Ingénieure Matériaux

PROJET PROFESSIONNEL

À travers mon cursus, j'ai cherché à m'orienter vers l'étude du comportement mécanique de matériaux dans le domaine des transports (automobile, aéronautique, ...) et celui de l'énergie (éolienne, hydrolienne, solaire, ...). Cela dans un but d'amélioration des performances techniques (allègement des structures), de réduction des coûts et de respect de l'environnement (recyclabilité). La transition énergétique et la consommation raisonnée des énergies sont en effet des thèmes importants pour moi, et je les considère comme clefs dans notre société.

Après ma thèse, je souhaite m'orienter vers une carrière académique avec un projet de recherche axé sur le comportement mécanique de matériaux permettant cette transition.

CONTACT

ADRESSE

Laboratoire I2M – DuMAS
Esplanade des Arts & Métiers
33400 Talence

EMAIL

louise.le_barbenchon@ensam.eu

OUTILS

Bureautique

Pack Office
Latex

Conception

Catia V5

Programmation

Python
VBA

Éléments finis

Cast3m

LANGUES

Anglais



Allemand



Japonais



EXPÉRIMENTAL

Microscopie

Microscope Optique

MEB, Microtomographie à rayons X

Analyse d'images (ImageJ, Avizo)

Caractérisation mécanique

Essais de traction/compression

Corrélation d'images numériques

ACTIONS CULTURELLES

Vulgarisation scientifique

Création de contenu pour le site de l'I2M

Animation du compte Twitter du laboratoire

Organisatrice de l'événement Pint Of Science 2019 (Bordeaux)

Soutien scolaire bénévole

Accompagnement d'une jeune fille de 5ème en maths/physique-chimie/français

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Doctorante au laboratoire I2M, Arts & Métiers ParisTech, Bordeaux

Octobre 2017 à aujourd'hui (1 an et 6 mois)

Étude du comportement mécanique de matériaux composites à base liège pour l'aéronautique sous conditions sévères

Mécanique des Matériaux, Matériaux cellulaires, Sollicitations dynamiques

Vacataire enseignante, Arts & Métiers ParisTech, Bordeaux

Mars 2018 à aujourd'hui (1 an)

TD RDM/Théorie des Poutres (~30h/an) – ENSAM, Fromation continue, Bac+3

TD Mathématiques (~20h/an) – ENSAM, Bachelors, Bac +1

Ingénieure Bureau d'Études Stagiaire, Continental, Toulouse

Mars – Août 2017 (6 mois)

Caractérisation mécanique avancée de polymères thermoplastiques fibrés

Mise en place d'essais de fatigue, traction et compression cyclée et création de modèles matériaux pour la base de données Digimat

Ingénieure de recherche Stagiaire, AIST, Nagoya, Japon

Mai – Août 2016 (4 mois)

Learning & acquiring chemical modifications and physical processes of wood based materials au laboratoire des matériaux éco-renouvelables

Etude MEB du bois, mise en forme par moulage et caractérisation mécanique

Bénévole dans des fermes biologiques (WOOFing), Ontario, Canada

Juillet– Août 2013 (2 mois)

FORMATION

Ingénieure Matériaux, INP-ENSIACET, Toulouse, France

2014 - 2017

Conception et optimisation des propriétés de nouveaux produits ou systèmes constitués de matériaux métalliques, polymères ou céramiques micro ou nano structurés et de leurs composites

Membre de l'association des élèves de l'INP Toulouse

Semestre d'études en Master 2 – EPFL, Lausanne, Suisse

Septembre 2016 – Janvier 2017 (5 mois)

Cours de master en anglais orientés vers la conception et la mise en forme de composites, biomatériaux et bioélectronique flexible, mécanique quantique

Projet de recherche au laboratoire de céramique sur les piles à combustible (optimisation de l'électrolyte d'une micro-SOFC), Encadrant : Paul Muralt

CPGE PCSI/PC*, Lycée Chateaubriand, Rennes

2012 - 2014

Projet TIPE : Détection d'une exoplanète par analyse d'images, avec l'Observatoire Astronomique de Rennes

Baccalauréat S-SVT Mention Très Bien, section européenne allemand

Rennes, 2012

Membre du Conseil de la vie lycéenne : Mise en place du recyclage de papier au lycée en collaboration avec l'association la Feuille d'Érable

Étude du comportement mécanique du liège aggloméré pour l'aéronautique sous sollicitations sévères

Louise LE BARBENCHON – Arts et Métiers ParisTech – Laboratoire I2M DuMAS

Dans une optique d'allègement des structures, l'amélioration et le renforcement des matériaux deviennent des préoccupations grandissantes pour les acteurs majeurs de l'aéronautique et l'aérospatial. L'adéquation de certains matériaux à balayer un large spectre de capacités permettrait d'apporter des gains de masse substantiels sur de nombreuses applications existantes. Le liège est un de ces matériaux polyvalents grâce à sa composition chimique et sa structure cellulaire naturelle [1]. En plus de sa faible densité, il permet une atténuation des vibrations, il est également un très bon isolant phonique et thermique, ce qui justifie son actuelle utilisation dans l'isolation des structures telle que dans la sonde ExoMars EDM (bouclier thermique). Sa structure étant celle d'une mousse, il est également envisagé pour des applications d'absorption d'énergie mécanique. Ainsi, les matériaux composites à base de liège, déjà utilisés en aérospatial pour leurs capacités thermiques et acoustiques, apparaissent comme des candidats à fort potentiel. Parmi eux le *liège aggloméré* composé de grains de liège agglomérés ensemble grâce à une résine polymère est ici examiné.

Du fait de l'échelle supplémentaire des grains, les mécanismes de déformation d'endommagement et rupture peuvent différer d'un matériau cellulaire classique. Le but de ce travail de thèse est donc d'étudier finement le comportement mécanique de matériaux cellulaires multi-échelles et de décrire ces mécanismes.

Dans un premier temps, la microstructure complexe de ce matériau fortement hétérogène a été étudiée. Pour cela plusieurs techniques d'imagerie ont été mises en jeu. De la microscopie optique a permis d'étudier le matériau à l'échelle de la structure. Un microscope électronique à balayage a aussi été utilisé pour descendre à l'échelle micrométrique et donc observer les cellules qui constituent les grains de mousse. Enfin la tomographie à rayons X a rendu possible l'étude en trois dimensions (3D) du matériau et a donné accès à des informations volumiques, telles que la taille et l'organisation des porosités entre grains, autrement inaccessibles par les techniques d'observation surfaciques habituelles [2].

Du fait de ses diverses utilisations possibles, le matériau sera soumis à une large gamme de vitesses de sollicitation et d'environnements (température,

humidité, ...). La dépendance de son comportement mécanique à ces différents types de sollicitations a déjà été mise en évidence. À l'origine de cette dépendance, plusieurs sources sont envisagées. Les matériaux polymères constitutifs des parois, mais également le gaz à l'intérieur des cellules comprimé au cours d'un essai peuvent causer une augmentation des contraintes. Il est donc nécessaire de mettre en lien le comportement mécanique du matériau avec sa microstructure pour pouvoir appréhender les mécanismes de déformation, d'endommagement et de rupture du liège aggloméré et ainsi identifier les points forts du matériau.

La suite du travail de thèse a donc consisté en l'étude de l'influence du temps (régime quasi-statique/dynamique) et de la température et de les mettre en lien avec la microstructure à diverses échelles (grains/ cellule). Des essais vibratoires ont permis d'étudier le comportement du liège aggloméré en régime linéaire à différentes fréquences et températures. Ils ont confirmé la présence d'un phénomène de transition du matériau constitutif des parois aux alentours de 10°C. Des essais de compression en régime dynamique en température sont actuellement développés et seront menés prochainement. Des essais de tomographie à rayons X in-situ ont également été menés au laboratoire MATEIS à l'INSA Lyon afin d'identifier les mécanismes de déformation du matériau en compression.

Pour confirmer les observations et les hypothèses faites grâce aux différents essais mis en place, la dernière partie du travail de thèse proposera une modélisation du comportement du liège aggloméré. Elle tentera de décorréler les divers paramètres (matériau/structure) influençant le comportement mécanique du liège aggloméré. Elle permettra également d'identifier les principaux éléments à prendre en compte pour la réalisation d'une modélisation à l'échelle de la structure et destinée à un usage industriel.

Références

- [1] L. J. Gibson, K. E. Easterling, and M. F. Ashby, "The Structure and Mechanics of Cork," *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 377, no. 1769, pp. 99–117, 1981
- [2] E. Maire, "X-Ray Tomography Applied to the Characterization of Highly Porous Materials," *Annual Review of Materials Research*, 2012.



Anneline LETARD

@ : anneline.letard@ceebios.com

Arts et Métiers ParisTech

LCPI / 151, boulevard de l'hôpital,

75013 campus de Paris

Directeur de thèse : Améziane AOUSSAT

Co-encadrement de la thèse : Nicolas MARANZANA

Encadrement du Ceebios: Kalina RASKIN

Diplômée de l'Ecole des Beaux-Arts du Mans, Anneline Letard obtient son Master en design d'espace de la cité en 2015 avec un projet pluridisciplinaire, un concept car qui s'inspire des éléments naturels. Passionnée de créations écologiques et bio-inspirées c'est tout naturellement qu'elle se spécialise durant et à l'issue de ses études dans la conception de projets biomimétiques pluridisciplinaires. Elle est depuis 2016 en charge des missions de design et méthodologies au sein du Centre Européen d'Excellence en Biomimétisme de Senlis (Ceebios). Son travail porte sur l'intégration du biomimétisme dans les processus de conception. Riche de son expérience professionnelle, Anneline Letard débute en 2017 une thèse co-encadrée par le Laboratoire de Conception Produits et Innovation des Arts et Métiers ParisTech sur la thématique de la « Structuration du transfert des connaissances biologiques et techniques par les méthodes du Design » (2017-2020).

Design et biomimétisme : Structuration du transfert des connaissances biologiques et techniques par les méthodes du Design (2017-2020)

Anneline LETARD – Arts et Métiers ParisTech – LCPI

Ces 15 dernières années la biomimétique connaît un intérêt croissant [1][2] dû à une prise de conscience mondiale des enjeux environnementaux et sociétaux qui impose aux décideurs, scientifiques et aux industriels de rechercher des stratégies d'innovations responsables.

Malgré le développement croissant de publications scientifiques liées à ce sujet [2], très peu de produit aboutissent à une mise sur le marché. Cela s'explique par le manque d'une méthodologie commune, la difficulté du travail interdisciplinaire [3], un temps de développement relativement long pour des innovations de rupture telles que celles proposées par la biomimétique [4] et le manque de compréhension des mécanismes biologiques d'intérêts.

A ce jour, 53 outils de coopération interdisciplinaire ont été identifiés mais restent peu utilisés [2], [5]. D'une part ils n'intègrent que très peu les biologistes ce qui rend difficile l'identification de modèles ou des principes inventifs biologiques. D'autre part, développés dans le domaine de l'ingénierie, ils sont pour la plupart fondés sur une analyse par composante et non par le système et n'intègrent que rarement le contexte social, économique et environnemental [2], [6]. Il est donc nécessaire de faciliter et structurer le transfert de connaissances entre les disciplines et d'intégrer simultanément différentes composantes du système d'intérêt (les flux entrants et sortants, ses multiples échelles, les usages et enfin les facteurs anthropologiques).

Dans ce cadre et dans la continuité des travaux de recherche menés par P.E Fayemi au LCPI, sur les méthodologies et processus biomimétiques [7], cette thèse de doctorat se donne pour objectif d'optimiser et structurer, grâce à la mobilisation des méthodes et des compétences des designers de formations artistiques [8], le transfert mutuel de connaissances de la biologie vers la technologie. Le but est de favoriser et rendre systématique l'appropriation et l'utilisation de la biomimétique dans un contexte industriel complexe et systémique, à des fins de durabilité. Pour ce faire notre problématique de recherche est la suivante :

Comment optimiser les étapes d'abstraction et de transfert du processus biomimétique par les méthodes et compétences du designer ?

Nous posons les deux hypothèses suivantes :

L'intégration d'un designer permet de faciliter et optimiser les étapes d'abstraction et de transfert en

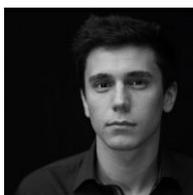
créant et structurant des ponts entre les différentes disciplines.

L'intégration de méthode issue des processus cognitifs des concepteurs permet d'optimiser et de piloter le processus biomimétique.

Une convergence forte entre les enjeux de la biomimétique et les compétences des designers de formation artistique a été démontré [8]. Néanmoins les processus cognitifs en support de ces compétences ne sont aujourd'hui pas clairement identifiés dans la littérature. C'est pourquoi un questionnaire et deux expérimentations étudiantes et industrielles ont été mis en place et sont en cours d'analyse. Nous souhaitons définir dans un premier temps ces processus cognitifs et dans un second temps, déterminer leurs impacts sur le processus biomimétique.

Références

- [1] Y. Bar-Cohen, "Biomimetics - Using nature to inspire human innovation," *Bioinspiration and Biomimetics*, vol. 1, 2006.
- [2] K. Wanieck, P.-E. Fayemi, N. Maranzana, C. Zollfrank, and S. Jacobs, "Biomimetics and its tools," *Bioinspired, Biomim. Nanobiomaterials*, vol. 6, no. 2, pp. 53–66, Jun. 2017.
- [3] S. Jacobs, E. C. Nichol, and M. Helms, "Where Are We Now and Where Are We Going? The BioM Innovation Database," *J. Mech. Des.*, vol. 136, no. 11, pp. 1–10, 2014.
- [4] P. Ricard, "Le biomimétisme : s'inspirer de la nature pour innover durablement," 2015.
- [5] O. Speck, D. Speck, R. Horn, J. Gantner, and K. P. Sedlbauer, "Biomimetic bio-inspired biomorph sustainable? An attempt to classify and clarify biology-derived technical developments," *Bioinspiration and Biomimetics*, vol. 12, pp. 1–15, 2017.
- [6] P. Bila-Deroussy, "Approche systémique de la créativité : outils et méthodes pour aborder la complexité en conception amont," *École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, École doctorale n° 432 : Sciences des Métiers de l'ingénieur*, 2015.
- [7] P.-E. Fayemi, "Innovation par la conception bio-inspirée : proposition d'un modèle structurant les méthodes biomimétiques et formalisation d'un outil de transfert de connaissances To cite this version : HAL Id : tel-01531185 | École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, École doctorale n° 432 : Sciences des Métiers de l'ingénieur, 2016.
- [8] A. Letard, N. Maranzana, K. Raskin, and A. Aoussat, "DESIGN ET BIOMIMÉTISME : QUEL RÔLE POUR LE DESIGNER ?"



Benjamin LEVY

Benjamin.levy@ensam.eu

Laboratory of Mechanics, Surface and Materials Processing (MSMP-EA7350), Rue Saint-Dominique, 51000 Châlons-en-Champagne.

Arts et Métiers ParisTech

Parcours universitaire

- 2012 – 2014 : **Institut Universitaire de Technologie – Mesures Physiques**, option Matériaux. Marseille Saint-Jérôme.
- 2014 – 2017 : **E.N.S.C.B.P** _ Bordeaux INP – **Chimie des matériaux**. Bordeaux Pessac.
Formation en Alternance : Saint-Gobain Research Provence – ZirPro.
- 2018 – 2020 : **SMI & Arts et Métiers ParisTech** _ *Doctorat* – **Mécanique des matériaux**. Châlons-en-Champagne, Aix-en-Provence.
Thèse CIFRE : Saint-Gobain Research Provence – ZirPro – TDS.

Formations

- Jeunes Managers – Saint-Gobain Research Provence.
- Le Brevet comme source d'information techniques – ANRT
- Garder la maîtrise d'un patrimoine informationnel – ANRT
- La propriété intellectuelle ? Un ensemble d'outils au service du chercheur – ANRT.
- Contact Mechanics and Elements of Tribology – Mines ParisTech
- Introduction à Abaqus Dassault Systèmes – Simulia
- Modélisation et simulation de la coupe par enlèvement de matière – Arts et métiers ParisTech.
- L'entrepreneuriat dans tous ses états – Arts et métiers ParisTech.
- 24 heures de l'entrepreneuriat – Arts et métiers ParisTech & ANRT.

Projet

A la fin de ma thèse, je voudrais travailler dans un centre de recherche et développement, idéalement, à l'étranger. La composante développement du produit est importante, en effet, la proximité business R&D oriente les démarches de recherche et les inscrit dans une démarche globale intéressante : chaîne complète de réalisation d'un produit. D'où mes motivations à la réalisation d'un doctorat, plus haut diplôme reconnu à l'international, il favorise les embauches en centre de recherches.

Les grands groupes ont l'avantage de permettre une évolution internationale et pluridisciplinaire qui me semble bénéfique pour un début de carrière. Toutefois, je suis fortement attiré par la flexibilité et le dynamisme des jeunes structures, j'espère pouvoir y évoluer un jour. Ces structures nécessitent de développer une vision globale et stratégique de la recherche (moins de fonction support et donc plus d'implication dans la mise sur le marché).

A terme, j'ai pour ambition de monter ma propre entreprise (conseils ou développement de produit).

Etude expérimentale et numérique des interactions billes/cibles lors du transfert de la signature du procédé de grenailage.

Benjamin LEVY – Arts et Métiers ParisTech – Laboratory of Mechanics, Surface and Materials Processing (MSMP-EA7350), ...

Le grenailage est un procédé mécanique permettant le nettoyage et l'optimisation mécanique (1) des surfaces, via l'envoi de particules sur une cible. Il existe des applications plus récentes consistant en la fonctionnalisation de surfaces pour des applications diverses, telles que : la corrosion, le frottement, l'adhésion bactérienne (2), antiallure (3) et, par exemple, la finition cosmétique (4)...

La société SEPR développe et commercialise des médias en céramiques, sous la marque ZirPro®, permettant de réaliser ces fonctionnalisations. Le développement de nouveaux produits et services, pour le grenailage, est gourmand en coût et en temps de par sa nature empirique. C'est pour cette raison, que l'équipe de recherche basé à Saint-Gobain Research Provence a souhaité accroître, au travers de cette thèse, ses connaissances du procédé et notamment : les phénomènes de transfert des signatures procédés, des signatures mécaniques, tribologiques et cinématiques des médias sur les cibles traitées ; en vue de développer des approches numériques prédictives et d'orienter le développement de nouveaux produits, traitements et service.

Le grenailage est un procédé pluridisciplinaire, piloté par un ensemble de facteur. Pour une compréhension plus fine des interactions et le développement de modèles robustes, il a été jugé nécessaire de le décomposer en une approche unitaire pour ensuite revenir au procédé global. Pour conserver la dimension industrielle du procédé à l'échelle laboratoire, un banc d'essai avec son propre système d'air comprimé et disposant d'une buse venturi industrielle a été instrumenté de deux caméras rapides couplées, voir Figure 1.

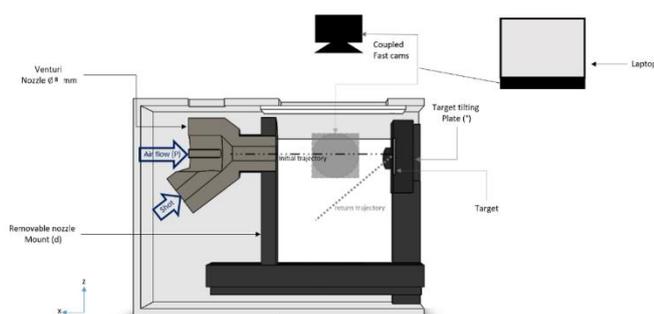


Figure 1: Schéma du banc d'essai

À la différence des études présentées dans la littérature, la conservation d'une buse industrielle implique une projection aléatoire et multidirectionnelle de la particule, d'où la nécessité de suivre la particule selon deux plans orthogonaux pour obtenir des informations de déplacement pertinentes (vitesses incidentes et de rebond, énergies cinétiques, angle de projection...) et non biaisés (changement de plan de la particule impliquant une mesure de vitesse faussée).

Pour identifier les facteurs influençant le transfert des signatures à la cible, les empreintes isolées ont été observées à l'aide de différents outils : Confocal, MEB, Interféromètre et AFM pour réaliser une analyse multi-échelle. Ces essais ont déjà permis de retrouver le lien existant entre densité de la particule et sa vitesse. Ainsi que le lien entre les propriétés intrinsèques de la particule (masse volumique et dureté) et la signature morphologique laissée sur la cible (diamètre et profondeur de l'empreinte). Il a, également, été montré un lien direct entre la rugosité des particules (revêtu ou non-revêtu) leur vitesse et les motifs dans les empreintes.

Ces résultats permettent également d'alimenter des modèles mono-impact développés avec le logiciel Abaqus, en utilisant la méthode des éléments finis (associé à des éléments infinis pour optimiser les résultats) ou la méthode SPH (5). L'ensemble de ces premiers résultats sont encourageants et permettent le passage au second niveau de l'étude : le procédé réel.

Il est alors important, d'étudier les aspects morphologiques des particules (usure en machine), dispersion granulométriques des produits et de développer des méthodes d'analyses systémiques et robustes (Watershed).

Références

1. *High density ceramic shot for peening application*. **Cabrero, J.** et al. Montréal, Canada : s.n., 2017. ICSP13. pp. 61-66.
2. *The influence of nanostructured features on bacterial adhesion and bone cell functions on severely shot peened 316L Stainless steel*. **Bagherifard, S.**, et al. s.l. : Biomaterials.
3. *effect of nano-peening surface texturing on self-cleaning function*. **CONIGLIO, N.**, et al. 126-134, s.l. : Surface & Coatings Technology, 2018, Vol. 353.
4. **Beaudonnet, A.L., Cabrero, J. and Lambert, T.** *Method for modifying the appearance of a surface*. USA, 06 07, 2016.
5. *Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) : An Overview and Recent Developments*. **Liu, M.B. and Liu, G.R.** 25-76, s.l. : Arch. Comput. Methods Eng, 2009, Vol. 17.

Xixi LI

xixi.li@ensam.eu

PIMM Laboratory, Arts et Métiers ParisTech, Campus Paris

151 Boulevard de l'Hôpital, 75013, Paris, France

EDUCATION

<p>PhD study 2017-Now Paris, France</p>	<p>École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Thesis: "Lamb waves propagation in composite structures in presence of ageing and laser induced delamination: application to structural health monitoring"</p>
<p>Master of Science 2016 Shanghai, China</p>	<p>Tongji University, Mechanics and aerospace engineering Thesis: "A Study on Elastic Modulus Measurement by Laser Ultrasonic and Phased-array Elasticity Imaging Method"</p>
<p>Bachelor of Engineering 2013 Shanghai, China</p>	<p>Tongji University, engineering mechanics Main courses include: Computation mechanics, elastic theory, mechanics of vibration etc.</p>

PUBLICATIONS

- **LI Xixi**, MONTEIRO Eric, REBILLAT Marc, *et al*, Investigation of nonlinear Lamb wave/damage interaction: numerical and experimental approaches. SMART 2019.
- **LI Xixi**, ZHAO Jinfeng, PAN Yongdong. On the measurement method of material constants based on laser ultrasonic field testing system. Journal of Experimental Mechanics, 2016, 31(3): 352-360 (in Chinese).
- **LI Xixi**, WANG Wei, PAN Yongdong. Acoustic wave separation method in visualization of laser ultrasonic testing. Technical Acoustics, 2014, 33(4): 150-152 (in Chinese).
- **LI Xixi**, PAN Yongdong, ZHONG Zheng. Numerical simulation of laser excited 3D acoustic field of semi-infinite isotropic solid (SPAWDA). 2013 Symposium on. IEEE, 2013.

PROJECTS

- Visualization and finite element simulation of acoustic field excited by laser Sept. 2013 – Sept. 2014
- Study of the ultrasound elastography algorithm based on finite element simulation Sept. 2014 – March 2016

SKILLS

- **Language:** Fluent in English, a little knowledge in French, native in Chinese
- **Computer:** Matlab, Abaqus, Python

Investigation of nonlinear Lamb wave/damage interaction: numerical and experimental approaches

Xixi LI

Arts et Metiers ParisTech, PIMM Laboratory

One of the most important issues in engineering is the monitoring and the early detection of structural damages to prevent catastrophic failures. This process is referred to as Structural Health Monitoring and is expected to provide considerable improvements with respect to safety and maintenance costs. More particularly, the focus is here put on composite structure representative of aeronautic applications and the damages to be monitored are of “delamination” type.

Since linear feature of Lamb wave are only sensitive to large defects such as open cracks, nonlinear features generated by Lamb wave/damage interaction were employed for the detection of the delamination damage. Experiments are conducted on composite plates made of carbon fiber reinforced polymer. The plates are equipped with two piezoelectric transducers for transmitting and receiving signals respectively. One plate is calibrated with a delamination damage at the center using laser shock wave technique(LSWT).

On the other hand, Finite element method(FEM) is used here for investigating the physical mechanism of the nonlinear wave properties generated by wave/damage interaction. Two damage models are studied and implemented at the delamination area: a spring model and a contact model. An undamaged plate is also presented as reference in both finite element simulations and experiments. Fourier transform is used to transform the time signals into frequency domain.

Nonlinear phenomena induced by the interaction between Lamb waves and delamination damage in composite structures are observed in both experiments and finite element simulations. Experimental results from the damaged plate show superharmonics and subharmonics, while only fundamental frequency component appears in the healthy case. An analysis of the interaction between Lamb waves and delamination damage is performed

using FE simulation method. Two damage models, the spring model and the contact model, are employed and calculated. The simulation results show that super-harmonics can be observed from the contact model, while only fundamental frequency exists in the spring model and healthy model.

A comparison was conducted between experiments and FE simulations, showing that results from the contact model achieved good agreement with experimental results. It can be concluded that a contact interaction model is appropriate for characterizing the interaction between Lamb wave and a real delamination damage, and that it can be used to simulate nonlinear interaction between delamination interfaces. Results show that higher harmonics can be used as identification of the existence of delamination damage in a composite structure. A contact interaction model can represent the mechanical behavior of delamination damage and can be used for a real delamination modelling.

References:

- [1] D. Broda, W. J. Staszewski, A. Martowicz, T. Uhl, and V. V. Silberschmidt, “Modelling of nonlinear crack-wave interactions for damage detection based on ultrasound - A review,” *J. Sound Vib.*, vol. 333, no. 4, pp. 1097–1118, 2014.
- [2] R. Soleimanpour, C.-T. Ng, and C. H. Wang, “Higher harmonic generation of guided waves at delaminations in laminated composite beams,” *Struct. Heal. Monit. An Int. J.*, vol. 16, no. 4, pp. 400–417, 2017.
- [3] M. Ghrib *et al.*, “Generation of controlled delaminations in composites using symmetrical laser shock configuration,” *Compos. Struct.*, vol. 171, pp. 286–297, 2017.



Quentin LOIZEAU

Quentin.loizeau@safrangroup.com

LISPEN EA 7515, Arts et Métiers, UBFC, HESAM, Institut Image, France

2 rue Thomas Dumorey, 71100 Chalon-sur-Saône, France

Arts et Métiers ParisTech

Formation

- 2016 – 2017 :  Master en Sciences, Technologies, Santé de l'ENSAM intitulé « Management des Technologies Interactives 3D » (MTI3D), à l'Institut Image de Chalon sur Saône. [Institut Image, Chalon sur Saône, France](#)
- 2014 – 2017 :  Diplôme d'ingénieur de l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM) au CER d'Angers. [Arts et Métiers Paris Tech, Angers, France](#)

Activités et projets

- 2017 : Stage de Fin d'Etudes chez SAFRAN LANDING SYSTEMS | 24 semaines | [Support Client](#)
 - Recherches bibliographiques sur l'usage de la Réalité Augmentée dans l'industrie,
 - Etude d'intégration de la Réalité Augmentée dans les procédures de maintenance des trains d'atterrissage, 
 - Réalisation de démonstrateurs en Réalité Augmentée pour validation du concept.
- 2016 : Stage Assistant Ingénieur chez SNCF | 11 semaines | [Direction Innovation & Recherche](#)
 - Mise en place d'un atelier de prototypage rapide (Fab'Lab / Impression 3D),
 - Réalisation de guides utilisateurs et de projets de démonstration,
 - Accompagnement du Challenge SNCF TrainDroïde. 

Ma formation d'ingénieur ainsi que les stages que j'ai pu réaliser durant mon cursus m'ont permis d'appréhender les problématiques de l'industrie et d'acquérir les compétences indispensables pour évoluer dans ce milieu en perpétuelle mutation. Grâce à la spécialisation que j'ai suivie, j'ai pu me familiariser avec les méthodologies propres à la recherche et avec les technologies en lien avec les domaines de la visualisation numérique 3D, tels que la réalité augmentée (RA) ou la réalité virtuelle (RV).

Le stage de fin d'études que j'ai réalisé avait pour objectif la mise en place de démonstrateurs permettant de mettre en évidence les apports de la réalité augmentée dans le cadre de la maintenance des trains d'atterrissage. Il m'a permis de mettre en pratique les compétences que j'ai acquises et d'en développer de nouvelles dans un projet innovant incluant de nouvelles technologies numériques dans un milieu de haute technologie aéronautique.

Les travaux de thèse que je poursuis chez SAFRAN s'inscrivent tout à fait dans le prolongement direct de ce stage et ouvrent les portes à de futurs projets faisant le lien entre les problématiques industrielles et le développement de nouvelles technologies et outils de travail numériques. Ces travaux me permettent d'enrichir ma formation par une expérience professionnelle de recherche tout en étendant mes compétences ainsi que les connaissances dans les domaines de la RA et de l'industrie.

MÉTHODOLOGIE DE MISE EN ŒUVRE D'UN DISPOSITIF DE RÉALITÉ AUGMENTÉE EN MILIEU INDUSTRIEL - APPLICATION À LA MAINTENANCE

Quentin LOIZEAU – Arts et Métiers ParisTech – LISPEN EA 7515, Institut Image

Contexte

Je réalise ma thèse en contrat CIFRE entre le LISPEN et l'entreprise Safran Landing Systems. Cette dernière souhaite développer les usages des technologies de réalité augmentée (ou RA) à l'échelle industrielle afin d'assister les opérateurs lors de la réalisation des opérations de maintenance sur ses équipements.

Concernant l'aspect logiciel, nous travaillons en partenariat avec la société Diota qui a été sélectionnée par Safran en 2016 pour la performance de sa solution de reconnaissance basée modèle 3D et son intégration dans l'écosystème de développement en place dans l'entreprise.

La réalité augmentée permet d'enrichir la perception qu'un utilisateur va avoir d'une situation réelle en y superposant des éléments numériques contextualisés (recalage spatial et temporel) au moyen d'un dispositif de captation, de traitement et d'affichage (écran, casque, projecteur, ...) [1].

Problématique

Dans ce contexte, bien que les résultats obtenus montrent un intérêt à utiliser la réalité augmentée dans les milieux industriels complexes en complément ou en remplacement des outils actuels [2], peu d'applications sont développées faute d'outils adaptés pour introduire la technologie dans l'environnement industriel.

Pour faire avancer l'intégration de la réalité augmentée dans l'industrie, la problématique que j'explore au travers de ma thèse est de déterminer et de formaliser une manière de déployer cette nouvelle technologie du numérique de façon pertinente en milieu industriel en tenant compte à la fois de l'ensemble des contraintes induites par le métier de la maintenance aéronautique et des contraintes associées au déploiement d'une telle technologie.

Pour réaliser cela, l'objectif global de mes travaux est de proposer, mettre en place et évaluer une méthode ainsi que des outils permettant de piloter d'une manière appropriée l'intégration d'une nouvelle technologie telle que la réalité augmentée dans le contexte industriel tout en mettant en place les composants nécessaires pour son évaluation.

Travaux

La première étape a été de valider l'intérêt de la technologie en phase d'utilisation. L'étude de l'intégration de la réalité augmentée sur les autres éléments de la chaîne de valeur impactés fera l'objet des étapes suivantes.

J'ai commencé par étudier la documentation technique des équipements aéronautiques et les processus sur sites de production et de maintenance pour identifier les acteurs, les tâches et les interactions au cours de la maintenance.

En parallèle, j'ai démarré un état de l'art sur le déploiement de la réalité augmentée en milieu industriel centré sur son application dans la maintenance et dans l'aéronautique. Grâce à cela, j'ai identifié des critères pour sélectionner et développer les premiers cas d'usage autour de la réalité augmentée, tout en facilitant son acceptation par les opérateurs [3].

J'ai complété mes travaux avec la recherche de critères d'évaluation de la réalité augmentée pertinents et utilisables sur le terrain, à la fois avec une optique de productivité des opérations de maintenance et d'assistance aux opérateurs.

J'ai démarré les mesures vis-à-vis de ces critères au travers de plusieurs cas d'usages en atelier, intégrés dans les processus, qui ont permis de valider l'intérêt de la technologie sur ces tâches spécifiques et le besoin d'utiliser des outils adaptés aux différentes situations.

Perspectives

La poursuite de ces travaux consiste actuellement à mettre en place un modèle permettant d'anticiper sur ces observations afin de prédire l'apport de la réalité augmentée sur d'autres activités à partir des résultats actuels et à venir.

Références

- [1] R. T. Azuma, «A survey of Augmented Reality,» Presence, vol. 6, n° 14, pp. 355-385, 1997.
- [2] P. Fite-Georgel, «Is there a reality in Industrial Augmented Reality?,» chez 2011 10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2011, 2011.
- [3] R. Palmarini, J. A. Erkoyuncu et R. Roy, «An Innovative Process to Select Augmented Reality (AR) Technology for Maintenance,» chez Procedia CIRP, 2017.



Racha MANAII

Racha.manaii@ensam.eu

Laboratoire Angevin de Mécanique, Procédés et innovAtion
(LAMPA)

Arts et Métiers ParisTech 2 Boulevard du Ronceray, 49100 Angers

Ingénieur Docteur en mécanique des matériaux

EXPÉRIENCES

Juillet 2017

(En cours)

Bourguébus (14)

Angers (49)

Doctorante en thèse CIFRE

Département R&D de l'entreprise Depestele

- Etude de la durabilité des bio-composites à matrice thermoplastique.

Ingénieur R&D

Valeo

Janvier –Juin 2017

(6 mois)

Ben Arous

- Soutenez les ingénieurs industrialisation pour assurer un bon développement produit / process.
- Trouvez des solutions de productivité technique.
- Définir les plans de validation des produits suite à des modifications en se basant sur les spécifications clients.
- Réalisez le suivi des demandes et des besoins du centre de compétences.

Mars-Août 2016

(6 mois)

Gandrang (57)

Ingénieur R&D (stagiaire)

ArcelorMittal

- Amélioration des propriétés mécaniques d'un acier bainitique en utilisant des traitements thermiques.

Mars-Juillet 2015

(5 mois)

Angers (49)

Ingénieur R&D (stagiaire)

LAMPA

- Etude du comportement à l'impact d'un composite à fibres de lin et matrice polypropylène: approche expérimentale

FORMATIONS

2015-2016

Diplôme Master de Recherche (M2) : Materials and Engineering Sciences

ARTS et Métiers ParisTech ENSAM, Paris

2012-2015

Diplôme d'ingénieur en Génie Mécanique, Conception et Production Intégrée

Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Tunis (ENSIT)

2010-2010

Etude préparatoire scientifique option : Physique&Techniques

Institut Préparatoire aux Etudes d'Ingénieur El Manar

COMPÉTENCES

- Langage de programmation : Matlab,
- Logiciels de calcul et modélisation: Abaqus
- Logiciels de conception: SolidWorks, Catia
- Bureautique: Word, Excel, PowerPoint, Outlook.

LANGUES

- Français: bilingue
- Anglais: courant
- Arabe: langue maternelle

Durabilité des bio-composites à matrice thermoplastique

Racha MANAI – Arts et Métiers ParisTech– Laboratoire Angevin de Mécanique, Procédés et innovAtion (LAMPA)

Les matériaux composites à fibres végétales présentent un intérêt scientifique et économique exceptionnel compte tenu de leur faible coût, faible masse spécifique, flexibilité de mise en œuvre, propriétés mécaniques compétitives, recyclabilité, manipulation et conditions de travail plus sûres et principalement leur respect de l'environnement. Ainsi, les fibres végétales sont devenues une catégorie importante de renfort [1] et d'après les prédictions, la consommation totale de matériaux biodégradables augmentera à un rythme annuel moyen de près de 13% [2]. Plusieurs fibres végétales ont été étudiées pour renforcer les polymères.

Pour rester dans une perspective écologique, l'association des fibres de lin avec un polymère thermoplastique présente un atout majeur. Des résines thermoplastiques (TP) hautes performances pouvant rivaliser en termes de performances mécaniques et de tenue en température avec les résines thermodurcissables (TD) de type époxyde ont été développées. Toutefois, les TP nécessitent toujours un apport de chaleur et de pression pour la mise en œuvre ce qui pénalise souvent leur utilisation avec des fibres de lin qui se dégradent sous une température élevée (>200°C). En plus, ces fibres prometteuses sont constituées d'éléments qui les rendent très hydrophiles. Cet aspect des fibres de lin voire de toutes les fibres végétales complique leur utilisation avec des résines thermoplastiques qui elles sont hydrophobes d'où la nécessité d'étudier leur durabilité comme dans le cadre de cette étude.

Les matériaux utilisés dans cette étude sont constitués de fibres de lin et de la résine TP Elium@ comme matrice. Les fibres sont issues de la biomasse et associent rigidité et légèreté. Les fibres ont été fournies par le groupe DEPESTELE sous forme de tissus bidirectionnels équilibrés à armature sergé avec un grammage de 360 g/m². Les tissus sont reconnus pour leur meilleure résistance au délaminage et propriétés transverses par rapport aux structures unidirectionnelles. La résine a été fournie par Arkema. Selon le fournisseur, la résine Elium@ est « la première résine thermoplastique liquide qui permet de fabriquer des pièces composites ».

Les résultats de la fig.1 montrent un pic exothermique lors du premier chauffage en

l'absence d'une post-cuisson suggérant un manque de polymérisation. Deux types d'Elium@ ont été testées avec des proportions de catalyseur allant de 2 à 4 %. Ce pic a été présent pour tous les essais effectués et se produit toujours à la même plage de température entre 100 et 160 °C. Dès le deuxième chauffage, ce pic disparaît. Comme la résine Elium@ est amorphe, ce dernier ne peut être ni un pic de cristallisation, ni de fusion. Puisque qu'il est fréquent d'observer ce phénomène pour les thermodurcissables lors de leur cuisson in-situ, ce pic a été considéré comme une indication de la reprise de la polymérisation et qu'il disparaît une fois que celle-ci est bien finie.

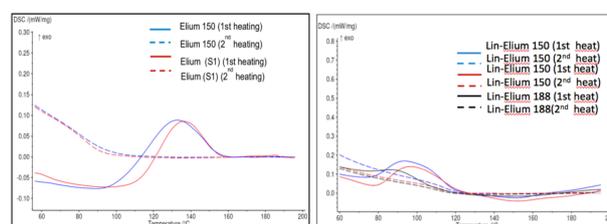


Fig. 1 Résultats DSC pour la résine pure (à gauche) et le composite (à droite)

Aucun effet de la post-cuisson n'a été observé sur les propriétés mécaniques pour les directions transversale et longitudinale du composite. En revanche on constate une augmentation de 25% de la déformation à la rupture pour les éprouvettes post-cuites à $\pm 45^\circ$ comme le montre la fig.2.

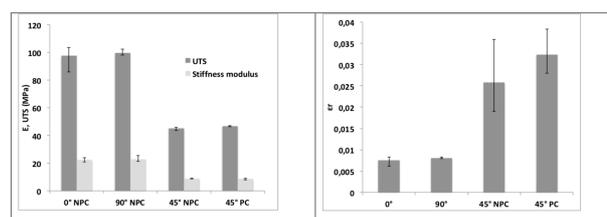


Fig. 2 Propriétés mécaniques du matériau lin/Elium@

Références

- [1] Ray, D., Sengupta, S., Sengupta, S. P., Mohanty, A. K., & Misra, M. (2007). A study of the mechanical and fracture behavior of jute-fabric-reinforced clay-modified thermoplastic starch-matrix composites. *Macromolecular Materials and Engineering*, 292(10–11).
- [2] Ramesh, M., Palanikumar, K., & Reddy, K. H. (2017). Plant fibre based bio-composites: Sustainable and renewable green materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79(February).



Kevin MARCHAIS

kevin.marchais@ensam.eu

06 71 50 29 12

I2M / Esplanade des Arts et Métiers, 33400 Talence / Campus de Bordeaux

Arts et Métiers ParisTech

24 ans

Compétences

Méth. numériques Éléments discrets, Éléments finis, Volumes finis, Réduction de modèle

Programmation C/C++, Fortran 90, Python, Calcul parallèle

Informatique Git, Latex, Qt

Logiciels Fluent, Matlab, Office

Anglais Courant, TOEIC 880/990

Espagnol Intermédiaire

Expériences

Février 2018 à Aujourd'hui **Doctorant - CIFRE**, Safran Additive Manufacturing, Magny-les-Hameaux (78), Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M), Talence (33)

Compréhension des comportements granulaires lors de l'étalement de poudre dans le procédé de fabrication additive Laser Beam Melting.

- Modélisation de l'étalement de poudre
- Caractérisation des poudres
- Développement d'un code de calcul
- Communications en conférences

Mars 2017 **Ingénieur calcul - Stage**, ArianeGroup, Le Haillan (33)

à Septembre 2017 Développement d'un outil de calcul en temps réel pour l'optimisation de la cuisson de pièces composites en autoclave.

Octobre 2015 à Février 2017 **Projet académique**, 2ème et 3ème années

Modélisation numérique d'un procédé de synthèse de composite (matrice céramique) à haute température (SHS) par propagation de flamme.

Juin 2016 **Ingénieur calcul - Stage**, Survitec Zodiac, Chevanceaux (17)

à Septembre 2016 Développement d'un outil de calcul de champ thermique au sein d'un radeau de survie stocké pour garantir son déploiement.

Formation

Depuis 2017 **Arts et Métiers ParisTech**, Doctorat, Talence (33)

2014 - 2017 **ENSEIRB-MATMECA**, Ingénieur - Mathématiques & Mécanique, Talence (33)

Calcul Haute Performance (HPC), Méthodes numériques, Mécanique des fluides, Transferts thermiques

Master Recherche Mathématiques appliquées et statistiques, Talence (33)

2012 - 2014 **Cycle Préparatoire de Bordeaux (CPBx)**, Talence (33)

Centres d'intérêts

Sports Cyclisme, Football, Tennis

Compréhension des comportements granulaires lors de l'étalement de la poudre dans le procédé LBM (Laser Beam Melting)

Kevin MARCHAIS– Arts et Métiers ParisTech – Institut de Mécanique et d'Ingénierie

Le procédé LBM est un procédé de fabrication additive de pièces métalliques. Il consiste à superposer des couches de matières fondues par l'application d'un laser sur un lit de poudre. Pour chaque couche de matière, deux étapes interviennent : l'étalement de la poudre sur la couche de matière précédente et la fusion du lit de poudre par le laser. Cette thèse s'intéresse à la phase d'étalement de poudre pour comprendre le comportement de celle-ci lorsqu'elle est étalée par un racleur. Il est nécessaire de comprendre quels sont les effets des paramètres procédé sur la qualité du lit de poudre afin de produire un lit de poudre optimal pour la phase de lasage.

Il s'agit principalement d'un travail numérique qui consiste à développer un outil de simulation de l'étalement de lit de poudre (Figure 1). Pour cela, il est nécessaire de mettre en place un modèle numérique représentant le comportement des grains de poudre. La méthode numérique utilisée est la méthode des éléments discrets [1] particulièrement adaptée à la simulation de milieux granulaires. Chaque grain est modélisé par un élément discret et est soumis aux différentes interactions qui interviennent lors de l'étalement. Il faut alors identifier les différentes lois de comportement. Lors du contact entre deux grains, il y a une répulsion des grains, du frottement et de l'adhésion. Le frottement est modélisé par la loi de Coulomb et le modèle d'adhésion par un modèle proche du modèle JKR [2] qui prend en compte les forces de Van der Waals ainsi que les forces de capillarités causées par la présence d'humidité au sein de la poudre.

Les paramètres matériaux de ces lois de comportements varient selon les poudres et sont inconnus pour un échantillon donné. La morphologie des grains ou les conditions dans lesquelles ils évoluent influent le frottement et l'adhésion. Des essais de caractérisation sont mis en place expérimentalement et numériquement pour obtenir les valeurs des paramètres grâce à la comparaison de l'expérience et de la simulation. Le premier essai envisagé est l'essai du tambour tournant (Figure 2) qui consiste à faire tourner un cylindre partiellement rempli de poudre autour de son axe et d'observer le comportement granulaire et notamment l'angle d'avalanche de la poudre. Le deuxième essai étudié est l'écoulement à travers un cône de Hall qui consiste à faire s'écouler un échantillon de poudre

dans un cône dont le sommet est sectionné (comme pour un sablier) et en mesurer la coulabilité.

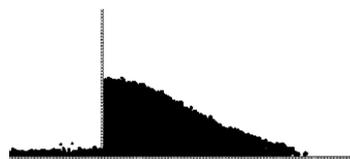


Figure 1 Simulation de l'étalement de poudre



Figure 2 Simulation du tambour tournant

Ensuite, il est nécessaire de développer le code permettant la simulation de l'étalement de poudre en prenant en compte les différents éléments du procédé d'étalement (racleur, plateaux, ...) ainsi que de mener une étude paramétrique afin de comprendre l'influence des différents paramètres procédé et trouver des configurations adaptées aux échantillons de poudre utilisés pour produire un lit de poudre optimal.

La conductivité thermique du lit de poudre doit être maximale et homogène pour permettre une fusion optimale par le laser. Ainsi, sa densité doit être la plus élevée possible et le nombre de contacts moyen par grain doit être maximal puisque la conductivité est favorisée lorsque les particules sont en contact. Ces propriétés ainsi que l'homogénéité du lit de poudre sont mesurées à l'issue de la simulation.

Les premières études réalisées montrent que la vitesse du racleur a une influence majeure sur la qualité du lit de poudre puisqu'une faible vitesse de racleur produit un lit de poudre plus dense qu'avec une vitesse élevée, en revanche cela impacte le temps de production. La granulométrie des poudres a également été étudiée, plus précisément l'écart-type de la distribution de tailles de particules. Les résultats obtenus montrent que les meilleurs lits de poudre sont réalisés avec une distribution dont l'écart-type est petit. Enfin l'adhésion a un impact très important sur la coulabilité des poudres et cela pointe la nécessité de caractériser l'adhésion des échantillons utilisés pour réaliser des simulations représentatives du comportement de la poudre.

Références

- [1] P. A. Cundall, O. D. L. Strack, A discrete numerical model for granular assemblies, Géotechnique, Volume 29 Issue 1, p. 47-65, 1979
- [2] K. L. Johnson, K. Kendall, A. D. Roberts, Surface energy and the contact of elastic solids, Proc. R. Soc. Lond. Ser. A., vol. 324, p. 301-313, 1971



Thibault MARSAN

thibault.marsan@ensam.eu

IBHGC / 151 boulevard de l'hôpital / Paris

Arts et Métiers ParisTech

Formations

- 2017-en cours
Paris-France
- Doctorat Biomécanique et ingénierie pour la santé (AM)**
Sujet : Modélisation biomécanique personnalisée des mécanismes lésionnels de la hanche sur les sports de pivot : application au tennis de table.
Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak, Paris
- 2016-2017
Paris-France
- Diplôme de MASTER RECHERCHE SCIENCES, TECHNOLOGIES, SANTÉ**
Mention Bioingénierie : Biomedical Engineering. Spécialité : Biomécanique : des tissus aux structures musculo-squelettiques
Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak, Paris
- 2016-2017
Cachan-France
- Diplôme de l'ENS CACHAN**
Mention Génie mécanique
ENS CACHAN
- 2016
Cachan-France
- Admis au concours de l'agrégation externe**
Sciences industrielles de l'ingénieur option ingénierie mécanique
ENS CACHAN
- 2015-2016
Cachan-France
- Diplôme de Master de SCIENCES, TECHNOLOGIES, SANTÉ**
Mention MÉCANIQUE. Spécialité : Formation à l'enseignement supérieur en Mécanique
ENS CACHAN

Expériences professionnelles

- 2017-en cours
Paris-France
- Arts et Métiers ParisTech, Paris**
Monitorat sur trois ans
- Cours de Mathématiques (Algèbre linéaire et Analyse)
 - o FIP (Formation d'ingénieur en partenariat) de première année.
 - Cours de Résistance des matériaux en anglais
 - o M1 BioMech (Biomechanical Engineering)
- 2017
Paris-France
- Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak, Paris**
Stagiaire cinq mois
- Stage en biomécanique du sport, analyse du mouvement
 - Analyse biomécanique du golf : analyse cinématique du swing de golf
 - Mise en place et réalisation d'acquisition du mouvement
- 2015
Pittsburgh, USA
- Allegheny General Hospital de Pittsburgh,**
Stagiaire trois mois
- Stage en biomécanique du sport, analyse du mouvement
 - Modélisation élément finis du ligament collatéral ulnaire du coude

Logiciels utilisés

PowerPoint, Word, LaTeX, Vicon Nexus, IdefX, OpenSim, Catia, Mendeley, Matlab, Sourcetree

Langues

- Français : C2 - Maternel
- Anglais : B2 - Intermédiaire Supérieur
- Allemand : A1 - Notions

Comparison of lower limbs kinematics for table tennis forehand drive between generic and personalized models

Thibault Marsan – IBHGC, Arts et Métiers ParisTech

Introduction

Studying sports is the key to improve performance as well as reducing the risk of injury. In Table tennis, many injuries are located on the upper limbs, but also at the hip joint [1]. To investigate the origin of these hip injuries, both bones morphology and articular kinematics should be taken into account. Definition of joint centers are needed for computing articular kinematics, but non-palpable joint centers compel to their estimations. A commonly used method for hip joint center location is based on scaling a generic model [2], but its accuracy may be not sufficient for table tennis kinematics analysis where large hip joint movements occurred. Data fusion based on medical imaging may be considered as a reference for determining joint center locations and particularly for the hips [3], but weight down the measurement protocol and the data processing. Thus methodology choice made for determining joint locations location may drive to different joint kinematics during a forehand drive. The aim of this study is to determine if a scaling method is accurate enough for the determination of lower limbs kinematics during a table tennis forehand drive through multibody kinematic optimization.

Methods

One volunteer (male, right-handed, 18 yo, 1m78, and 65kg) was involved in this study. After receiving its written consent, he was equipped with 10 markers on the pelvis, both femurs and tibias. Three dimensional locations of the reflective markers were captured using an optoelectronic motion capture system (Vicon® System, ©Oxford Metrics Inc., UK, 200Hz). He then performed five trials of ten forehands drives with his own racket. One forehand drive was randomly selected among the ones with all markers present an all frames. Immediately after the motion capture acquisition, low dose biplanar radiographs were acquired (EOS, EOS imaging) without removing the skin markers. This allowed 3D reconstructions of the pelvis, femurs, tibias, and markers; to define anatomical frames, and accurate markers locations in embedded bones reference frames. Two methods of personalization were investigated in this research. The first consisted in scaling the model to fit the markers captured during a static acquisition ($M_{SCALING}$), with the OpenSim software scaling routine [2]. The second one was based on EOS 3D reconstructions of bones and markers (M_{EOS}). In order to minimize the impact of

the soft tissue artefact on the kinematics results, a multibody kinematic optimization was performed using OpenSim 3.3 software [2] for both methods. The three degrees of freedom of the hips and the one of the knee were computed for both models. The root-mean-square error (RMSE) between experimental and simulated markers of all the markers was assessed for both methods. The root-mean-square difference (RMSD) between the degrees of freedom of the two models was also computed.

Results

Markers RMSE is smaller with M_{EOS} than with $M_{SCALING}$ during the forehand drive. The RMSD of the degrees of freedom showed a higher difference on the non-playing side (NPS) for the three degrees of freedom of the hip: Flexion/Extension (F/E), Adduction/Abduction (Ad/Ab) and Internal/External rotation (Int/Ext). The percentage of difference compared to the value from the reference method (M_{EOS}) is also higher on the NPS than on the playing side (PS) for Ad/Ab (4% PS, 8% NPS) and for Int/Ext (33% PS, 45% NPS).

Discussion

Markers RMSE is smaller with the M_{EOS} model than with $M_{SCALING}$ one, which confirms that subject-specific approach improves kinematics results for complex movements [3] such as table tennis forehands drives. Differences in markers RMSE lead to differences in hip joint kinematics. This induced a difference in the estimation of the degrees of freedom of up to 44% (3° for Int/Ext on NPS). It is then likely that this variation will generate modifications on kinetics data computed from inverse dynamics processing. The choice of the method to personalize joint centers should be taken into account when studying kinematics of a sport such as table tennis as it changes the kinematics results. It would be interesting to compare those results with other personalization methods such as functional or identification methods. Further work involving more subjects is still needed to evaluate the full implication of model personalization of those methods on the various biomechanical data.

References

- 1 Nguyen, SFTS 2016
- 2 Delp, IEEE transactions on bio-medical engineering 2007; 54(11): 1940-1950
- 3 Sangeux, Gait & Posture 2014; 40(1): 20-5.



Yaasin MAYI

yaasin.mayi@protonmail.com | fr.linkedin.com/in/yaasinmayi

Laboratoire PIMM / 151 bd de l'Hôpital / 75013 Paris

Arts et Métiers

Key Achievements

- Awarded the Arts et Métiers Silver Medal, rewarded to the top 10% final ranking (December 2018).
- Designed and co-ordinated three preventive maintenance standards for CNC machines (drilling, cutting and plasma cutting), during a three-month mission as Lean Manufacturing Consultant in a French company of the steel construction industry (CMBC Constructions Métalliques, May 2016).
- Piloted 130 Arts et Métiers students as part of the “Grand Défi” volunteering project, during which they had to refurbish five departments of the local hospital centre, including the emergency service, in less than 24 hours (November 2015).

Education

PhD research student: Arts et Métiers / Safran Tech, Paris, Fr (March 2018 - today)

- CIFRE thesis financed by Safran Tech.
- Thesis title: Numerical modelling of the physical phenomena involved in Laser Beam Melting (LBM).
- In collaboration with the Mechanical and Engineering Institute (I2M) and with the Centre for Material Forming (CEMEF).
- Research activities: Designing finite element models of laser-material interaction during LBM (involving fluid mechanics, heat transfer, optics, transport of species ...), Designing and conducting experiments to validate the models.
- Conferences: COMSOL Conference (Lausanne, October 2018), CSMA 2019 - 14th national seminar on structure mechanics (Giens, May 2019), Sim-AM 2019 - 2nd international conference on simulation for additive manufacturing (Pavia, September 2019).
- Other activities: Supervised a master's degree thesis on equivalent conductivity models of granular materials.

Msc. in Advanced Materials: Cranfield University, Cranfield, UK (October 2016 - September 2017)

- Modules: Material Engineering, Machining Moulding and Metrology, Composite Manufacturing, Failure of Materials and Structures, General Management, Finite Element Analysis, Material Selection, Surface Science and Engineering.
- Group design project: developed a process by which thermal energy can be stored with a thermochemical process, using materials such as hydrated salts.
- Individual thesis - at the Jean Lamour Institute (IJL) and in collaboration with the LEM3 laboratory: developed a multi-scale numerical model of cellular/dendritic solidification of metal alloys during laser welding and Laser Beam Melting (LBM).

Engineer's degree: Arts et Métiers, Châlons-en-Champagne, Fr (September 2014 - September 2017)

- Engineer's degree (equivalent to master's degree) in Mechanical, Industrial and Energy engineering.
- Group research project: research on mechanical and metallurgical transformations involved in Friction Stir Welding (FSW) of aluminium alloys and heterogeneous aluminium/copper welds.

Interests and Extracurricular Activities

- Travelling: Canada, Congo (Democratic Republic of), Czech Republic, Germany, Portugal, Spain ...
- Sport: Traditional taekwondo (4 years), Basketball (5 years).
- Literature: Science fiction, dystopia, essays, novels.

Numerical modelling of the physical phenomena involved in Laser Beam Melting (LBM)

Yaasin MAYI – Arts et Métiers – Laboratoire PIMM

Additive manufacturing gathers technologies where near net shape components are produced by depositing successive layers of materials, either metals, polymers or ceramics. Among these technologies, Laser Beam Melting (LBM) is garnering industrial interest, particularly in the aerospace sector, as this process enables producing very complex shapes with integrated functionalities.

LBM is performed in a build chamber filled with inert gas, generally argon. A thin ($\approx 100 \mu\text{m}$) layer of metal powder is melted at high speed ($\approx 1 \text{ m/s}$) by a laser, following a computer-programmed pattern. The interaction between the laser beam and the powder bed gives rise to complex physical phenomena (Fig. 1) which must be understood to control the process at the industrial scale.

The process parameters are set in order to obtain dense parts. Generally, to identify suitable process maps, calibration components are produced and analysed (shape and dimensions of the LBM beads, metallurgical state, porosities, inclusions, etc.), but this procedure often neglects the precise study of the melt pool dynamics. However, some recent works [1] clearly demonstrated the link between the local instabilities generated at the laser-powder interaction zone and the occurrence of detrimental defects at the global scale. In this regard, multi-physical simulation of laser-material interaction becomes an essential research tool to complete experimental diagnostics, to help understanding the origin of some defects such as porosities or cracks and to predict solidification conditions.

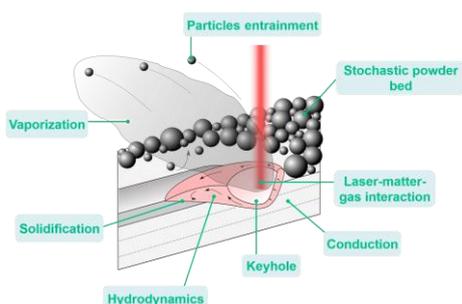


Fig. 1. Schematic of the physical phenomena involved in LBM.

However, due to the gap between the grain scale ($\approx 50 \mu\text{m}$) and the bead scale – from the millimetre to a few centimetres – current state-of-the-art multi-physical models are computationally expensive as each powder grain is individually represented [2].

Hence, simulating more than a single LBM track in a reasonable computational time is a challenging task.

To overcome this limitation, the present thesis proposes a new mesoscopic approach, based on the pioneering works of Dal et al. (2016) [3] and Chen et al. (2017) [4]. This intermediate methodology intends to bridge the gap between the fine thermo-hydrodynamic models and the purely thermal macroscopic models; but still to provide a satisfactory representation of the thermo-hydrodynamic phenomena. This new approach consists of representing the powder bed as a homogeneous absorbing media with equivalent thermal and fluid properties (Fig. 2). Apparent viscosity and surface tension are attributed to the equivalent media so that modelling powder densification, melting and melt pool spheroidisation is made possible. In addition, thermocapillary effects as well as vaporisation are implemented, so that realistic thermo-hydrodynamic phenomena are successfully taken into account. The whole multiphase flow is computed using the commercial software COMSOL Multiphysics®.

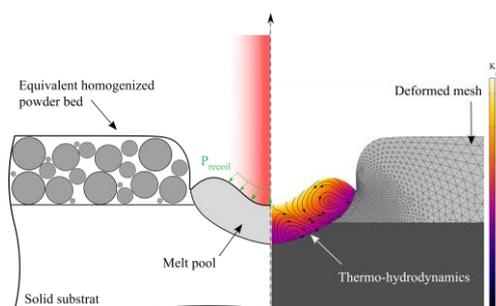


Fig. 2. Principles of the mesoscopic method with equivalent homogeneous powder bed properties.

References

- [1] V. Gunenthiram, P. Peyre, M. Schneider, M. Dal, F. Coste, R. Fabbro, J. Mater. Process. Technol. 251 (2017) 376–386.
- [2] S.A. Khairallah, A.T. Anderson, A. Rubenchik, W.E. King, Acta Mater. 108 (2016) 36–45.
- [3] M. Dal, P. Peyre, V. Gunenthiram, M. Schneider, in: ICALEO Proc., 2016.
- [4] Q. Chen, G. Guillemot, C.-A. Gandin, M. Bellet, Addit. Manuf. 16 (2017) 124–137.



Abdelhak MEKAHLIA

Abdelhak.mekahlia@vedecom.fr

Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique de puissance « L2EP » /
59000 Lille, France / ENSAM ParisTech – Centre de Lille

Arts et Métiers ParisTech

Formation

- 2017/2020** **Arts et Métiers ParisTech | Lille, France**
Préparation de Doctorat en Génie Electrique.
- 2014/2015** **ParisTech (Ecoles : Arts et Métiers, Mines, Ponts et chaussées, ENSTA) | Paris & Lille, France**
Diplôme de Master en Mobilité et Véhicules Electriques – Mention Très Bien, *Major de Promotion*
(21 étudiants)
- 2013** **Ecole Nationale Polytechnique | Alger, Algérie**
Diplôme d'ingénieur d'état en électrotechnique – Mention Très Bien, *Classé 3^{ème} en 5^{ème} année*
(32 étudiants)
- Diplôme de Master recherche en électrotechnique – Mention Excellent, *Classé 4^{ème} (32 étudiants)*

Expérience professionnelle

- Depuis** **VEDECOM – Institut de recherche partenariale publique-privée en Mobilité durable | Versailles & L2EP – Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique de Puissance | Lille, France.**
Avril 2017
Chercheur Doctorant.
Thème : Conception d'une machine à induction polyphasée pour application de traction.
- 2018** **Arts et Métiers ParisTech | Lille, France**
62 heures
Enseignant vacataire.
Heures effectuées : 48 heures de TP et 14 heures de TD
Matière enseignée : Conversion d'énergie électrique.
- 2016/2017** **Groupe AKKA Technologies – Group de conseil en technologies | Paris, France.**
14 mois **Client : Groupe Renault | Paris, France.**
CDI en tant qu'ingénieur d'études.
Mission : Développement des scripts de prétraitement et de post-traitement de données, pour une plateforme de simulation – Efficacité énergétique des Véhicules Renault. Outils : Matlab, Python, langage XML.
- 2015** **Groupe Renault – Constructeur Automobile | Paris, France**
8 mois **& L2EP – Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique de Puissance | Lille, France.**
Stage de Fin d'Etude de Master. Témoignage : Publié dans la 4^{ème} édition du journal : « **Planète Fondation Renault** ». Sujet : Modélisation, dimensionnement et contrôle des machines électriques à aimants permanents pour traction.
Outils : Matlab / Simulink, Maxwell (Ansys), FEMM.
- 2013** **Groupe ArcelorMittal – Sidérurgie | Annaba, Algérie**
6 mois
Stage de Fin d'Etudes d'ingénieur (Ecole Nationale Polytechnique, Alger).
Thème : Contrôle direct du couple « DTC » des moteurs asynchrones. Outils : Matlab / Simulink.

Publications

- 2018** **Conférence ICEM « International Conference on Electrical Machines » – Alexandroupoli, Grèce.**
Auteur principal. Présentation orale.
Papier: « Effect of Rotor Bar Number on Performance of Five-Phase Induction Machine for Traction ».
Lien : <https://ieeexplore.ieee.org/document/8506722>

Formations de l'école doctorale

- 74 heures** Formation d'ouverture scientifique et professionnelle :
Lecture rapide (21 heures), Management d'équipe (14 heures), L'habitabilité des systèmes exoplanétaires (23 heures), Brevets et Propriété Industrielle (8 heures), Modalités des publications scientifiques (8 heures).

Langues

Arabe : Maternelle. **Français** : Bilingue. **Anglais** : Utilisateur indépendant avancé (TOEIC : 820/990, Reading : 410 / Listening : 410).

Conception d'une Machine à Induction Polyphasée pour Application de Traction

Abdelhak MEKAHLIA – Arts et Métiers ParisTech – Laboratoire L2EP

Dans le contexte économique et environnemental actuel, l'électrification des moyens de transports devient de plus en plus prioritaire. L'amélioration des performances et de l'efficacité des chaînes de traction électriques présente donc un enjeu technologique et scientifique majeur.

Dans une chaîne de traction, la machine électrique est un organe majeur, elle doit satisfaire plusieurs contraintes, notamment la densité de puissance et du couple, la plage de fonctionnement à puissance constante, le rendement et le coût.

La caractéristique théorique couple vitesse « de régime permanent » d'une machine électrique peut être divisée en deux régions, comme présenté dans la Fig. 1 :

- La région à « basse vitesse » où la tension maximale délivrée par l'onduleur n'est pas encore atteinte et au sein de laquelle le couple maximum délivrable est constant.
- La région dite « de fonctionnement à puissance constante », où la vitesse correspondant à la tension maximale (dite « de base ») est dépassée, et donc l'accélération ne peut se faire qu'à une puissance théoriquement constante.

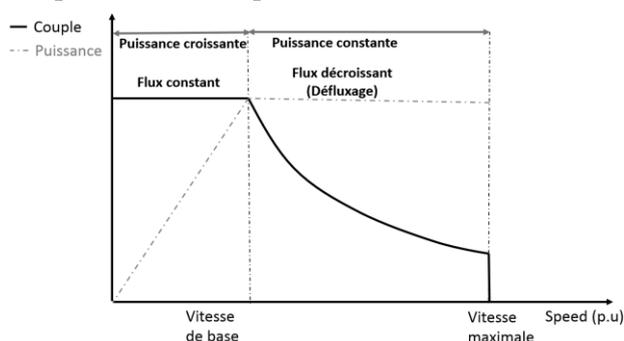


Fig. 1. Caractéristique théorique Couple-Vitesse d'une machine de traction [1].

Les machines asynchrones à induction sont attractives vis-à-vis d'une application de traction. Leur prix est plus faible que celui des machines synchrones à aimants, du fait de leur rotor simple et robuste. Ce type de machine est historiquement prédominant dans le parc mondial de conversion électromécanique, cependant il n'a pas eu sa place dans le secteur automobile à cause de sa mauvaise densité de puissance et de couple, sa plage de fonctionnement à puissance constante assez réduite (CPSR de 2 à 3) ainsi que son rendement relativement bas par rapport aux machines synchrones [1]. Ces limitations de la machine à

induction constituent une entrave à son utilisation dans les véhicules électriques avec CPSR >3.

Afin de palier à ces limitations et rendre la machine à induction de plus en plus compétitive dans le marché de l'automobile électrifiée, l'augmentation du nombre de phases (plus que 5) s'avère intéressante, vu qu'elle permet de produire du couple avec des harmoniques du courant différents du fondamental sous condition de présence des harmoniques d'espace, liés à la distribution spatiale du bobinage, de mêmes rangs, tout en gardant un niveau acceptable de couple pulsatoire [2]. Cette particularité des machines polyphasées peut être utilisée pour améliorer la densité de couple de la machine mais aussi pour étendre la plage de vitesse en utilisant un changement de polarité pour mieux balayer la caractéristique couple/Vitesse [3], [4].

Pour cela l'objectif principal de la thèse est la conception d'un entraînement à base d'une machine à induction polyphasée. Cette machine devra répondre à un cahier des charges automobile, à cet effet deux critères majeurs sont à prendre en considération :

- 1) Densité du couple : doit être améliorée afin de pouvoir atteindre des valeurs élevées du couple sans surdimensionner la machine.
- 2) Plage de fonctionnement à puissance constante (ou quasi-constante) : doit être étendue afin d'atteindre des vitesses élevées sans surdimensionner l'onduleur.

Ces deux caractéristiques peuvent être améliorées dans une machine à induction polyphasée grâce à la possibilité de produire le couple en injectant différents harmoniques.

Références

- [1] Z. Q. Zhu and D. Howe, "Electrical Machines and Drives for Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles," *Proc. IEEE*, vol. 95, no. 4, pp. 746–765, 2007.
- [2] A. S. Abdelkhalik, M. Masoud, and W. Barry, "Eleven-phase induction machine: steady-state analysis and performance evaluation with harmonic injection," *Electr. Power Appl. IET*, vol. 4, no. 8, pp. 670–685, 2010.
- [3] G. Dajaku, F. Bachheibl, A. Patzak, and D. Gerling, "Intelligent Stator Cage Winding for Automotive Traction Electric Machines," in *EVS28 International Electric Vehicle Symposium and Exhibition*, 2015, pp. 1–8.
- [4] E. Semail *et al.*, "Machines polyphasées : de la modélisation Multimachine à la commande," *J3eA, J. sur l'enseignement des Sci. Technol. l'information des systèmes*, vol. 4, 2004.



Alexandre MESSAGER

alexandre.messenger2@ensam.eu

Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M) CNRS UMR 5295

Esplanade des Arts et Métiers 33405 Talence

Arts et Métiers ParisTech / Campus de Bordeaux

Formations :

| 2017 – 2020 | Thèse de doctorat Arts et Métiers ParisTech, Campus de Bordeaux – Projet ANR GIGADEF
Étude de l'amorçage de fissures de fatigue internes courtes en régime gigacyclique dans un alliage d'aluminium de fonderie.

| 2016 | Diplôme d'ingénieur – HEI – Lille

| 2015 | Semestre d'échange à l'École de Technologie Supérieure (ETS) – Montréal

Expériences professionnelles :

| 2017 | Chargé de mission technique – I2M – Bordeaux

Méthode de calcul de durées de vie en fatigue pour des composites stratifiés à matrice polymère.

- Fatigue des composites stratifiés

| 2016 | Stage Ingénieur – I2M – Bordeaux – Collaboration avec le CETIM Senlis

Étude de l'effet d'un moment de torsion statique ou fluctuant sur la résistance en fatigue multiaxiale d'aciers pour arbre de moteur.

- Modélisation par éléments finis
- Comportement plastique non linéaire
- Fatigue multiaxiale

| 2015 | Stage de professionnalisation – CETIM – Senlis

Étude bibliographique des profils « types » de contraintes résiduelles engendrées par un procédé de fabrication ou un traitement de surface. Analyse du développement de micro-piqûres lors d'essais de fatigue de contact.

- Contraintes résiduelles
- Fatigue de contact

Enseignements :

Enseignant vacataire – Arts et Métiers ParisTech, Campus de Bordeaux

- Travaux dirigés de plasticité – 2^{ème} année de formation Ingénieur (52 heures) – Niveau M1
- Travaux pratiques de flambement – 1^{ère} année de formation Ingénieur (48 heures) – Niveau L3
- Travaux dirigés de mathématiques et de mécanique – 1^{ère} année de formation Bachelor (34 heures) – Niveau L1

Productions scientifiques :

Publication internationale :

- A. Junet, A. Messenger, X. Boulnat, et al., 2019, Fabrication of artificial defects to study internal fatigue crack propagation in metals, Scripta Materialia, 10.1016/j.scriptamat.2019.05.018.

Conférence internationale avec acte :

- M. Bennebach, T. Palin-Luc, A. Messenger, 2018, Effect of mean shear stress on the fatigue strength of notched components under multiaxial stress state. Procedia engineering, 213, 25-35.

Conférence nationale avec acte :

- A. Messenger, A. Junet, T. Palin-luc, J-Y. Buffiere, 2019, Propagation de fissures de fatigue internes courtes en régime gigacyclique dans un alliage d'aluminium de fonderie. 24^{ème} Congrès Français de Mécanique.

Étude de l'amorçage de fissures de fatigue internes courtes en régime gigacyclique dans un alliage d'aluminium de fonderie

Alexandre MESSAGER – Arts et Métiers ParisTech – I2M

La fonderie est un procédé de fabrication amplement utilisé permettant de produire, en grande série, des pièces de géométrie complexe pour un faible coût de production. Cependant, des défauts inhérents à ce procédé (pores, oxydes...) réduisent la résistance en fatigue des pièces produites car ils sont des sites d'amorçage privilégiés des fissures de fatigue. La caractérisation de la nocivité de ces défauts est donc essentielle pour améliorer la compréhension de l'impact de ces derniers sur la tenue en fatigue et permettra de concevoir au plus juste afin d'alléger les structures et réduire les rebuts.

Les études sur l'influence des défauts de surface (*en contact* direct avec l'environnement ambiant) sur la tenue en fatigue et sur les fissures propageant à partir de ces défauts sont nombreuses. A contrario, seulement quelques études récentes [1, 2] ont été publiées sur l'amorçage et la propagation de fissures de fatigue à partir de défauts internes (*sans contact* direct avec l'environnement ambiant). Ces études montrent que la vitesse de propagation d'une fissure interne est bien plus lente que celle d'une fissure de surface. Cependant, quasiment aucune donnée quantitative n'a été obtenue au cours de ces études. D'après leurs auteurs, les écarts de vitesses de propagation sont dus aux différences d'environnement de propagation entre une fissure de surface (sous air) et une fissure interne (supposée sous vide). Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est d'étudier et de caractériser les mécanismes de propagation de fissures de fatigue internes par la mise en place d'un dispositif expérimental spécial.

La propagation des fissures est observée en trois dimensions par tomographie synchrotron. Afin de provoquer l'amorçage d'une fissure interne, un défaut de fonderie artificiel est intentionnellement introduit au centre des éprouvettes et les essais de fatigue sont menés à très faible amplitude de contrainte ($\sigma_a \approx R_{p0.2}/4$). Une machine d'essai de fatigue ultrasonique, spécialement développée pour le projet, permet de réaliser les essais in-situ synchrotron. Un essai de fatigue mené grâce à un tel dispositif est bien plus rapide qu'un essai traditionnel de fatigue. Ceci permet de suivre l'évolution d'une fissure de fatigue sur plusieurs centaines de millions de cycles au cours d'une seule journée d'essai. Le système est instrumenté d'une

caméra infrarouge et d'un système d'analyse spectrale [3] en temps réel. La caméra infrarouge permet, en complément de la tomographie, de suivre l'évolution de la fissure grâce aux variations de température en surface de l'éprouvette.

Le suivi de propagation se déroule en deux phases. Dans un premier temps, l'essai de fatigue est réalisé jusqu'à ce que l'amorçage d'une fissure soit détecté par le système d'analyse spectrale en temps réel. La fissure détectée est alors observée par tomographie. Dans un deuxième temps, plusieurs courtes séquences d'essai de fatigue permettent de faire propager cette fissure. A la fin de chacune de ces séquences, la progression de la fissure est observée par tomographie. Cela permet ainsi d'observer de façon discrète la propagation de la fissure en fonction du nombre de cycles de fatigue.

Le dispositif expérimental mis en place a permis, pour la première fois, de détecter et de suivre la propagation d'une fissure de fatigue interne sur plusieurs millions de cycles (cf Fig.1).

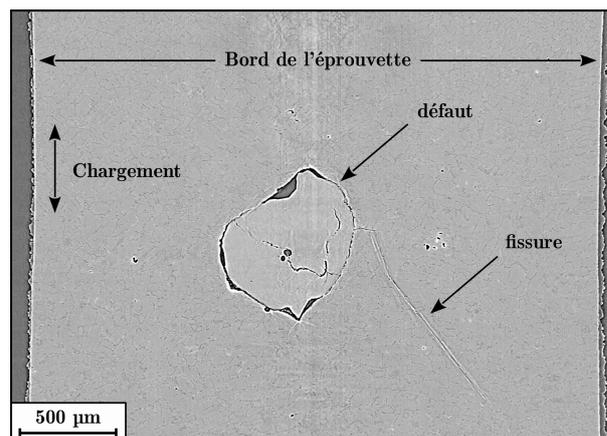


Fig.1 Coupe tomographique d'une fissure interne

Les cinétiques de propagation de la fissure interne observée seront comparées à des essais de propagation de référence réalisés sous air au laboratoire. Ce travail permettra d'étoffer les connaissances sur les conditions de propagation des fissures internes.

Références

- [1] I. Serrano-Munoz, J.-Y. Buffiere, R. Mokso, et al., Scientific Reports, 7, 45239
- [2] F. Yoshinaka, T. Nakamura, S. Nakayama, et al., 2016, International Journal of Fatigue, 93, 397–405.
- [3] A. Kumar, C.J. Torbet, J.W. Jones, et al., 2009, Journal of Applied Physics, 106, 024904.

Charles MILLE
 charles.mille@ensam.eu
 charles.mille.53@gmail.com

LAMPA équipe Présence et Innovation
 Rue Marie Curie, Changé 53810
 Campus d'Angers
Arts et Métiers ParisTech

Formation

- 2017-Aujourd'hui : Doctorat : *Étude des facteurs cognitifs liés aux outils numériques pour les phases amont de la conception*. Préparé aux **Arts et Métiers** à Laval (53)
Formation : Entrepreneuriat, Innovation, Ingénierie Collaborative, Publication scientifique
 Compétences : Ergonomie, Innovation, Science l'ingénieur, Réalité virtuelle, statistique, conduite d'expériences, rédaction scientifique.
- 2014-2017 : Cursus d'ingénieur à l'**École Nationale Supérieure de Cognitique (ENSC), Bordeaux INP** à Talence (33)
Compétences : Sciences cognitives, gestion de projet, traitement du signal, génie logiciel.

Expériences

- 2017-Aujourd'hui Doctorat : *Étude des facteurs cognitifs liés aux outils numériques pour les phases amont de la conception*. Préparé aux **Arts et Métiers** à Laval (53)
Publications :
 C. Mille, S. Fleury, S. Pasi, K. Fournier, L. Izzouzi, S. Duchossoy, T. Jean-Louis, O. Christmann et S. Richir, «Effets de stimuli externes non-pertinents sur la créativité,» chez *Epique* , 2019.
Enseignements : Informatique, ergonomie des interfaces.
- Février – Juillet 2017 Stage dans le laboratoire d'**Intégration du Matériau au Système (IMS)** de Talence (33). *Étude du stress dans la conduite automobile*.
Compétences : Physiologie, statistiques, conduite d'expériences.
- Mai – Aout 2016 : Stage à l'**Inria** de Rennes (35). *Conception d'un navigateur web contrôlé par une interface cerveau ordinateur*.
Compétences : C++, Ergonomie des interfaces, interface cerveau ordinateur.

Langue

Anglais : Toieic obtenu avec 820.

Centres d'intérêts

- 2018-2019 Représentant des doctorants au conseil scientifique des **Arts et Métiers**.
- 2016 Membre de l'équipe fondatrice du bureau des arts de l'**ENSC**.
- Musique *Batterie* : 7 ans de cours
Basse : 4 ans en autodidacte
- Jeux Maître de jeu sur différents jeux de rôle depuis une dizaine d'années
 Bonne culture vidéo ludique et de jeux de société

Étude des facteurs cognitifs liés aux outils numériques pour les phases amont de la conception.

Charles MILLE – Arts et Métiers ParisTech – LAMPA équipe Présence et Innovation

Cette thèse s'inscrit dans une chaire de recherche centrée sur l'utilisation des technologies émergentes pour assister l'innovation. Afin de bien cerner tous les changements induits par l'insertion des nouvelles technologies dans les activités de l'innovation, les travaux de la chaire ont été divisés en trois thématiques : humaine, organisationnelle et technologique. Les travaux débutés dans cette thèse sont basés sur la thématique technologique. Ils visent à étudier les chaînes numériques mises en place dans les activités de la créativité et de l'innovation et de s'intéresser aux différents facteurs humains et cognitifs afin de proposer un modèle répondant aux différentes exigences de la créativité et de l'innovation.

Les travaux entrepris vont s'intéresser aux marqueurs d'expérience utilisateurs favorisant la créativité. Plusieurs travaux [1] [2] ont démontré que la réalité virtuelle permettait de stimuler la créativité des participants sans s'intéresser à l'expérience utilisateur. Il nous semble judicieux d'investiguer ces marqueurs au travers d'une série d'études. Les travaux de Lecossiers et al. [3] ont démontré qu'en entreprise, une bonne expérience utilisateur favorise l'innovation.

Dans l'objectif de proposer une chaîne numérique s'accordant avec l'innovation, nous avons aussi étudié plusieurs modèles. La représentation Fuzzy Front End de l'innovation nous semble adéquate pour construire une chaîne. Elle offre une représentation temporelle des activités qui nous semble pertinente pour proposer de nouveaux outils. Le modèle C-K, de Lemasson, Weil et Hatchuel [4] apporte lecture différente de l'innovation. Il nous permet de modéliser l'apport de connaissances nécessaires au développement des concepts de l'innovation.

Une première expérience a été réalisée sur la l'influence de la charge cognitive perçue sur la créativité [5]. Ces travaux sont une première brique permettant d'initier nos travaux sur des recommandations pour le développement des environnements virtuels. Dans cette expérience deux tâches de créativité étaient demandées. Chacune pouvait être couplée avec un stimulus qui est jugé comme non pertinent. Une tâche était de créativité dite audioverbale avec une émission de radio comme stimulus. La deuxième tâche de créativité visuospatiale avec comme stimulus un élément lumineux tournant autour du participant.

Cette première expérience nous a permis de constater que des éléments simples présents dans l'environnement ont une influence sur la créativité. Cette influence n'est pas en lien avec la charge cognitive perçue. Ces résultats nous indiquent qu'il faut porter notre attention sur la conception de l'environnement virtuel pour qu'il soit inspirant et non distrayant. Ces travaux nous ont permis d'initier une première réflexion sur les critères d'expérience utilisateur ayant un impact sur la créativité.

Une deuxième expérience est en cours de réalisation, reprenant les expériences de Yang et al. et de Feeman et al. Au travers de cette expérience, nous souhaitons étudier d'un point de vue macroscopique la chaîne numérique des phases amont de la conception. Ces travaux ont pour but de surveiller l'expérience utilisateur évoquée au travers des différents outils. Nous souhaitons aussi mesurer la communicabilité offerte par différents outils pouvant être présents dans la chaîne numérique. Ces mesures apporteront un regard plus précis sur les mécanismes cognitifs mis en place lors de l'utilisation de certaines applications et serviront à alimenter notre modèle de recommandations pour le développement d'outil numérique et la constitution d'une chaîne numérique.

Enfin, afin de compléter ces travaux sur la créativité, nous pensons étudier l'influence de l'environnement sur la créativité et sur les connaissances pouvant être restituées par l'utilisateur. Cette dernière expérience conclura notre étude globale sur les environnements immersifs pouvant être appliqués à l'innovation.

Références

- [1] X. Yang, L. Lin, P.-Y. Cheng, X. Yang, Y. Ren et Y.-M. Huang, «Examining creativity through a virtual reality support system,» *Educational Technology Research and Development*, vol. 66, n° 15, pp. 1231-1254, 2018.
- [2] S. M. Feeman, L. B. Wright et J. L. Salmon, «Exploration and evaluation of CAD modeling in virtual reality,» *Computer-Aided Design and Applications*, vol. 0, n° 10, pp. 1-13, 2018.
- [3] A. Lecossier, Proposition d'un modèle de la phase amont de l'innovation pour permettre à une entreprise industrielle mature de créer des innovations radicales, 2018.



Youssef MINI

Courriel : youssef.mini@ensam.eu

L2EP / 8 Bd Louis XIV, 59000 – Lille / ENSAM Lille

Arts et Métiers ParisTech

FORMATION

- 2018 – 2019** 2^{ème} année de **DOCTORAT** en Génie Electrique
Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers ParisTech – Lille – France
- 2015 – 2016** **MASTER 2** en Ingénierie des Systèmes Electriques
Faculté des Sciences Appliquées - Université d'Artois - Béthune –France
- 2014 – 2015** **MAITRISE** en Génie Electrique et Informatique Industrielle
Faculté des Sciences Appliquées - Université d'Artois - Béthune –France
- 2011 – 2014** **LICENCE** en Electromécanique - Faculté des Sciences et Technologies
Université de M'Sila - Algérie
- 2011** **Baccalauréat** Scientifique Série **Mathématiques** avec mention – Mauritanie.

EXPERIENCES PROFESSIONNELLES

- **12-2016** jusqu'à **12-2017** **Ingénieur d'études** au Laboratoire des Systèmes Electrotechniques et Environnement (LSEE) - Béthune - France. Un CDD de 13 mois dans le cadre du projet CE2I (Convertisseur d'Energie Intégré Intelligent)
- **02-2016** jusqu'à **07-2016** **Stage** de fin d'études (Diplôme Master 2) au Laboratoire des Systèmes Electrotechniques et Environnement (LSEE). Dans le cadre d'une étude des performances énergétiques et acoustiques des Machines à Reluctance Variable à Double Saillance (MRVDS)
- **07-2015** jusqu'à **09-2015** **Stage** à la Société Mauritanienne d'Electricité (SOMELEC) dans le cadre de l'extension d'un poste électrique de Haute Tension (HT), et aussi à la commande et la surveillance des groupes électrogènes – Mauritanie
- **04-2015** jusqu'à **06-2015** Projet faisant office de **stage** axé sur le dimensionnement des machines électriques. Faculté des Sciences Appliquées - Université d'Artois - France
- **2014** **Projet de fin d'études** (Diplôme Licence) : Modélisation d'une machine synchrone à aimants permanents à rotor externe non magnétique - Algérie

COMPETENCES

- Informatique** MS Office, Langage C/C+, Matlab/Simulink, ControlDesk, LabView, STEP7, Arduino, CassyLab, PSpice, SOLIDWORKS, Flux 2D, FEMM, GMSH
- Langues** Anglais bon niveau, Français courant, Arabe langue maternelle.

CENTRES D'INTERETS

Lecture, navigation sur internet, musique traditionnelle, voyages, sport (Football).

Développement d'algorithmes pour le contrôle sans capteur des machines électriques polyphasées en mode normal et dégradé

Youssef MINI – Arts et Métiers ParisTech – L2EP

Actuellement l'électrification des systèmes embarqués est de plus en plus en croissance, surtout dans les domaines : avionique, marine, et système de traction (automobile). Ceci est dans le cadre de la politique qui vise à résoudre les problématiques environnementales du réchauffement climatique et de la pollution urbaine, qui se posent en grande partie à cause des gaz nocifs émis par l'industrie et les systèmes de transport de nos jours.

L'électrification de ces systèmes de transport est conditionnée par l'émergence d'entraînements électriques qui répondent aux mêmes exigences que celles des moteurs thermiques, utilisés actuellement dans la plupart des systèmes de transport. Ces exigences sont en termes de rendement, de fiabilité, de robustesse mais aussi de rentabilité.

L'organe majeur dans une chaîne de traction est la machine électrique et l'électronique de puissance avec sa commande, appelée désormais le drive. Dans ce contexte, on voit l'émergence de projets (Convertisseur d'Energie Intégré Intelligent (CE2I) [1], Motor Brain [2], 3Ccar) qui visent à concevoir des machines intégrées à partir des machines polyphasées (nombre de phases > 3). Car l'intégration de l'électronique de puissance haute température (onduleur) au sein même de la machine électrique, est devenue envisageable avec l'émergence des composants à grand gap. Ce qui va permettre de réduire la masse et le volume de l'ensemble machine et onduleur, tout en augmentant le rendement global de la machine intégrée, afin de faciliter son implémentation/utilisation dans un système de transport.

L'utilisation de machines polyphasées dans les entraînements intégrés peut être justifiée par la spécificité qu'à puissance égale, le courant par phase d'une machine polyphasée est plus faible que le courant par phase d'une machine triphasée classique, ce qui permet de diminuer les contraintes relatives à l'intégration de l'électronique de puissance. De plus, dans un contexte de fiabilité fonctionnelle, la possibilité de fonctionner en mode dégradé (défaut sur une ou deux phases) en reconfigurant juste les lois de commande, rend les drives polyphasés beaucoup plus attractifs que ceux triphasés. Sachant que cette propriété inhérente aux machines polyphasées est indispensable pour répondre aux exigences des systèmes embarqués.

Toujours dans un contexte de fiabilité fonctionnelle de la machine intégrée que vise à

concevoir le projet CE2I [1], par l'intégration d'une Machine Synchrone à Aimants Permanents (MSAP) et son variateur. Il s'avère que le capteur de position mécanique, indispensable pour le contrôle vectoriel de la machine, est susceptible d'être à l'origine d'une défaillance du système [3]. Car l'utilisation des capteurs pour mesurer la position du rotor dans des environnements extrêmes en termes de température, oscillations mécaniques, compatibilité électromagnétique, peut entraîner la défaillance du capteur ou d'une de ses connexions. Ce qui réduit de manière importante la fiabilité fonctionnelle de la machine intégrée.

Dans ce contexte, les travaux de thèse visent à développer une commande sans capteur mécanique en se basant sur des algorithmes « capteurs logiciels » fiables et robustes, permettant ainsi une continuité de fonctionnement de la machine intégrée lors d'une défaillance du capteur de position mécanique monté au bout de l'arbre (Fig. 1.).

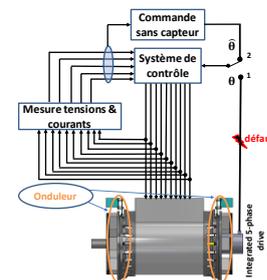


Fig. 1. Commande sans capteur pour augmenter la fiabilité de la machine intégrée CE2I

Le développement d'algorithmes robustes et fiables qui fonctionnent en mode normale et dégradé (défaut sur la machine), va permettre d'augmenter sans doute la fiabilité fonctionnelle de la machine intégrée du projet CE2I.

Références

- [1] (June. 03, 2019). *Converter Energy Integrated Smart (CE2I)*. Available: <http://ce2i.pole-medee.com/the-project/>
- [2] Y. Burkhardt, A. Spagnolo, P. Lucas, M. Zavesky, and P. Brockerhoff, "Design and analysis of a highly integrated 9-phase drivetrain for EV applications," in *2014 International Conference on Electrical Machines (ICEM)*, 2014, pp. 450-456.
- [3] P. Vas, *Sensorless Vector and Direct Torque Control* Oxford University Press, 1998, pp. 1-729.

Doctorant Arts et Métiers ParisTech– LCFC

Formation



2017-2020 - Doctorat en ingénierie mécanique : LCFC - ENSAM ParisTech - Manoir Industrie Bouzonville

- Modélisation du comportement des machines de forgeage limitées en énergie

2014-2017 - Coursus ingénieur ENSIACET spécialité génie industriel

- Maîtrise des outils de gestion de projet et de gestion industrielle :
 - Planification et suivi de projet, gestion des coûts, ressources et risques
 - Maîtrise des processus industriels, Gestion de la qualité, Management
- Transformation de la matière et génie des procédés : Thermodynamique, Génie thermique, Mécanique des fluides, Chimie, Matériaux

2012 – 2014 - Classe préparatoire aux grandes écoles Mathématiques et Physique (MP) - Lycée Henri Poincaré Nancy

Expériences



Janvier 2017-Juillet 2017 - Stage optimisation de l'opération d'équilibrage SAFRAN-Power Units

- Développement d'un modèle d'estimation de paramètres de fraisage pour le débalourdage des pièces tournantes
- Analyse des opérations d'usinage antérieures pour la réduction du balourd en amont
- Mise en place de solutions pour la diminution de l'incertitude du processus (Analyse R&R, conception de nouveaux outillages...)

Aout 2016-Janvier 2017 - Séjour d'étude en Suède Linköping University

- Génie mécanique : Résistance des matériaux et méthode des éléments finis
- Optimisation appliquée à la chaîne logistique et qualité

Avril-Aout 2016 - Stage réimplantation d'atelier SAFRAN-Power Units

- Analyse des flux de l'atelier et détermination d'un agencement théorique
- Travail avec les différents acteurs sur les contraintes techniques
- Evaluation des nouvelles performances et séquençage du projet

Compétences



Anglais

COURANT (LU, ECRIT, PARLE)

Allemand

NOTIONS

Informatique

Logiciel : MSOffice, MSProject, Adobe (Photoshop, Premiere), IBM Ilog, Matlab (Optimisation, Simulink), Maple, ANSYS, CATIA V5

Langage de programmation : C++ (Intermédiaire), VBA (Confirmé), HTML-CSS (Intermédiaire), SQL (Débutant)

Centres d'intérêt

- **Plongée sous-marine club** :
 - Niveau : 3 FFESSM
 - Initiateur de plongée
- **Musique**
 - Pratique de la guitare
- **Photographie**

Email

jeanfrancois.mull@ensam.eu

Né le 13/09/1994

Age 24ans

Mobilité France
Etranger

Permis B

Contribution à l'amélioration de la caractérisation des machines de forgeage limitées en énergie : Application au pilon contre-frappe pour la prédiction de la forgeabilité des matériaux hautes performances

Jean-François MULL – Arts et Métiers ParisTech– LCFC, Laboratoire de Conception Fabrication et Commande

L'utilisation de plus en plus courante des superalliages de nickel et de cobalt dans l'industrie conduit à de nouveaux enjeux pour l'univers de la forge. Ces nuances plébiscitées dans les industries aéronautique, pétrochimique et nucléaire présentent d'exceptionnelles caractéristiques mécaniques à hautes températures et une résistance à la corrosion très élevée, les rendant indispensables dans les environnements très agressifs thermiquement et chimiquement.

La mise en forme des superalliages présente certaines difficultés, particulièrement dans la maîtrise de la microstructure. A l'échelle microscopique, la matière est constituée de grains de tailles et de formes différentes, pouvant varier pour de mêmes nuances. Les microstructures sont influencées par les cycles thermiques, les déformations et les vitesses de déformation qu'on a fait subir à la pièce, qu'on appelle le chemin thermomécanique. On met en évidence deux phénomènes, la recristallisation qui accroît le nombre de grains de petite taille et la croissance des grains qui en réduit le nombre en augmentant leur taille. La microstructure influence les caractéristiques mécaniques de la pièce, on recherche généralement des grains en grande quantité et de faible taille pour obtenir des propriétés mécaniques plus élevées.

Le forgeage est un procédé de choix pour modifier la géométrie et la microstructure d'un matériau, souvent utilisé pour la réalisation de pièce en superalliage [1]. En effet, avec l'utilisation de machines travaillant par choc comme les pilons, on peut atteindre des vitesses de déformation très élevées et transmettre une grande quantité d'énergie à la pièce pour sa déformation. En particulier les pilons contre-frappe, machines déformant un lopin se trouvant entre deux masses projetées l'une vers l'autre, sont parmi les machines développant les énergies les plus importantes et travaillant aux vitesses les plus élevées [2]. Ces conditions extrêmes, en termes de température, de vitesse de frappe et d'énergie développée font qu'aucune instrumentation permettant l'acquisition de l'effort ou du déplacement n'a encore été réalisé sur ce type de machine rendant leur étude difficile jusqu'à présent.

Pourtant, la réalisation des gammes de fabrication demande une bonne compréhension du procédé. L'idée est d'alterner des phases de forgeage et de chauffe, où dans la première on déforme la pièce pour atteindre les géométries voulues et activer les phénomènes de recristallisation. Alors que dans la deuxième, on chauffe la matière pour rendre le matériau plus ductile et pouvoir continuer à le déformer, mais on modifie là aussi la microstructure par croissance des grains. L'enjeu est donc de pouvoir anticiper le nombre de coups à donner à la pièce et ainsi optimiser la gamme de fabrication pour que lorsqu'on a atteint la géométrie voulue, la microstructure soit celle souhaitée.

Grâce aux outils de simulation, on peut prédire la microstructure d'un matériau et l'énergie nécessaire à sa déformation selon l'opération de forgeage, cela permettant de calculer le nombre de coups total.

On constate que le type de choc influence la confiance que l'on peut avoir dans la simulation [3]. Pour des chocs inélastiques, où le lopin est très ductile, les prédictions de la simulation sont proches de la réalité tandis que pour des chocs élastiques, où une grande partie de l'énergie de forgeage est dissipée dans la machine elle-même, du fait de la résistance du matériau, on observe des écarts bien plus importants entre les prédictions et l'expérience. Cela tend à montrer que des lacunes existent dans la compréhension du comportement de la machine.

Les travaux de recherche menés à travers cette thèse visent à comprendre le comportement de la machine et quantifier son impact sur le procédé de forgeage. Ceci afin d'améliorer la simulation des opérations sous pilon contre-frappe et donc optimiser les gammes de fabrication.

Références

1. T. Altan, G. Ngaile, and G. Shen, *Cold and Hot Forging: Fundamentals and Applications* (ASM International, 2005).
2. J. R. Davis, S. Semiatin, and A. M. Handbook, *ASM Int.* **14**, (1989).
3. C. Durand, R. Bigot, and C. Baudouin, 17th Int. Conf. Met. Form. Met. Form. 2018 16-19 Sept. 2018 (2018).

Christophe MUTH-SENG

Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak
Arts et Métiers Paristech, 151 Boulevard de l'Hôpital, Paris 75013
christophe.muth-seng@ensam.eu

FORMATION

- ◆ *2017-Présent* **Doctorant en Biomécanique à l'Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak**
Modélisation personnalisée de l'ensemble tête-cou humain pour la prévention de risques lésionnels et la planification de traitements. Financée par la Fondation Paristech via la chaire BiomecAM.
- ◆ *2016-2017* **Double diplôme Arts et Métiers Paristech et Paris Descartes**
Master BME (BioMedical Engineering), Spécialité : **Recherche en Biomécanique (BIOMECH)**
- ◆ *2015* **Arts & Métiers Paristech - Paris.**
Expertise en **Bio-ingénierie : Biomécanique, ergonomie et environnement professionnel.**
- ◆ *2014* **Norwegian University of Science and Technology**
Semestre d'échange à Trondheim, Norvège. (Niveau BAC+4)
- ◆ *2012- 2014* **Arts & Métiers Paristech – Lille**
Génie **mécanique, énergétique et industriel.**
- ◆ *2010-2012* **Classes Préparatoires aux Grandes Ecoles - Lycée Chaptal (Paris VIII)**
Filière **Physique Technologie.**
- ◆ *2010* **Baccalauréat S – Option Sciences de l'ingénieur, Spécialité Mathématiques, Mention Bien**

EXPERIENCES MAJEURES

- ◆ *2017* **Conception de modèle de tissu biologique**
Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak (Arts et Métiers Paristech) en collaboration avec le Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (Université Claude Bernard Lyon I)
 - Modélisation du fascia lata par la méthode des éléments discrets.
- ◆ *2015-2016* **Stage de fin d'études au service R&D de PROTEOR**
 - Mise au point d'un essai de stabilité de pieds prothétiques
 - Calculs de structure sur matériaux composites par éléments finis
- ◆ *2014-2015* **Conception et réalisation de capteurs mesurant l'effort dans une orthèse de genou.**
ENSAM en collaboration avec **PROTEOR**
- ◆ *2013* **Stage exécutant à l'usine Placo de Vaujourn (93)**
Manutention, housage, nettoyage, préparation de palettes

AUTRES COMPETENCES

- ◆ *Langues* **Anglais** (courant, 13 ans d'étude, TOEIC (2015) : 945/990)
Espagnol (scolaire, 4 ans d'étude)
Cambodgien (maîtrise orale, langue maternelle), **Allemand** (notions)
- ◆ *Informatique* **SolidWorks & CATIA v5** (Conception assistée par ordinateur et calcul par éléments finis),
Matlab (Programmation, acquisition, traitement de données)
GranOO (Conception de modèle et calcul par éléments discrets en C++)
Pack Office

INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

- ◆ *Art graphique* **Pixel art** (13 ans), dessin et peinture.
Réalisation de l'affiche du gala "La Nuit des Fignoss" 2013 et de divers logos.
- ◆ *Voyages* Cambodge, Thaïlande, Norvège, Angleterre
- ◆ *Bénévolat* Tutorat AM - Soutien scolaire hebdomadaire bénévole au lycée Baggio en 2012-2013.

Experimental analysis of the lower cervical spine in flexion

Christophe MUTH-SENG – Arts et Métiers ParisTech – Institut de Biomécanique Georges Charpak

Introduction

Whiplash injury is a common cervical trauma and can cause some severe lesions leading to chronic pain or disabilities. While a few authors experimentally studied the injury mechanisms of the cervical spine [1-3], little data on hyperflexion could be found. The aim of this study was to characterize the behavior of cervical Functional Spinal Units (FSUs) in hyperflexion.

Material & Methods

Nine FSUs were harvested from four cadaveric cervical spines (56 ± 9 y, 2σ). A 3D-reconstruction of each specimen was made from CT-scans. FSUs were fixed into custom-made supports with screws and pins and five spherical metallic markers were implanted within each vertebra for motion tracking. A pure flexion moment was applied to the upper vertebra using an angle-controlled motor up to either a 10 Nm torque or rupture, while the lower vertebra was fixed. Biplanar X-rays were taken every 2° after torque relaxation.

The CT-based reconstructions were registered on the first X-Rays and the markers were tracked on each of them, thus giving the position of the vertebrae at each load step. A frame, centered within the vertebral body, was associated to each vertebra and allowed computation of the mobility of the upper vertebra with respect to the lower vertebra. Rotations and translations between frames were computed in the frame associated to the lower vertebra in its initial position.

Results

Out of the 9 tested specimens, 3 failures were observed, 2 of which resulted from bone fracture around fixation screws, while the third may have been caused by a rupture initiation of the interspinous ligament during dissection. The lowest rupture torque was 6.58 Nm. The load-displacement curves for all FSUs are available in Figure 1. For all specimens, a non-linear behavior was observed followed by a quasi-linear response before reaching 3.5 Nm. At 6 Nm, no failure was observed and the flexion angle between vertebrae ranged from 4° to 11.8° . At 10 Nm, the flexion angle ranged from 5.3° to 15.3° for the 6 remaining FSUs.

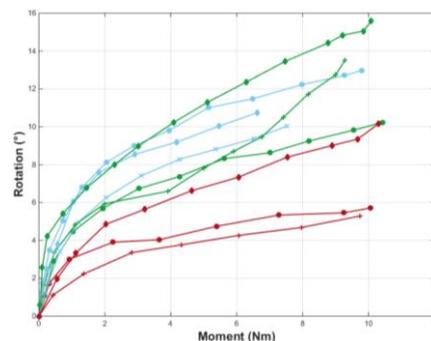


Fig. 1: Flexion angle between vertebrae for each FSU

Discussion

The non-linear load-displacement curve of the cervical spine due to the neutral zone and hyperelastic response of the ligamentous structures and disks has been widely reported in *in vitro* studies [1]. Comparative flexion angle between the present work and the literature under various moment loads are given in Table 1. Flexion angles complied with the ranges observed by Panjabi *et al.* [1] under a 1.0 Nm pure moment, though they appeared lower than what Nightingale *et al.* [2002] observed under a 3.5 Nm pure moment. However, the latter released the load between load steps.

Due to test bench limitations, samples could only be tested up to a flexion moment of 10 Nm. Three failures could be observed due to fixation or dissection. Hence the failure moment seems to be greater than 10 Nm in quasi-static flexion loading. This is consistent with the reported failure for dynamic pure moments of 17.4 ± 6.2 Nm for females [2]. Comparatively, reported failure for quasi-static pure moment application on segments of 3 vertebrae were 7.0 ± 3.2 Nm for C2-C5 and 12.1 ± 0.5 Nm for C5-T1 [3].

The results obtained, namely the vertebral motions beyond 3.5 Nm, should prove useful for model validation. Further studies could use this protocol while applying a higher load so as to analyze injury mechanisms.

References

- [1] Panjabi M.M. *et al.*, 2001, Spine, 24:2692-2700.
- [2] Nightingale *et al.*, 2002, JBiomech, 35:725-732.
- [3] Shea M. *et al.*, 1991, JBiomech, 24:95-107.



Muhammad Waqar NASIR

Muhammad_waqar.nasir@ensam.eu

Waqarnasir91@hotmail.com

Laboratoire d'étude des microstructures et de mécanique des matériaux
18 Rue Félix Savart, 57070 Metz
Arts et Métiers ParisTech

Career Objective	To improve the education quality in engineering and bring innovation in problem solving of the society.
Educational Achievements	<p>2017-2020 PhD Status: Second year in progress Supervisor Name : Professor Farid ABED-MERAIM Co-Supervisor Name:Dr Hocine CHALAL Thesis Title : Investigation of ductile damage necking interaction for the prediction of sheet metal formability.</p> <p>2015-2017 MSc Design Engineering 3.975/4</p> <p>2009-2013 B.E Mechanical Engineering 3.892/4</p> <p>2007-2009 F.Sc Pre Engineering 86.4545%</p> <p>2005-2007 Matriculation 88.4705%</p>
Work Experience	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lectureship at UET Lahore (October 2014- October 2017) ✓ Attock Refinery Limited (10th December 2013-30th September 2014) : Trainee SMS (Maintenance) ✓ Heavy Mechanical complex Taxila (July2012-August 2012) : Internship ✓ GED (North),Civil Aviation Authority, BBIAP.(July 2011-August 2011) :Internship
Educational Projects	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Modelling and Simulation of Hip Joint, determination of stress fields and designing material testing techniques for newly developed prosthesis materials. ✓ Study of Solar Assisted, Steam Power Plant using parabolic trough and calculation of land area required and tracking system parameters
Softwares	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Abaqus ✓ ANSYS ✓ MATLAB ✓ Solid Edge for 3D modelling ✓ AutoCAD for 2D drawing ✓ PTC Creo ✓ Geomagic Studio ✓ C++ ✓ Fortran

Investigation of ductile damage necking interaction for the prediction of sheet metal formability

Muhammad Waqar NASIR

PhD duration : November 2017-October 2020

Arts et Métiers ParisTech

Laboratoire d'étude des microstructures et de mécanique des matériaux (LEM3)

In the context of sheet metal forming, the occurrence of diffuse and localized necking, which are precursors to ductile fracture, represents one of the main causes for rejection of metal parts during forming operations. To accurately predict the occurrence of these defects, various theoretical and numerical approaches have been developed in the literature. Formability limit diagram (FLD) is typically used to predict the ductility limits of sheet metal during forming process. Experimental procedures to predict FLD are expensive and time consuming. Therefore, numerical approaches are preferable, these approaches require, the introduction of an appropriate constitutive model to reproduce the physical phenomena involved during forming operations and combine that with necking criteria for the prediction of plastic instabilities, such as diffuse and localized necking. Recently, the well-known Gurson–Tvergaard–Needleman (GTN) elastic–plastic–damage model has been combined with the bifurcation theory for the prediction of formability limits of ductile materials. In the present PhD thesis, the work is extended by the use of more advanced Gurson-based damage models, which allow accounting for more realistic behavior (e.g., complex non-spherical cavities, plastic anisotropy, kinematic hardening, void size effects, various coalescence modes etc.). The resulting constitutive models are then combined with various plastic instability criteria for the prediction of diffuse and localized necking in thin sheet metals.

Finished Work

Thomason coalescence criterion has been implemented with GTN model to predict the critical porosity for coalescence.

When GTN model is coupled with Rice bifurcation criteria, it is observed that the isotropic hardening parameters has no effect on porosity evolution as well as on the FLD. Considering the non-homogenous distribution of yield stress inside the RVE, the Gurson model can be modified to show sensitivity to hardening parameters. Lacroix et.al., (2016) model has been implemented to check the effect of hardening parameters on FLD. Sensitivity of porosity and FLDs on the hardening parameter is more for Power hardening law as compared to Swift hardening law. Introducing Thomason (1985) coalescence criterion, FLD and porosity become

sensitive to hardening parameters for the whole FLD.

At low triaxiality voids change their shape from spherical to general spheroids. In the literature, unit cell studies show the dependency of void shape on the lode parameter. Contribution to porosity evolution due to shear mechanism is also analyzed by the use of Nahshon and Hutchinson (2008) model. In addition, the effect of lode parameter on the prediction of forming limit diagram (FLD) is investigated. It is observed that the accelerated evolution of porosity, due to the consideration of lode parameter, induces lower ductility limits for the modified Gurson-based model, as compared to the original Gurson model. The results also demonstrate that the use of the Thomason coalescence criterion for the determination of critical porosity plays an important role in the prediction of FLDs, as compared to fixed critical porosity used in the GTN model.

Gurson model in its original form does not incorporate the void size. Dormieux and Kondo (2010) modified the Gurson model by considering a hypothetical membrane around the void. The void size has been introduced in the yield function through a non-dimensional parameter that relates void size, membrane strength and yield strength of the matrix material. It can be concluded by implementing Dormieux and Kondo (2010) model that the smaller voids gives higher ductility limits and larger strain hardening as compared to larger voids.

Future Work:

The use of advanced anisotropic yield functions in the present work for instance linear transformations based yield functions i.e., YLD2004-3D.

The use of different instability criteria for predicting the FLD, i.e., (loss of ellipticity criterion, loss of strong ellipticity condition, limit point bifurcation, and M-K imperfection method)

Références

- [1] Lacroix, Rémi, Jean-Baptiste Leblond, and Gilles Perrin. *European Journal of Mechanics-A/Solids* 55 (2016): 100-109.
- [2] Nahshon, Ken, and J. W. Hutchinson. *European Journal of Mechanics-A/Solids* 27, no. 1 (2008): 1-17.
- [3] Dormieux, Luc, and Djimedo Kondo. *International Journal of Engineering Science* 48, no. 6 (2010): 575-581.



Rafael PENAS FERREIRA

rafael.penasferreira@mpsa.com / rafa.penas1@gmail.com

Laboratoire PIMM – Arts et Métiers ParisTech

Groupe PSA

FORMATION

Mars/18 Arts et Métiers ParisTech / Groupe PSA / SDTools

Prévu Mars/21 *Doctorat*

- Construction de méta-modèles pour représenter les articulations élastiques en dynamique multi-corps.
- Encadrants : Etienne BALMES (ENSAM, SDTools), Nazih MECHBAL (ENSAM), Arnaud GAUDIN (PSA)

Août/15 Arts et Métiers ParisTech

Août/17 *Ingénierie Généraliste / Prototypage Virtuel – Double diplôme*

- Cours principaux : Eléments finis, Matériaux, Management

Février/12 Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EP-USP)

Décembre/17 *Ingénierie Mécanique – Double diplôme*

- Cours principaux : Sciences thermiques, Mécanique des solides, Dynamique

EXPERIENCES

Février/17 SDTools (Paris)

Août/17 *Stage*

- Implémentation et validation de fonctions d'hyper-élasticité sur le logiciel SDTools
- Développement d'outils d'analyse pour problèmes structurels non-linéaires.

LANGUES

Portugais	Langue maternelle
Espagnol	Courant
Anglais	Courant
Français	Courant

COMPETENCES SPECIALISEES

MATLAB	Utilisation avancée
Eléments finis	Utilisation avancée
Calcul multi-corps	Notions d'utilisation
C/C++	Notions d'utilisation

PROJET PROFESSIONNEL

AVEC UNE FORMATION D'INGENIEUR ASSEZ GENERALISTE, JE SOUHAI TE POURSUIVRE MA CARRIERE EN RECHERCHE INDUSTRIELLE DANS LE DOMAINE DE RESISTANCE / DYNAMIQUE DE STRUCTURES

Construction de méta-modèles pour représenter les articulations élastiques en dynamique multi-corps

Rafael PENAS FERREIRA – Arts et Métiers ParisTech – PIMM – Groupe PSA - SDTools

1. Introduction

Les articulations élastomères sont souvent utilisées dans l'industrie automobile, pour leurs capacités à dissiper de l'énergie et à subir des grandes déformations, utiles dans de nombreux mécanismes et pour reprendre des jeux de montage.

Malgré leur vaste utilisation dans le domaine, leur comportement est toujours un sujet de recherche car il n'est pas complètement maîtrisé.

Dans ce contexte, l'objectif de la thèse est de proposer une démarche cohérente et robuste pour construire et valider des méta-modèles pour représenter leurs comportements dans des simulations multi-corps

2. Modélisation des articulations

Actuellement deux formes de modélisation des articulations sont prédominantes : l'utilisation de méta-modèles et la modélisation 3D (éléments finis).

La modélisation par méta-modèle est une représentation avec un nombre limité de degrés de liberté (3 à 6 pour les armatures extérieure et intérieure et quelques variables internes) identifiés à partir de résultats d'essai sur pièce. Ce type de modèle prédomine quand le modèle d'articulation doit être léger numériquement, comme dans les simulations multi-corps. Les limitations sont dues au fait qu'ils ne sont pas prédictifs hors des conditions d'essai.

Les modèles 3D en éléments finis ne sont pas souvent utilisés par les constructeurs automobiles, mais plutôt par les fournisseurs des articulations élastomères. Avec une bonne modélisation du matériau [1], ce type de modèle peut être très détaillé et prédictif dans une plage d'opération beaucoup plus large que les méta-modèles. En revanche, le développement de tels modèles demande de renseigner les lois matériau des élastomères souvent complexes et ils peuvent s'avérer lourds numériquement.

L'écart entre ces 2 types de modèle n'est pas si grand : dans le modèle 3D, l'écriture de la loi de comportement en chaque point d'intégration élément est finalement proche d'un méta-modèle.

3. Réduction et hyper-réduction de modèle

L'idée de cette thèse pour passer d'un modèle 3D à un méta-modèle est d'utiliser la méthode d'hyper-réduction.

La réduction d'ordre de modèle appliqué à la méthode des éléments finis consiste à substituer les degrés de liberté en chaque nœud par des coordonnées généralisées qui puissent représenter à une précision contrôlée le champ de déplacement de la structure complète.

Cependant cette étape de réduction ne permet pas d'accélérer le calcul, car il faut toujours calculer les efforts au sein de chaque élément pour vérifier la convergence et le nombre de méta-modèles reste toujours le même.

L'hyper-réduction consiste à estimer en termes d'énergie combien de points d'intégration sont nécessaires pour approcher les efforts internes dans la base générée par la réduction d'ordre [2].

Le modèle hyper-réduit pourrait être implémenté directement dans un modèle multi-corps permettre de lancer un plan d'expérience couvrant complètement les points de fonctionnement de l'articulation et générer des méta-modèles.

4. Simulation multi-corps

Les simulations multi-corps sont de modèles physiques assez simples de corps « rigides » articulés dont les liaisons doivent être représentées de manière fidèle à la réalité.

Ce type de simulation est très utilisé pour la caractérisation de la suspension de la liaison au sol, ou pour la simulation de la suspension moteur, par exemple.

Evidemment dans ce type de simulation, on ne souhaite pas capturer le comportement fin de chaque pièce, mais surtout d'avoir une idée du comportement du système. En revanche, une modélisation imprécise des articulations peut engendrer des erreurs assez importantes sur le comportement de la structure.

5. Références

- [1] Lion, A., 1997. On the large deformation behaviour of reinforced rubber at different temperatures. *J. Mech. Phys. Solids* 45, 1805–1834.
- [2] Farhat, C., Avery, P., Chapman, T., Cortial, J., 2014. Dimensional reduction of nonlinear finite element dynamic models with finite rotations and energy-based mesh sampling and weighting for computational efficiency: NONLINEAR MODEL REDUCTION AND ENERGY-CONSERVING SAMPLING AND WEIGHTING. *Int. J. Numer. Methods Eng.* 98, 625–662



Marco PICCHI SCARDAONI

marco.picchi_scardaoni@ensam.eu

I2M / I2M CNRS UMR 5295, F-33400 / Bordeaux-Talence

Arts et Métiers ParisTech

University education

11/2018-present	Arts et Métiers ParisTech, I2M Lab. (Bordeaux, FR)	Ph.D. in Aerospace Engineering (double-degree)
11/2017-present	University of Pisa (Pisa, IT)	Ph.D. in Aerospace Engineering
09/2015-10/2017	University of Pisa (Pisa, IT)	Masters' Degree in Aerospace Engineering (110/110 cum Laude) Thesis: " <i>Wagner: a new code for automatic parametric structural study of PrandtlPlane fuselages</i> "
09/2012-07/2015	University of Pisa (Pisa, IT)	Bachelors' Degree in Aerospace Engineering (110/110 cum Laude) Thesis: " <i>Elastic beams on elastic foundations with friction</i> "

Ph.D. courses

Academic English	Prof. J. Spataro
Fundamentals of Optimisation	Prof. G. Pannocchia
Elements of Genetic Algorithms and Artificial Neural Networks	Prof. B. Lazzerini
Continuum Mechanics	Prof. M. Lucchesi
Elements of Non-linear Elasticity	Prof. R. Paroni
Tensor Algebra and Calculus	Prof. C. Padovani
Règles de Conception en Fabrication Additive Métallique Multi-Procédés	Addimadour

Multi-scale design and optimisation of metallic and composite Structures of PrandtlPlane Aircraft

Marco PICCHI SCARDAONI – Arts et Métiers ParisTech– Laboratoire I2M

The long term goal of the thesis is to develop a general framework for design and optimisation of large aeronautical structural systems, both for traditional metallic and advanced composite materials, considering non-conventional stacking sequences and a trustful as well as general blending implementation.

The framework is applied to the structural design and optimisation of the PrandtlPlane aircraft (shown in Figure 1) being developed in the European PARSIFAL Project. For such a novel aircraft architecture, based on a Prandtl riddle [1], traditional approaches cannot straightforwardly be suitable, owing to the hyperstaticity of the structures. Lifting system and fuselage form a closed structure, which must be treated as a one.



Figure 1 Artistic view of a PrandtlPlane Aircraft

To overcome these difficulties, the optimisation problem has been split into two sub-problems:

- i. Optimise the wing-system, considering fixed fuselage and connections (see Figure 2);
- ii. Optimise the fuselage, considering fixed the lifting system, coming from step (i).

Steps (i) and (ii) are iterated until convergence of results.

Furthermore, a global-local approach has been implemented, in order to properly catch local phenomena, i.e. buckling of stiffened panels.

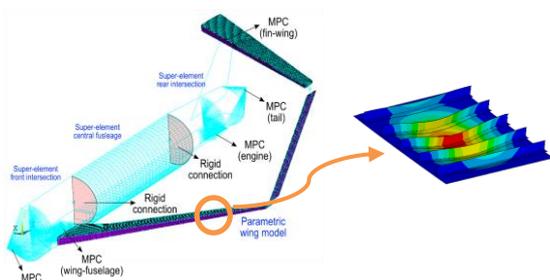


Figure 2 Global-Local approach

A dedicated algorithm has been implemented, able to build a refined local model, enriched in details, of selected critical zones, wherever they may appear.

As for the composite, the global-local approach is being adapted for two-level gradient-based optimization. Constraints and their gradients analytic expressions have been derived. Constraints include manufacturability, strength, stiffness, buckling and blending [5]. The gradient-based algorithm permits to subdivide the structure into a large number of patches, and to obtain a realistic blended solution.

The first level consists in optimizing for the minimum weight, taking into account for the aforementioned constraints. The second level consists in finding at least one stacking sequence, blended throughout the patches (see Figure 3), which satisfies elastic properties determined in the first level of the problem. Solution will be researched in the set of quasi-trivial stacking sequences [2, 4].

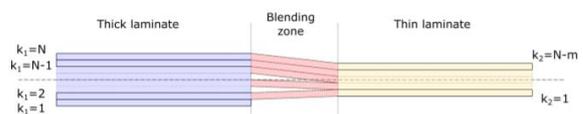


Figure 3 Blending problem illustration

Références

- [1] Prandtl, L., 1924, Induced Drag of Multiplanes, Naca - TN-182
- [2] Vannucci, P., 2018, Anisotropic Elasticity, Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics, Vol. 85, Springer Singapore
- [3] Montemurro, M. & Catapano, A., 2018, A general B-Spline surfaces theoretical framework for optimisation of variable angle-tow laminates. Composite Structures.
- [4] Garulli, T., Catapano, A., Montemurro, M., Jumel, J., Fanteria, D., 2018, Quasi-trivial stacking sequences for the design of thick laminates, Composite Structures
- [5] Panettieri, E., Montemurro, M., Catapano, A., 2019, Blending constraints for composite laminates in polar parameters space, Composites Part B: Engineering



Hadrien PINAULT

hadrien.pinault@ensam.eu / hadrien.pinault@gmail.com

Laboratoire PIMM / 151 boulevard de l'Hôpital 75013 Paris

Arts et Métiers ParisTech / campus de Paris

Formation

- 11/2017 - **Doctorat en mécanique, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers**, thèse CIFRE avec SNCF Réseau. Sujet : *Effet des hétérogénéités du ballast sur le comportement dynamique des voies ferrées.*
- 11/2020
- 09/2014 - **Diplôme d'ingénieur, École Centrale Paris, Major de promotion**, option Transports et 10/2017 Ouvrages, filière Conception et Industrialisation de Systèmes Innovants.
- 09/2016 - **Master 2 Modélisation et Simulation en Mécanique du Solide et des Systèmes Couplés, Université Paris-Saclay, Major de promotion**, double diplôme en partenariat avec l'École Centrale Paris.
- 08/2017
- 02/2016 - **Master 1 Schienenfahrzeugtechnik (Ingénierie Ferroviaire), RWTH Aachen (Allemagne)**, 08/2016 semestre d'échange Erasmus au sein de la formation d'ingénieur à l'École Centrale Paris
- 06/2012 **Baccalauréat général scientifique, mention très bien avec félicitations du jury**, Lycée Descartes, Tours (37)

Expérience professionnelle

- 11/2017 - **Doctorant CIFRE, SNCF Réseau, Direction Générale Industrielle et Ingénierie**, 11/2020 développement d'un outil de simulation des vibrations dans les voies ferrées en Matlab.
Chargé de Travaux Dirigés, CentraleSupélec, cours de Mécanique, Dynamique des Corps Rigides, Vibrations – Analyse Modale, Développement Logiciel.
- 05/2017 - **Stage de Recherche, SNCF Innovation et Recherche – Laboratoire MSSMat**, 10/2017 identification d'un modèle stochastique de ballast à partir des vibrations mesurées au passage de trains. Calculs hautes performances à l'aide du logiciel SEM3D.

Prix et distinctions

- 2012 1^{er} prix au Tournoi Français des Jeunes Mathématiciens et Mathématiciennes, 5^e prix à l'*International Tournament of Young Mathematicians*.

Langues

Anglais	Compétence professionnelle (C1) : 188/210 au CAE et 620/677 au TOEFL ITP.
Allemand	Compétence professionnelle (C1)
Japonais	Pratique occasionnelle (JLPT 4)

Compétences informatiques

Matlab/Simulink, Abaqus, Catia V5/V6, Python, Unix.
LaTeX/Beamer, suite Office, suite Mac.

Centres d'intérêt

Auteur autoentrepreneur de romans de *fantasy* (nom de plume : Hadrian McPherson).
Très bon niveau de piano (diplôme du Conservatoire Francis Poulenc de Tours).

Effets des hétérogénéités du ballast sur le comportement dynamique des voies ferrées

Hadrien PINAULT – Arts et Métiers ParisTech – Laboratoire PIMM

La maintenance de la voie ferrée est un processus très coûteux : en 2018, 2,9 milliards d'euros ont été investis par SNCF Réseau dans le renouvellement et l'amélioration des structures de voie. Une meilleure compréhension des mécanismes de dégradation de la voie ferrée générant ce besoin de maintenance est un objectif de SNCF Réseau. Dans ce but, SNCF a précédemment lancé une thèse [1] qui a permis de valider un outil de simulation appelé Dynavoie, performant en termes de temps de calcul et de stockage des données, reproduisant le comportement dynamique de la voie. Cependant, les résultats obtenus ne sont pas complètement satisfaisants en ce qui concerne le ballast (matériau granulaire utilisé dans le ferroviaire) et les éléments résilients (i.e. les semelles placées entre les rails et les traverses), surtout dans la gamme des moyennes fréquences (entre 20 et 60 Hz). L'enjeu est d'autant plus grand que la propagation des vibrations dans des couches granulaires comme le ballast est peu renseignée dans la littérature.

La première piste d'amélioration choisie est la représentation du ballast comme un méta-matériau hétérogène, obtenu comme un tirage d'un champ aléatoire précédemment identifié à partir d'un modèle granulaire de ballast [2] et de mesures sur voie (présentation au congrès Railways en septembre 2018). Il a été montré pendant la 1^{ère} année de thèse que l'hétérogénéité conduit à l'apparition de résonances locales (voir figure 1), modifiant le caractère dissipatif de la couche de ballast modélisée. La technique de réduction de modèle développée par E. Arlaud [1] a été étendue à ces milieux hétérogènes. Ces travaux ont fait l'objet d'une publication soumise à Journal of Sound and Vibration. Les premiers résultats montrent que l'hétérogénéité de la couche de ballast semble ne pas avoir d'effet sur les basses fréquences (<40 Hz).

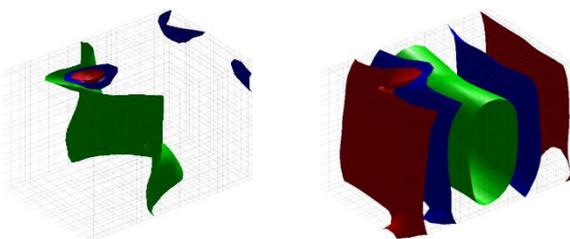


Figure 1. Comparaison des déplacements d'un mode local (à gauche) et global (à droite).

Pour améliorer la représentativité aux basses fréquences, la deuxième piste d'amélioration

consiste à revoir les conditions limites du modèle de la voie, afin de prendre en compte le rayonnement des ondes à l'infini dans le sol. Pour cela, le choix a été fait d'utiliser des frontières absorbantes, connues sous le nom de PML (voir figure 2). La formulation proposée par Festa et Vilotte [3] a été adaptée afin d'être compatible avec le modèle éléments finis (FEM) de la voie et des simulations en temporel. Il a été montré que l'ajout des PML modifie radicalement le comportement dynamique aux basses fréquences de la voie : le rayonnement induit une dissipation très importante, qui ne peut être modélisée par de l'amortissement classique. La technique de réduction de modèle précédemment évoquée a également été adaptée pour être compatible avec le couplage FEM/PML. Ces résultats ont été présentés au congrès CSMA en mai 2019.

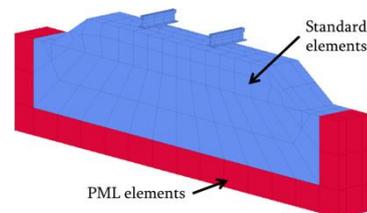


Figure 2. Couplage FEM/PML au sein d'une tranche du modèle périodique réduit de la voie.

Il reste maintenant à inclure ces deux outils au sein du logiciel Dynavoie et à les exploiter afin d'obtenir des résultats avec un intérêt industriel. D'autre part, la prise en compte du comportement visqueux des semelles entre le rail et les traverses serait une piste supplémentaire.

Avec ces améliorations, l'objectif à plus long terme est de faire de Dynavoie un outil de caractérisation du comportement vibratoire de la voie, pour la conception aussi bien que l'analyse de zones particulières des voies existantes.

Références

- [1] Élodie Arlaud. *Modèles dynamiques réduits de milieux périodiques par morceaux : application aux voies ferroviaires*, Arts et Métiers ParisTech, 2016.
- [2] Lucio de Abreu Corrêa et al, *Randomly-fluctuating heterogeneous continuum model of a ballasted railway track*, Computational Mechanics 60 (5), pp. 845-861, 2017.
- [3] Gaetano Festa et Jean-Pierre Vilotte, *The Newmark scheme as velocity-stress time-staggering: an efficient PML implementation for spectral element simulations in elastodynamics*, Geophysical Journal International 161, pp. 789-812, 2005.



Corentin PONDAVEN

corentin.pondaven@ensam.eu

LCFC, Laboratoire de Conception Fabrication et Commande / 4, rue Augustin
Fresnel Metz Technopole 57078 Metz Cedex 3 / Campus de Metz

Arts et Métiers ParisTech

Formation

- 2017 :** Arts et Métiers Paristech – Centre de Metz (ED 432 Sciences des Métiers de l'Ingénieur)
Préparation d'une thèse en génie mécanique - procédés de fabrication
- 2012-2015 :** Supméca - Institut Supérieur de Mécanique de Paris
Diplôme d'ingénieur, Parcours Matériaux, Procédés et Simulation (MPS)
- 2010-2012 :** Lycée Fabert de Metz
Classes Préparatoires Physique et Science de l'Ingénieur (MPSI-PSI*)

Expériences

Octobre 2017-Aujourd'hui : ABS Centre Métallurgique Metz, Ingénieur de recherche

- Thèse CIFRE: Caractérisation, modélisation et simulation de l'évolution des défauts de coulée au cours du laminage de barre
 - Réalisation d'essais de caractérisation mécanique (identification de lois de comportement à chaud)
 - Mise en place d'un essai reproduisant les sollicitations thermomécaniques du laminage à échelle réduite sur des défauts représentatifs
 - Simulations numériques (évolution des défauts, confrontation avec des mesures expérimentales)

Janvier 2016-Août 2017 : AMVALOR Metz, Ingénieur d'études

- Modélisation et simulation numérique d'une nouvelle ligne de laminage pour ABS Centre Métallurgique
 - Développement d'un modèle de simulation du procédé de laminage sur FORGE NxT 1.1
 - Confrontations expérimentales (réalisation de mesures de température sur ligne de production)
- Optimisation de processus de forgeage
 - Réalisation d'essais de caractérisation du procédé (test de l'anneau, ...)
 - Simulations numériques (étirage, estampage)

Mars-Août 2015 : DCNS Nantes-Indret, Ingénieur, stage de fin d'études

- Etude de faisabilité pour la conception d'échangeurs de chaleur en matériaux composites
 - Pré-dimensionnements mécaniques
 - Sélection de procédés de mise en œuvre adaptés

Août 2013-Janvier 2014 : Faurecia Automotive Exteriors, Assistant ingénieur, Gaimersheim Allemagne

- Comparaison de matériaux pour la conception de face avant technique automobile en thermoplastique armé
 - Gestion et analyse d'essais mécaniques, conception de supports d'essai

Compétences

Techniques : CATIA V6/V5, Forge NxT 2.1, Abaqus, Matlab, Pack Office
Anglais : Bon niveau écrit et parlé TOEIC 955
Allemand : Compréhension et écrit : bon niveau, parlé : niveau moyen

Caractérisation, modélisation et simulation de l'évolution des défauts de coulée au cours du laminage de barre

Corentin Pondaven – Arts et Métiers ParisTech– LCFC, Laboratoire de Conception Fabrication et Commande

Le procédé de coulée continue utilisé pour la fabrication de barres en acier est responsable de la génération de défauts tels que des porosités ou des inclusions. Leur réduction au cours des processus de mise en forme présente un enjeu important dans l'augmentation de la tenue en fatigue de composants mécaniques. Une meilleure compréhension de l'évolution des défauts au cours des opérations du laminage est ainsi une première étape importante dans la limitation de leur impact dans les pièces finies.

Le cadre retenu pour l'étude consiste à suivre l'évolution de porosités au cours d'un processus de laminage de barre multi-passe utilisant des directions de mise en forme alternées.

L'évolution des porosités au cours de la mise en forme de matériaux est principalement influencée par des critères morphologiques (orientation du défaut, complexités de l'interface défaut/matrice), thermomécaniques (niveau de triaxialité, déformation équivalente, champs de pression) [1] et par le procédé (formes des outillages, déformation par passe). Des critères empiriques visant à évaluer la fermeture de défauts à partir du chemin thermomécanique subis ont été développés ainsi que des critères analytiques basés sur le modèle de Gurson. Les premiers se trouvent limités en termes d'application alors que les seconds se trouvent limités par l'utilisation de défauts sphériques ayant des difficultés à représenter l'évolution morphologique des défauts ne permettant pas ainsi une bonne évaluation de leur fermeture. Des approches utilisant des modèles semi-analytiques identifiés sur plusieurs morphologies et orientations de défauts ont ainsi été proposées et présentent un meilleur accord avec des données de fermeture de défauts complexes[2].

L'influence de la morphologie ainsi que les résultats obtenus par les critères prenant en compte ce paramètre mettent en avant le besoin de réalisation d'expérimentations possédant un niveau de représentativité élevé du phénomène de fermeture pour améliorer la compréhension de ce dernier. Cette nécessité est à traduire par l'utilisation de défauts contenus dans des matrices proches des conditions du procédé étudié lors d'essais. Des informations sur l'évolution de défauts sont également à obtenir au cours de

processus de déformation complexes afin d'élaborer un outil estimant l'évolution de ces derniers.

La démarche sélectionnée pour cette étude repose sur une comparaison entre des expérimentations et une modélisation par la méthode des éléments finis de fermeture de défauts maillés directement dans le modèle.

Un essai reproduisant les sollicitations d'un laminoir à échelle réduite a été mis en place afin de s'affranchir des contraintes des installations industrielles (productivité, dimensions, répétabilité des défauts) [3]. Les premières opérations de mise en forme sont ainsi représentées à l'échelle 1/10 et des critères de représentativité de l'essai sont vérifiés via des simulations éléments finis.

Une modélisation explicite du défaut a par la suite été validée sur le modèle éléments finis de l'essai à échelle réduite. Elle permet l'intégration de défauts issus de contrôles non-destructifs dans le modèle éléments finis et rend possible la comparaison entre une évolution expérimentale et simulée du défaut.

Sur le plan expérimental, une première vague d'essai a permis de déformer des défauts à morphologie contrôlée au cours de la première opération de déformation plastique. Une analyse de ces défauts est en cours. En parallèle, le comportement en compression d'une barre issue de coulée continue a été évalué pour identifier d'éventuelles inhomogénéités de comportement et des anisotropies pouvant influencer la fermeture de défauts dans la barre laminée.

L'objectif final est d'évaluer l'impact de paramètres du procédé sur la fermeture de porosités.

Références

- [1]. Y. S. Lee, S. U. Lee, C. J. Van Tyne, B. D. Joo, and Y. H. Moon, *J. Mater. Process. Technol.* **211**, 1136 (2011).
- [2]. M. Saby, P.-O. Bouchard, and M. Bernacki, *J. Manuf. Process.* **19**, 239 (2015).
- [3]. D. Chevalier, Contribution à La Compréhension Du Couplage Thermomécanique En Laminage à Chaud Sur l'évolution Des Défauts de Coulée, Thèse de doctorat, Metz, ENSAM, 2016.

Hadrien Pujol

Date de naissance : 13 octobre 1993
Adresse: 35, rue de Fontenay
 92330, Sceaux
E- Mail : hadrien.pujol@gadz.org
Téléphone : +33 6 06 70 96 31
 +49 157 70237573
Permis: Classe B

Ingénieur généraliste
Arts et Métiers
Spécialité Acoustique & Mécatronique

Expérience :

Avr. 2018 Présentations en session spécialisée et session poster des premiers résultats de thèse au Congrès Français d'Acoustique

Mars 2017 - Juin 2017 Projet pédagogique [6 mois] : *Traitement temps-réel du son pour la spatialisation (ENSAM)*

Sept. 2016 - Fév. 2017: Projet pédagogique [6 mois] : *Décomposition en harmonique sphérique d'une source omnidirectionnelle* (Université : UPMC)

2016 : Stage master de recherche dans un laboratoire universitaire [6 mois] : *Imagerie acoustique haute résolution en milieu urbain* (Université : UPMC, Institut : Jean le Rond d'Alembert, France)

2015 : Stage assistant ingénieur en contrôle non destructif par analyse de résonance acoustique (Entreprise [4 mois]: RTE Akustik-Prüftechnik, Allemagne)

Formation :

Oct. 2017 - Oct. 2020 Thèse de doctorat : « ANTENNES MICROPHONIQUES INTELLIGENTES : Localisation de sources acoustiques par Deep Learning » dans le laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés (LMSSC) au Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM)

Mars 2017 - Juin 2017 Unité d'expertise « Mécatronique » à l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM)

Sept. 2016 - Fév. 2017: Master de recherche « Ingénierie acoustique » à l'Université Pierre et Marie-Curie (UPMC)

2015-2016 : Master de recherche « Mécanique des fluides fondamentaux et applications : aéronautique aéro-acoustique » entre l'ENSAM et l'UPMC

2013-2015 : Double diplôme entre l'ENSAM et le Karlsruher Institut für Technologie (KIT, Allemagne)

Intérêts :

Associatif Coordinateur juridique de l'Union des Élèves de l'ENSAM (2015 - 2016)
 ◦ 3 500 membres / 5 800 000 € de budget annuel

Président de l'association des élèves ingénieurs français de l'ENSAM à Karlsruhe (2014 - 2015)

Musique Alto depuis 1999 (3e cycle amateur)

Sports Judo depuis 1999 (en compétition, ceinture noire 2e Dan)

Voile (Pratique régulière)

Format des contributions pour les journées des doctorants de seconde année de l'ED SMI, des 18 et 19 Juin 2019

Hadrien PUJOL – Cnam– Laboratoire de Mécanique et des Structures et des Systèmes Couplés (LMSSC)

Afin de s'affranchir des modèles de sources, d'environnement, de capteurs et d'antennes, nous développons actuellement une approche de localisation de sources par Deep Learning, basées sur l'utilisation de réseaux de neurones profonds. L'explosion de l'efficacité de ces méthodes dans les domaines de la reconnaissance d'image et de parole repose en partie sur l'architecture du réseau de neurones et des techniques de rétro-propagation utilisées, mais également sur l'utilisation de bases de données réalistes de très grandes dimensions.

Dans notre cas, la qualité de l'apprentissage pour la localisation de sources sonores repose également sur la qualité et le réalisme de la base de données d'apprentissage « labellée », c'est à dire sur l'obtention de données mesurées pour un grand nombre de sources, dont on connaît parfaitement la position (le « label »), dans des environnements potentiellement bruités et réverbérants.

Un code permettant de calculer des réponses impulsionnelles de salles (RIR) sur GPU a donc été développé, et n'importe quel signal peut être spatialisé dans une pièce de manière très précise, en tenant compte des réflexions multiples. Ainsi une base de données simulées peut être constituée en un temps très court, et permettre d'entraîner un algorithme (BeamLearning) à retrouver la position d'une source sonore malgré un bruit de fond par Deep Learning. La figure 1 présente la robustesse au bruit de 4 algorithmes dont MUSIC [1] et SRP-PHAT [1] réputés pour leur précision de localisation et leur robustesse. BeamLearning 10dB (resp. 28dB) est l'algorithme entraîné sur une base de données avec un rapport signal sur bruit (SNR) inférieur à 10 dB (resp. 28 dB). Les résultats de la figure 1 mettent en avant l'importance du choix de la base de données. En effet, si les signaux présentés n'ont pas un rapport SNR suffisant en apprentissage, la généralisation de l'algorithme est moindre. En revanche, lorsque les signaux présentés à l'apprentissage sont suffisamment représentatifs, l'algorithme développé obtient une erreur moyenne de localisation plus faible que les algorithmes de la littérature tout en étant plus robuste au bruit de fond.

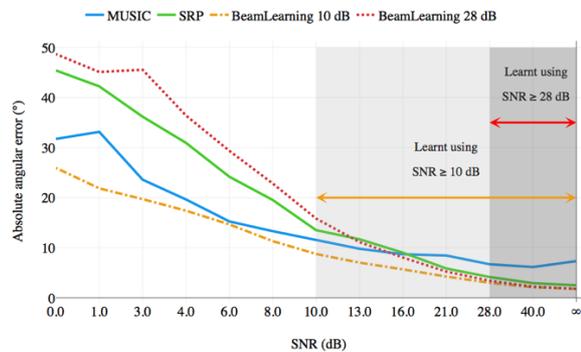


Fig. 1. Comparaison de la robustesse de différents algorithmes de localisation dans une salle au temps de réverbération de 0,5 s.

Comme la qualité des signaux est primordiale, une base de données expérimentales au plus proche de l'utilisation finale doit être constituée. Pour cela, elle doit également être acquise sur une antenne réelle de capteurs, avec ses défauts, le plus souvent négligés par les approches de type « modèles ». Nous présenterons la manière dont nous constituons notre base de données grâce à une synthèse de champ en temps réel par Ambisonie d'ordres élevés sur la sphère de spatialisation « SpherBedev » [2] du Cnam. Le champ est reconstruit physiquement avec une grande précision dans le « sweet spot » contenant l'antenne microphonique. Nous pouvons également ajouter à cette synthèse physique des profils de bruit spatialisés, enregistrés grâce au microphone ambisonique MemsBedev [2]. L'influence de l'environnement de mesure peut également être encodé en composantes ambisoniques, ouvrant la voie à l'obtention d'excellents résultats de localisation de sources par Deep Learning dans un grand nombre de cas expérimentaux.

Références

- [1] M. Brandstein and D. Ward, "Microphone arrays : signal processing techniques and applications." Springer Science & Business Media, 2013
- [2] P. Lecomte, "Ambisonie d'ordre élevé en trois dimensions: captation, transformation et décodage adaptatif de champs sonores.", PhD thesis, Cnam 2016

Leonardo Rigo

Doctorant



linkedin.com/in/leonardo-rigo



+33(0)6.15.74.71.91



leonardorigo.lr@gmail.com

Compétences

- Mécanique des fluides
- CFD (Computational Fluid Dynamics) utilisateur et développeur de codes de recherche et connaissance du logiciel Ansys Fluent
- Programmation en Python, Fortran, C, Matlab, Scilab
- Traitement de données de grand taille
- HPC (High Performance Computing)
- Aeroacoustique, CAA, Mesures de bruit

Langues

Italien

Anglais

Français

Allemand

Espagnol

Expérience

119

Oct 2017 -
Present

Doctorant

Arts et Métiers ParisTech, France

- Simulations numériques à haute fidélité d'écoulements incompressibles et compressibles
- Calculs aeroacoustiques à l'aide des analogies aeroacoustiques (FFWH, Lighthill) et du calcul direct -DNC: Direct Noise Computation-
- Stabilité linéaire d'un écoulement dans un canal courbé
- Développement d'outils numériques pour le calcul et le post-traitement des données en Python et Fortran
- Animation de 40 heures de TP concernant les méthodes d'optimisation

Nov 2015-
Sep 2017

Ingenieur de procédés R&D

Danieli Research Center, Italie

- étude numérique et expérimental pour le calcul du coefficient d'échange thermique à températures très hautes (développement d'un logiciel pour la solution d'un problème inverse en C# et implémentation en OpenFOAM)
- Analyses CFD et thermiques à l'aide d'un code commercial (ANSYS Fluent)
- Développement extensif d'outils pour l'analyse de données en Matlab, C# et VBA

Mar 2015 -
Sep 2015

Stagiaire

Austrian Institute of Technology, Autriche

- étude numérique et expérimental du bruit produit par un ventilateur
- Calculs CFD stationnaires (RANS) et instationnaires (URANS et LES) à l'aide d'un code commercial (ANSYS Fluent)
- Calculs de bruit en utilisant une analogie aeroacoustique (CAA - Computational AeroAcoustics-)
- Mesures de bruit et de la turbulence (anémomètre à fil chaud) à l'entrée du ventilateur
- Développement d'outils numériques pour gérer l'acquisition des données expérimentaux et leur traitement

Formation

2013 - 2015 **Master en génie mécanique**

Université d'Udine, Italie

Dissertation: A numerical and experimental study of the aeroacoustic field produced by an axial fan

Classement: Meilleur diplômé du cours

2010 - 2013 **Licence en génie mécanique**

Université d'Udine, Italie

Etude du bruit produit par les structures coherentes de la turbulence

Leonardo RIGO – Arts et Métiers ParisTech– Laboratoire DynFluid

L'apparition de "spots" turbulents dans les écoulements transitionnels est un phénomène bien connu et son observation remonte aux expériences d'Osborne Reynolds (1883). Ces structures turbulentes, généralement dénommées "puffs" ou "slugs", ont été étudiées en détail depuis, à la fois par voie numérique ou expérimentale. Récemment, Avila et al. [1], qui s'intéressaient à la dissociation de puffs et à leur relaminarisation, ont mis en évidence un nombre de Reynolds critique pour des écoulements de conduite. Barkley [2] a pu capturer les caractéristiques les plus importantes d'un puff, ainsi que ses propriétés de croissance, de dissociation ou de disparition, à partir d'un simple modèle monodimensionnel. Cependant, les modèles de ce type ne sont pas capables de reproduire précisément tous les aspects de la dynamique des puffs. Ils ne peuvent pas, par exemple, prédire le comportement de l'interface laminaire-turbulent et leurs prédictions ne sont plus valides en présence d'une courbure. Pour ces raisons, la simulation numérique directe (DNS) reste un outil d'investigation nécessaire. Notre étude s'intéresse à une configuration de conduite de section carrée, qui bien que très similaire aux conduites généralement utilisées dans la littérature pour étudier les puffs et les slugs, présente certaines particularités intéressantes, comme la capacité d'une paroi à générer de la turbulence. Nous avons observé ce phénomène, même si à $Re=1500$, les parois ne sont pas "actives" (ou génératrice de turbulence) en même temps, c'est-à-dire qu'en forçant une des parois à être active (par exemple en imposant une toute petite courbure), les autres parois restent en attente. L'impact n'est pas majeur sur le comportement du puff mais celui-ci peut devenir plus stable. En utilisant cet écoulement de puff modifié, nous cherchons à retrouver les statistiques turbulentes dans le but de mieux comprendre sa dynamique.

Nous espérons ainsi répondre à certaines questions qui restent ouvertes, comme l'existence et la détermination d'une distance d'équilibre inter-puff, qui a été postulée par Samanta et al. [3].

Un étude préliminaire à été menée au fin de mieux comprendre le comportement d'un écoulement laminaire dans un canal carré en présence de courbure. Nous avons dérivé une version simplifiée des équations de Navier Stokes tridimensionnelles en présence de courbure, qui peut être résolue en utilisant des solveurs cartésiens classiques, et qui est valable uniquement pour de grands rayons de courbure. Ces équations donnent un cadre plus complet vis à vis à la littérature existante concernant ce problème, qui a été pour la plupart concerné avec de problème bidimensionnels.

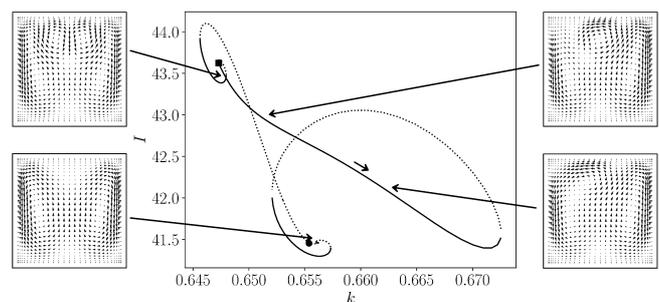


Fig. 1. Diagram de phase énergie cinétique – injection d'énergie décrivant l'évolution en temps de l'écoulement dans un canal carré avec courbure. Les points ronds et carrés indiquent deux états stationnaires différents (deux et quatre tourbillons). La ligne solide indique une croissance d'énergie cinétique, la ligne pointillée une décroissance.

Références

- [1] Avila, K., Moxey, D., de Lozar, A., Avila, M., Barkley, D., & Hof, B. (2011). The onset of turbulence in pipe flow. *Science*, 333(6039), 192-196.
- [2] Barkley, D. (2016). Theoretical perspective on the route to turbulence in a pipe. *Journal of Fluid Mechanics*, 803, P1. doi:10.1017/jfm.2016.465
- [3] Samanta, D., De Lozar, A., & Hof, B. (2011). Experimental investigation of laminar turbulent intermittency in pipe flow. *Journal of Fluid Mechanics*, 681, 193-204. doi:10.1017/jfm.2011.189



Camille ROUSSEAU

camille.rousseau@ensam.eu

Laboratoire I2M / Esplanade des Arts et Métiers -33405 TALENCE Cedex

Arts et Métiers ParisTech / Campus de Bordeaux-Talence

Au travers de mes formations et expériences, je développe des connaissances et compétences techniques concernant l'étude de la durabilité des matériaux métalliques et composites en conditions d'utilisation sévères (solicitations mécaniques statiques et cycliques, environnement marin, grandes variations de température...), pour des applications aéronautiques et aérospatiales.

Expériences en recherche scientifique

Ingénieur de recherche – Doctorante / Safran Aircraft Engines

mars 2018 – mars 2021 (3 ans)

Bordeaux, La Rochelle et région parisienne, France

- Sujet : Mécanismes d'endommagement en fatigue-corrosion d'un acier très haute résistance pour l'aéronautique
- Thèse avec les laboratoires I2M (Arts et Métiers Bordeaux) et LaSIE (Université de La Rochelle) en convention CIFRE avec l'entreprise Safran Aircraft Engines (Sites d'Evry-Corbeil, Villaroche et Genevilliers)
- Encadrants académiques : Mohamed El May, Abdelali Oudriss, Xavier Feugas, Nicolas Saintier

Chargée de recherche / AMVALOR

mars 2017 – décembre 2017 (10 mois)

Bordeaux, France

- Stage de fin d'étude au laboratoire I2M et prestations de recherche pour Safran Aircraft Engines
- Thématiques : Métallurgie des aciers, Corrosion, Corrosion sous contrainte, Fragilisation par hydrogène

Undergraduate Research Trainee / McGill University

avril 2016 – septembre 2016 (5 mois)

Montréal, Canada

- Sujet : Mise en place de protocole de caractérisation de résines pour des structures composites élaborées hors autoclave
- Au sein du « Composite Materials and Structure Lab » du département d'Ingénierie Mécanique de l'université McGill, et dans le cadre d'un vaste projet (2 thèses, 2 masters) en partenariat avec l'industrie spatiale (MDA Corp., Stelia North America) et l'université Concordia
- Une publication dans le cadre de la conférence CANCOM à Ottawa en juillet 2017
- Encadrants : Pascal Hubert, Julieta Barroeta-Robles

Formation

Thèse de doctorat en Mécanique et Matériaux / Ecole Doctorale SMI – Arts et Métiers ParisTech

Débutée en mars 2018 (contrat CIFRE de 36 mois)

Bordeaux, France

Ingénieur Matériaux / Ecole Nationale Supérieure des Ingénieurs en Arts Chimiques Et Technologiques

Diplômée en octobre 2017

Toulouse, France

- Spécialité en Durabilité des Matériaux et des Structures
- Projets principaux : Mesure de l'adhérence de revêtements aéronautiques, Développement de structures composite sandwich à partir de fibre de coco

Mécanismes d'endommagement en fatigue-corrosion d'un acier très haute résistance pour l'aéronautique

Camille ROUSSEAU – Arts et Métiers ParisTech – Laboratoire I2M

Pour répondre aux objectifs de performances et de réduction des émissions polluantes, un nouvel acier martensitique a été introduit sur les moteurs Safran Aircraft Engines. Ses très hautes propriétés mécaniques, obtenues grâce à sa métallurgie innovante, garantissent la fiabilité des structures sur de grandes durées de vie. Néanmoins, les structures aéronautiques peuvent évoluer dans un environnement susceptible de provoquer la corrosion par piqûres en cas de défaut de protection.

L'action simultanée d'un environnement corrosif et d'un chargement de fatigue est appelée *fatigue-corrosion* et peut être plus préjudiciable que la somme de chacun des mécanismes agissant séparément [1,2].

Matériau d'étude

L'étude de l'endommagement en fatigue-corrosion de ce nouvel acier industriel nécessite en premier lieu une fine connaissance de sa métallurgie et de ses propriétés mécaniques. La thèse d'Hayat Abdesselam visant à étudier la tenue en fatigue en traction pure et à grande durée de vie de l'acier en question constitue ainsi une base à ce travail [3]. En complément, une caractérisation multi-échelle de la microstructure de l'acier et de ses hétérogénéités a été effectuée. La figure 1 illustre les résultats :

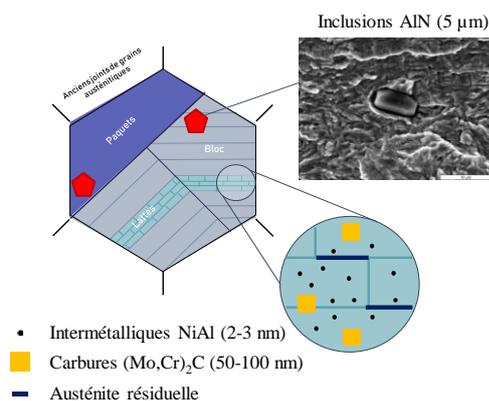


Fig. 1. Microstructure de l'acier étudié

Sensibilité à la corrosion par piqûres

La corrosion par piqûres peut fournir les conditions requises à un amorçage prématuré d'une fissure en fatigue. Les propriétés électrochimiques du matériau ont donc été étudiées en milieu neutre à température ambiante contenant 5 g/L de NaCl. Les résultats montrent que, malgré son faible taux de chrome (3,3%), le matériau a la capacité à se passiver. En effet, une couche d'hydroxyde se développe et

protège le matériau de la corrosion uniforme. Néanmoins, une rupture locale de ce film peut entraîner l'initiation d'une piqûre de corrosion. En raison notamment des hétérogénéités micrométriques du matériau, la rupture est un phénomène stochastique et il est nécessaire de l'étudier par des approches statistiques.

Par ailleurs, pour que la corrosion du métal ait lieu, une réaction de réduction du milieu est physiquement nécessaire et conduit à la formation d'hydrogène. Les résultats montrent que le matériau présente une sensibilité importante à l'introduction d'hydrogène en lien avec ses hétérogénéités nanométriques. Le rôle de l'hydrogène dans les mécanismes d'endommagement en fatigue-corrosion est donc questionné [1].

Endommagement en fatigue-corrosion

Afin d'évaluer l'impact de la corrosion par piqûres sur la tenue en fatigue, un dispositif permettant de réaliser des essais de fatigue en milieu aqueux a été développé. Un suivi électrochimique et optique, ainsi que des observations post-mortem sont réalisés.

D'après les premiers résultats, l'endommagement peut être décrit en plusieurs étapes :

- Initiation et croissance de piqûres
- Amorçage de fissures sur piqûres
- Propagation de fissures courtes puis longues
- Rupture brutale à partir d'une taille de fissure critique (unique ou coalescence)

Une diminution significative des durées de vie en comparaison à la tenue en fatigue sous air (amorçage interne sur inclusion). De plus, la contrainte maximale appliquée joue un rôle important sur la taille et le nombre de piqûres ayant conduit à une fissure. Des efforts sont menés pour préciser les mécanismes physiques intervenant à chaque étape, en lien avec la microstructure. Une approche de mécanique linéaire de la rupture est développée afin de prévoir la rupture en fatigue-corrosion.

Références

- [1] T. Magnin et J. Stolarz, Mécanismes d'endommagement en fatigue-corrosion, 1998, J. Phys. IV, 8:105-114.
- [2] M. El May, Etude de la tenue en fatigue d'un acier inoxydable martensitique en milieu marin, 2013.
- [3] H. Abdesselam, Etude du comportement en fatigue et des mécanismes associés dans un acier à très haute résistance pour application aéronautique, 2018.

SATTLER Léa

Age : 33 ans
 Adresse : 173 rue de Charenton 75011 PARIS
 Mobile : + 33 6 23 66 46 83
 Email : lsattler@treegram.fr



ARCHITECTE EXPERTE BIM

EXPERIENCE PROFESSIONNELLE

2018 - ... :	ENSAM, Arts et Métiers Paris-tech : Recherche - Thèse de doctorat en contrat CIFRE. Sujet : quels leviers d'interopérabilité pour une collaboration en BIM niveau 3 ?
2017 - ... :	M4D TREEGRAM , Développement du pôle BIM management à Paris. Gare du Grand Paris (Villejuif), Dominique Perrault : création des gabarits pour les plans de coffrage pour Dodin (Vinci). Supervision de la maquette Revit Structure. Modélisation adaptative (LOD 200). Gare de Lausanne, AREP : modélisation Revit des façades rideaux du contexte (LOD 100). TGI de Lille, Sou Fujimoto : modélisation BIM LOD 100 pour la phase de concours restreint (LOD 100) Stade National du Qatar, Zaha Hadid : modélisation BIM pour le DCE (LOD 400).
2010-2016 :	GEHRY TECHNOLOGIES EUROPE BIM management, modélisation BIM, automation BIM Aéroport international de Mexico, Fr-EE + Foster & Partners Design optimization & constructibility Automation de la modélisation paramétrique du système de toiture. Fondation LUMA, Arles, Frank Gehry Conception & déploiement de l'infrastructure BIM Élaboration de l'arborescence de projet en collaboration avec Gehry Partners, GT Los Angeles, les équipes MOE locales et les entreprises. Fondation Louis Vuitton, Paris, Frank Gehry Déploiements des systèmes BIM. Mise en place de processus d'automation. Études architecturales 3D. Support technique, gestion de l'arborescence, formations 3D. Développement des formations Digital Project . Création de la formation "DP Advanced" (scripting) Louvre Abu Dhabi, Ateliers Jean Nouvel Automation de la production de dessins techniques annotés Princess Norah University, Riyad, Perkins + Will Modélisation de composants de façade moucharabieh. Atoll, Anger, AAVP Automation de la modélisation de la façade résille.
2010 :	EZCT Architecture & Design Research Design Non-standard : modélisation paramétrique et associative, fabrication. Conception d'un meuble pour une galeriste parisienne (N.Seroussi)
2008 :	Peter Macapia (Colombia, Pratt Insitute) "Design Office for Research and Architecture" Stage Master. Recherches morphologiques. Préparation d'une exposition et d'une publication.

EXPERIENCE ACADEMIQUE

2010-2015	ENSA Paris Malaquais Dpt Digital Knowledge - Studios de License et Master Enseignement des logiques computationnel dans le projet avec Christian Girard et Philippe Morel
2014-2015	Ecole Nationale des Ponts et Chaussées Participation au Master Spécialisé BIM
2013	AA Visiting School Ivrea, Italy Workshop Datacenter AA factory, Digital Design

DIVERS

Langues :	Anglais (Courant)
Informatique :	Digital Project V1,R3 à R5, Revit 2017, DynamoBim, Rhinoceros & Grasshopper, Processing, Vb / Vbnet (notions), AutoCAD, Adobe CS6 (Photoshop, Illustrator, In Design), Pack Office.
Publications :	DNARCHITECTURE , "L'ère post-BIM – pour une obsolescence déprogrammée" (2017) ARCHISTORM n°38 , Publication du projet du projet de fin d'études (2008)

ETUDES

2004-2010	Ecole nationale Supérieure d'Architecture Paris-Malaquais Master d'Architecture, Diplôme "ADE", mention Très Bien - Diplôme HMONP
2003	Lycée Hélène Boucher , Paris Baccalauréat section Scientifique, mention Bien

ACTIVITES EXTRA-PROFESSIONNELLES

Sport :	Footing, natation.
Loisirs :	Voyages, architecture, littérature.



Mattias Scheffler

mattias.scheffler@ensam.eu

mattias.scheffler@corwave.com

schefflermat@gmail.com

PIMM / 151 bd de l'hôpital, 75012 Paris / Paris

Arts et Métiers ParisTech

Permis B

Expériences

Depuis Novembre 2017

CDI Ingénieur R&D/doctorant en thèse CIFRE, CorWave SA-Laboratoire PIMM (ENSAM)

- Modélisation multi-physique et commande optimale d'une pompe à membrane ondulante
 - Modélisation, réduction de modèle
 - Création d'estimateurs/observateurs pour limiter le nombre de capteurs implantés
 - Développement de stratégies de contrôles suivant des objectifs spécifiés

Mars 2016 à Novembre 2017

CDD Ingénieur R&D, CorWave SA, Paris 14

- Développement de moyens de tests pour essais in vivo aigus
- Exécution de test in vivo aigus
- Développement/amélioration de bancs d'essais électriques, mécaniques, hydrauliques
- Développement de systèmes électroniques embarqués

Juillet 2015 à Février 2016

Stage de fin d'étude, CorWave SA, Paris

Développement de bancs de tests automatiques de caractérisation hydraulique de pompes à membrane ondulante et d'hémocompatibilité

Juin à Aout 2014 (ESTP)

Stage ingénieur, Schneider Electric Partner (Grenoble), team Shore Connection

- Conception/réalisation de maquette de borne de connexion navire-réseau **ShoreBox™** en vue de la mise en œuvre de la norme de communication ISO/IEC/IEEE 80005-1:2012

Formation

2012-2016 : Double diplôme ingénieur ESTP-ENSAM

- **ESTP: spécialité Génie Mécanique & Electrique (Réseau & Electronique de puissance)**
- **ENSAM: expertise Mécatronique (commande de systèmes/estimation)**

2010-2012 : MPSI-MP (lycée Vaugelas, Chambéry)

2010 : Baccalauréat scientifique (lycée de St Just, Lyon)

Autres

Langues: Anglais (C1/C2 TOEFL: 120), Russe (A2)

Informatique: suite Office, Catia/Solidworks, C/C++, Qt IDE, Matlab/Simulink, LabVIEW, Schneider Unity-Pro, Vijeo Designer...

Volontariat: Accueil de réfugiés de guerre au Frederiksberg kursgårg, Ystad, Suède, Août 2016.

Sport : Escalade, danse (Rock Swing & West Coast Swing)

Modélisation et Commande d'une Pompe Cardiaque à Membrane Ondulante

Mattias SCHEFFLER – Arts et Métiers ParisTech– Laboratoire PIMM

Ces travaux accompagnent le développement d'une technologie innovante de pompe, en vue d'une application médicale. Ce dispositif d'assistance cardiaque (DVAG) développé par la société CorWave, une fois implanté comme indiqué Figure 1 permettra à des patients souffrants d'insuffisance cardiaque chronique de quitter l'hôpital, ce qui leur permettra de retrouver une forme d'autonomie.

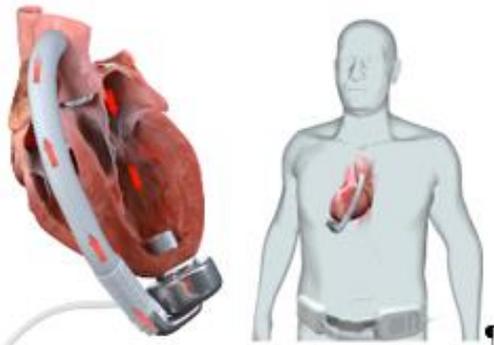


Figure 1: Représentations commerciales de la pompe

Cette technologie est disruptive car celle-ci repose sur les déformations d'une membrane souple, montré Figure 2. Celle-ci permet des variations du point de fonctionnement de la pompe plus rapides que l'état de l'art dominé par des pompes à rotor [1], sans apport excessif d'énergie. Cela permet de miniaturiser la pompe, faciliter son implantation et de conserver la pulsation du débit sanguin.

Les principales contraintes de développement de la pompe sont les suivantes : Le débit de la pompe doit restaurer la circulation sanguine. Le fonctionnement du système doit être garanti durant plusieurs années. L'encombrement du produit doit être réduit pour faciliter son implantation à l'intérieur du thorax. Le rendement du système doit être suffisant pour rester alimenté plusieurs heures par des batteries.

Nous proposons de développer les lois de commande du système afin de respecter au mieux ces spécifications. En particulier, il est nécessaire de garantir un fonctionnement fiable du système, qui minimise le nombre de capteurs utilisés, la taille des actionneurs, et maximise la puissance hydraulique nominale délivrée par la pompe. Cela passe par une modélisation fine du système complet, c'est-à-dire de coupler un modèle électromécanique (EM) proche de celui de [2] à celui de l'interaction fluide-structure (FSI) entre la membrane en déformation et l'écoulement du fluide comme montré dans [3]. Cette modélisation a permis de se rapprocher de problématiques de commande et d'estimation

évoquées dans [4] pour développer des lois de commandes du système qui ne reposent que sur la mesure d'intensité électrique de l'actionneur. Ces lois permettent d'actionner la pompe de manière fiable, et dépassent l'état de l'art en prenant en compte le caractère non linéaire des paramètres du système, visibles Figure 2.

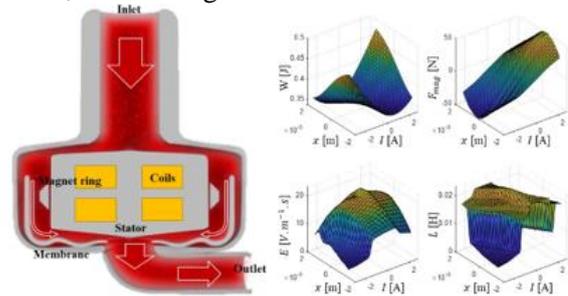


Figure 2: Schéma de principe de la pompe, vue en coupe, variation des paramètres de l'actionneur suivant les variables d'état

Pour évaluer et améliorer ces lois de commandes, nous nous appuyons sur des simulations numériques mises en place sous Matlab/Simulink et COMSOL, ainsi que sur leur déploiement sur banc d'essai via des cartes de prototypage rapide DSpace.

Le reste des travaux portera sur le couplage des modèles EM et FSI pour créer un outil permettant d'analyser numériquement le comportement total du système. Ce modèle couplé sera recalé sur des mesures expérimentales. Enfin, une analyse mathématique permettra de garantir la fiabilité des lois de commandes sur une étendue d'opération de la pompe.

Références

- [1] O. Castellanos, K. Faulkner, et G. Ramina, « Generations of Left Ventricular Assist Devices: The HeartMate Family », p. 6.
- [2] D. Wiedemann, « Permanent Magnet Reluctance Actuators for Vibration Testing », Technischen Universität München, 2012.
- [3] S. Turek et J. Hron, « Proposal for Numerical Benchmarking of Fluid-Structure Interaction between an Elastic Object and Laminar Incompressible Flow », in *Fluid-Structure Interaction*, vol. 53, H.-J. Bungartz et M. Schäfer, Éd. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006, p. 371-385.
- [4] J. Latham, M. L. McIntyre, et M. Mohebbi, « Parameter Estimation and a Series of Nonlinear Observers for the System Dynamics of a Linear Vapor Compressor », *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 63, n° 11, p. 6736-6744, nov. 2016.

SHAH Ghazanfar Ali

LISPEN-Arts et Métiers ParisTech

2, cours des Arts et Métiers 13 617 AIX-
EN-PROVENCE

Tél : 0033 6 10 04 59 85

ghazanfar_ali.shah@ensam.com**FORMATION****2016 - 2017** : Master Research (Knowledge Integration in Mechanical Production), Arts et Métiers Paristech, France**2008 - 2012** : Bachelor of Engineering in Mechanical, University of engineering and technology Taxila, Pakistan**2006 - 2007** : FSC (Pre-Engineering), Cadet college Mastung, Pakistan**2003 - 2005** : Secondary School Certificate (SSC) O'Levels, Cadet college Mastung, Pakistan**PROFESSIONAL EXPERIENCES****2017-2018** : Doctorat inscription in ENSAM Arts et Métiers, Aix En Provence**Thesis topic** « *Multimodal segmentation of point clouds and reconstruction of CAD models of digitized mechanical parts assemblies* »**Mars-septembre 2017** : Internship in the laboratory LSIS, Arts et Métiers, Aix En Provence**Internship topic** « *Fitting CAD models to digitalized assembly models* ».**Feb-2014**: Working with **MES Pakistan** as an assistant executive engineer.**Nov-2012 to Feb-2014**: Worked with **TROJANS Pakistan** as an application engineer.**COMPETENCES**

- Successfully delivered trainings of CREO 2.0 (CAD/CAM/CAE), portable coordinate measuring machine FARO ARM and VERICUT, across various organizations in Pakistan and helped them to enhance their production efficiency, Mechanics of materials.
- Teaching project courses for 1st year students in , Arts et Métiers, Aix En Provence.

TRAININGS DELIVERED:

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| • MOLD DESIGNING | • CAD (CREO PARAMATRIC) |
| • SURFACE DESIGNING | • VERICUT |
| • PRODUCTION MACHINING | • TOLERANCE ANALYSIS |

SOFTWARE SKILLS:

- | | | |
|-----------------------|----------------------------|-------------------|
| • Pro-Engineer (CREO) | • Windchill (PLM Solution) | • CloudCompare |
| • CATIA V5 | • Esprit CAM, VERICUT | • Geomagic Studio |
| • SolidWorks | • Matlab | |

LANGUAGES : English (read, written and spoken), Urdu (read, written and spoken), French (basics)**OTHERS****INTEREST** : Volleyball, basketball, documentaries.**QUALITIES** : Punctual, serious, research spirit.

TITLE : Multimodal segmentation of point clouds and reconstruction of CAD models of digitized mechanical parts assemblies

Ghazanfar Ali SHAH – LISPEN - Arts et Métiers ParisTech 2, cours des Arts et Métiers 13 617
AIX-EN-PROVENCE

Most existing Reverse Engineering techniques fail to efficiently generate or update consistent CAD models fitting point clouds of digitized mechanical parts. CAD models are often reconstructed sequentially, following a time-consuming patch-by-patch reconstruction approach in which designers often have to face many issues (e.g. decomposition in patches, best fitting of the patches, trimming and connection of the patches) in a more or less manual way. This is true when considering single parts and it is even truer for the assemblies of several parts. Thus, actual Reverse Engineering approaches are not yet adapted to support the need for automatic reconstruction or update of Digital Mock-Up, and notably for what concerns the management of digital twins within the scope of the Industry 4.0 [1]. I am working on a new reverse engineering technique to circumvent those issues and allow a more global and efficient reconstruction or update of good-quality CAD models perfectly fitting point clouds of mechanical parts assemblies. The idea is to directly make use of parameterized CAD models which parameters are to be optimized. The CAD models to be fitted can come from an existing database, when considering for instance the need to update the Digital Mock-Up, or they can be roughly and rapidly sketched starting from scratch and using CAD modelers.

The proposed fitting approach relies on an optimization kernel which makes use of a Simulated Annealing algorithm to find out the best values of the CAD models dimensional parameters that minimize the deviations between the point clouds and the CAD models to be fitted. Both

global and local fitting is possible. During the optimization process, the orientation and positioning of the CAD parts is driven by an ICP algorithm [2] which acts each time the dimensional parameters are modified. The consistency of the CAD models is ensured by a modeler which updates the CAD models according to the iterative dimensional modifications. The modeler also keeps track of the assembly constraints to be satisfied between the CAD parts. Both single and multiple parts can be fitted simultaneously. The evaluation of the proposed approach is performed using both scanned point clouds and as-scanned virtually generated point clouds which incorporate several artifacts that would appear with a real scanner [3]. This technique allows for the comparison between the dimensions of the fitted parts and the ones of the parts used to generate the point clouds.

References:

- [1] Y. Lu, Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues, *Journal of Industrial Information Integration* 6 (2017) 1–10.
- [2] P. J. Besl, N. D. McKay, A method for registration of 3-d shapes, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 14 (2) (1992) 239–256.
- [3] J. Montlahuc, G. A. Shah, A. Polette, J.-P. Pernot, As-scanned point clouds generation for virtual reverse engineering of cad assembly models, *Computer-Aided Design and Applications* (2018) 1–11.

Emeline SIMONETTI

emeline.vacherand@ensam.eu
 Institut de Biomécanique
 Humaine George Charpak, Arts
 et Métiers ParisTech, 151 bd de
 l'Hôpital, 75013 Paris, France

Laboratorio di Bioingegneria e
 Neuromeccanica del Movimento
 Umano, Università di Roma
 "Foro Italico", Piazza Lauro de
 Bosis 6, 00135 Rome, Italie

emeline.vacherand@invalides.fr
 INI/CERAH
 47 rue de l'Echat,
 94000 Créteil, France

Sujet de thèse : Développement d'outils embarqués de quantification pour l'aide à la rééducation fonctionnelle de la personne amputée de membre inférieur

TRAVAUX ACADEMIQUES

Communications orales passées :

- « Capteurs embarqués et rééducation : état de l'art » - **E. Vacherand**, C. Villa, J. Bascou, E. Bergamini, G. Vannozzi, H. Pillet, *XXIIème Congrès National Scientifique de l'International Society of Prosthetics and Orthotics, ISPO France, 16 novembre 2018, Lyon, France.*
- « Estimation des paramètres temporels de la marche à l'aide de centrales inertielle chez la personne amputée de membre inférieur au niveau transfémoral : une étude comparative » - **E. Simonetti**, C. Villa, J. Bascou, E. Bergamini, G. Vannozzi, H. Pillet. *18^{ème} Congrès de la SOFAMEA, 23-25 janvier 2019, Grenoble, France.*

Article en cours de préparation :

- **E. Simonetti**, E. Bergamini, C. Villa, J. Bascou, G. Vannozzi, H. Pillet. *Gait events detection using inertial measurement units in people with transfemoral amputation: a comparative study*

Communications orales à venir :

- « Stance phase duration estimation from inertial sensors in a population of people with transfemoral amputation: comparison of five algorithms » - **E. Simonetti**, C. Villa, J. Bascou, I. Loiret, E. Bergamini, G. Vannozzi, H. Pillet, *ISPO 17th World Congress, October 2019, Kobe, Japan.*

EXPERIENCES PROFESSIONNELLES

2016 – 2017

(1 an)

Ingénieure Consultante Dispositifs Médicaux, EFOR, Paris

Ingénieure technico-réglementaire : dossiers de marquage CE, homologation export, 510(k), design & change control, analyse de risques AMDEC, validation de procédés spéciaux

2016

(6 mois)

Chef de projet Junior, Recherche et Développement, Euros, La Ciotat

Conception d'un implant de hanche (cotyle) et de l'instrument permettant sa préhension. Réalisation de cahiers des charges, Veille concurrentielle, Conception et mise en plan sous Creo Parametric, Analyses de risques AMDEC, Rédaction de protocoles et rapports d'études

FORMATION

2012 – 2016

ENSTA ParisTech, Palaiseau (91120)

Ingénieure généraliste. Modélisation numérique en mécanique des fluides ; conception et dimensionnement des systèmes mécaniques ; modélisation et simulation des systèmes multi-physiques ; projet de recherche à l'Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak (Arts et Métiers ParisTech) : Quantification des effets mécaniques d'une orthèse de genou

2014 – 2015

TU Delft, Delft (Pays-Bas)

Césure académique ERASMUS : première année du Master of Science (MSc) « Biomedical Engineering », spécialisations « Biomaterials » et « Tissue Biomechanics and Implants »

Détection des événements de la marche à l'aide de centrales inertielles chez la personne amputée de membre inférieur au niveau transfémoral : une étude comparative

Emeline SIMONETTI – Arts et Métiers ParisTech, Paris – Institut de Biomécanique Humaine
Georges Charpak

Introduction

La quantification des paramètres temporels de la marche permet une évaluation globale de la fonction locomotrice de la personne amputée. Cela nécessite la détection des événements du cycle de marche, en particulier des instants de contact initial et final du pied au sol, dont la connaissance est primordiale pour l'interprétation de nombreux paramètres biomécaniques tels que les angles articulaires ou l'asymétrie temporelle.

Ces dernières années, de nombreux algorithmes ont été développés pour détecter ces événements à partir de centrales inertielles (IMUs), car elles offrent des opportunités de mesure embarquée à un coût modéré. La grande diversité des algorithmes rend difficile la sélection de celui le plus adapté à la marche de la personne amputée transfémorale. Ainsi, cette étude avait pour objectif de comparer quatre algorithmes de détection des événements de la marche à partir de centrales inertielles placées au bassin ou aux tibias dans cette population.

Méthodes

La performance de quatre algorithmes issus de l'état de l'art (Tab. 1) a été évaluée chez 6 personnes amputées transfémorales en termes de fréquence de détection (sensibilité, valeur prédictive positive), ainsi que de précision de détection des événements et d'estimation des durées de cycle et de phases d'appui des côtés sain et prothétique. Les participants, équipés de trois centrales inertielles au bassin et aux tibias (MTw, xSens, 100 Hz) et d'une paire de semelles de pression (Loadsol, Novel, 100 Hz), utilisées comme référence, évoluaient sur une distance de 8m sur sol plan à vitesse lente, confortable, et rapide.

Algorithme	Capteur(s)
Selles [1]	2 accéléromètres sur chaque tibia
McCamley [2]	1 IMU au bassin
Maqbool [3]	1 gyroscope sur chaque tibia
Trojaniello [4]	1 IMU sur chaque tibia

Tableau 1: Algorithmes issus de l'état de l'art implémentés

Résultats et conclusion

La sensibilité de détection des événements varie de 92 à 99 % avec le plus gros taux d'événements manqués par l'algorithme utilisant une seule centrale au bassin. Ce dernier détecte les événements de la marche avec beaucoup de retard (erreur moyenne supérieure à 0.2 s). Cependant, l'erreur d'estimation de la durée de cycle est inférieure à 1.3% pour les quatre algorithmes.

L'erreur d'estimation de la durée de phase d'appui est inférieure à 9% pour trois des algorithmes, et est d'environ 25% pour celui de Maqbool [3]. Il est intéressant de noter qu'il ne s'agit pas de l'algorithme utilisant une centrale au bassin. Ceci s'explique par la divergence des erreurs de détection entre les contacts initiaux (retard) et les contacts finaux (anticipation), entraînant une sous-estimation importante des durées de phase d'appui par cet algorithme.

Cette pré-étude semble confirmer que les algorithmes utilisant une unique centrale au bassin sont moins fiables que ceux en utilisant deux aux membres inférieurs pour détecter tous les événements de la marche [4, 5]. Cependant, elle montre également que la position de capteurs aux tibias n'est pas garante d'une bonne précision temporelle comme on aurait pu le penser [5].

Remerciements

Cette étude a fait l'objet d'un poster au XVIIIème congrès de la SOFAMEA (janvier 2019), avec les co-auteurs C. Villa et J. Bascou (INI/CERAH, Créteil, France), E. Bergamini et G. Vannozzi (Foro Italico, Rome, Italie) et H. Pillet (IBHGC, Paris, France). Elle a été financée par la Fondation des Amputés de Guerre de France et l'Université Franco-Italienne.

Références

- [1] Selles R. W. et al., 2005, IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng. 13:81–88.
- [2] McCamley, J. et al., 2012, Gait Posture. 36:316–318.
- [3] Maqbool H.F. et al., 2017, IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng. 25:1500–1509.
- [4] Trojaniello D. et al., 2014, J Neuroeng Rehabil, 11:152.
- [5] Pacini Panebianco, G. et al., 2018, Gait Posture, 66:76–82.

Modélisation des paramètres de contrôle de l'écoulement pulsé à travers un stent

Jianfei SONG – Arts et Métiers ParisTech–Laboratoire de dynamique des fluides

L'implantation de stent, une percée dans l'athérosclérose, peut modifier l'hémodynamique du flux sanguin. La dynamique des fluides numérique a été largement réalisée pour étudier les effets de l'implantation de stent sur les paramètres hémodynamiques[1]. Afin d'explorer l'effet de l'existence d'un stent sur l'hémodynamique du domaine sanguin, de nombreux paramètres de contrôle doivent être pris en compte. Dans ce travail, les activités physiques des patients et l'espacement des branches en ce qui concerne la conception géométrique du stent ont été pris en compte dans un modèle coronaire 2D instable.

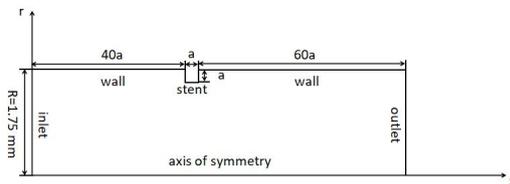


Fig.1 Modèle géométrique 2D d'artère avec stent

La Fig.1 montre le modèle géométrique 2D d'artère avec stent carré ($a=0.1$ mm). Les modèles de flux à différentes fréquences du pouls couvrant les patients en condition d'exercice ont été imposés à l'entrée, ils sont séparément 60 bpm, 75 bpm, 100 bpm et 120 bpm. Une forme d'onde de pression instable de fréquence différente est imposée à la limite de sortie correspondant au taux d'impulsions à l'entrée sur la base du modèle à deux éléments. La paroi du vaisseau est considérée comme rigide et le profil de vitesse est considéré comme parabolique. Le flux sanguin est considéré comme incompressible, fluide newtonien et il est en cas laminaire. En conséquence, les équations qui régissent sont l'équation de conservation de la masse (éq. (1)) et l'équation du moment (éq. (2)).

$$\nabla \cdot \mathbf{v} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \rho \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} = -\nabla P + \mu \nabla^2 \mathbf{v} \quad (2)$$

Les stents d'une seule branche et de deux branches avec un espacement différent des branches (comme indiqué sur la Fig.2) ont tous deux été étudiés dans la présente étude. Dans le cas de deux branches, $D = a, 3a, 5a$ séparément.

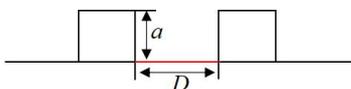


Fig.2 La géométrie du stent avec deux branches

Tout d'abord, le profil de vitesse parabolique est validé avec les données expérimentales de la littérature à des moments différents dans un cycle. La vitesse est normalisée par la valeur maximale dans un cycle appelé u^+ et la distance radiale est normalisée par le rayon appelé r^+ . Un bon ajustement est acquis grâce à la comparaison. Bien que l'écart maximal se produise à $t=T/2$ correspondant au débit maximal, la différence peut être contrôlée à moins de 12% comme indiqué à la Fig.3.

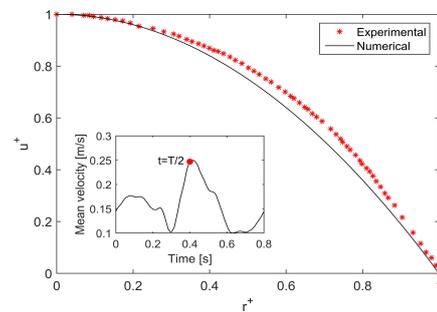


Fig.3 Comparaison du profil de vitesse supposé avec les résultats expérimentaux at $T/2$ [2]

Selon la littérature[2], une faible valeur de la contrainte de cisaillement de la paroi, en particulier en dessous de 0,5 Pa, contribuera au dépôt.

Avec les résultats numériques d'une seule branche, il est observé que la fréquence du pouls affecte grandement l'hémodynamique de artère stentée. Une impulsion plus élevée diminuera la taille de la recirculation en amont et augmentera la taille de la recirculation en aval en raison de la force inertielle plus forte. Un pouls plus élevé augmentera la valeur du taux de cisaillement dans la région de recirculation, indiquant que les activités physiques profiteront aux patients après l'implantation de stent.

Avec le stent de deux branches, l'attache sera formée lorsque l'espacement des montants $D = 5a$ dans la présente étude. Un plus grand espacement des branches et un taux d'impulsions plus élevé contribuent tous deux à une valeur plus élevée de la contrainte de cisaillement. De plus, cette étude peut être approfondie dans un modèle d'artère 3D réaliste.

Références

- [1] K. Pielhop, M. Klass, W. Schroder, 2012, Analysis of the unsteady flow in an elastic stenotic vessel, Eur. J. Mech. B-Fluid, 35/2:102-110.
- [2] F. Chabi, 2016, étude numérique et expérimentale du transfert de masse, par advection et diffusion en écoulement pulsé, sur des stents actif, thèse de doctorat.

**Jianfei SONG**

jianfei.song@ensam.eu

Laboratoire de dynamique des fluides / 151 Boulevard de l'Hopital/ Campus ParisTech

Arts et Métiers ParisTech

Education

1. Depuis 2017, Doctotant au laboratoire de dynamique des fluides d'Art et Métier, ParisTech.
2. 2014-2017, Maîtriser à l'Université de commerce de Tianjin en Chine.
3. 2010-2014, Bachelor à l'Université d'architecture de Hebei en Chine.

Publication

1. Bin Liu, Jianfei Song, Zhaodn Yao, Rachid Bennacer, Effects of magnetic field on the phase change cells and the formation of ice crystals in bio-materials : carrot case, Journal of Thermal Science and Engineering Applications, 9(3), 2016.



Matthieu STEPHANT

matthieu.stephant@yncrea.fr

Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique de puissance de Lille
Univ. Lille, Centrale Lille, Arts et Metiers Paris Tech, HEI, EA 2697, L2EP,
59000 Lille, France

Arts et Métiers ParisTech

Depuis mars 2018 **Doctorant au L2EP, sous contrat doctoral avec HEI – Yncrea Hauts-de-France, en partenariat avec GB Solar**

Développement de solutions permettant d'augmenter l'autoconsommation et la mutualisation énergétique entre bâtiments. Mise en œuvre des blockchains.

Directeur de thèse : Benoît ROBYNS

Encadrants : Dhaker ABBES, Kahina HASSAM-OUARI et Antoine LABRUNIE

2013 - 2017 **Ecole Centrale de Lyon, diplôme d'ingénieur généraliste**

Formation d'ingénieur en énergie, réseaux électriques

Avril – septembre 2017 **Stage au Smart Energy Policy and Networks Laboratory, Volos, Grèce**

Etude de l'intégration des panneaux photovoltaïques dans les réseaux électriques :

- Analyse de la stabilité du réseau et de la synchronisation en particulier
- Simulations de larges réseaux de distribution avec le logiciel GridLAB-D

Mars – juillet 2016 **Stage à Euroquality, Paris**

Conseil en montage et gestion de projets européens d'innovation (H2020, Erasmus+) :

- Pilotage et animation de consortiums de recherche européens,
- Rédaction de programmes de travail et négociations budgétaires
- Suivi des projets

Septembre 2015 – février 2016 **Stage au CCFE (Culham Center for Fusion Energy), Culham , Royaume-Uni**

Etude de la répartition spatiale des radiations dans un réacteur de fusion nucléaire (tokamak) :

- Calibrage d'un instrument de mesure
- Traitement et visualisation des données
- Analyse et interprétation des résultats

Langues Anglais, Italien, Grec moderne

Programmation MATLAB, Python, Solidity

Centre d'intérêts Judo (ceinture noire 1^{er} Dan), musique (guitariste)

Développement de solutions permettant d'augmenter l'autoconsommation et la mutualisation énergétique entre bâtiments. Mise en œuvre des blockchains.

Matthieu STEPHANT – Arts et Métiers ParisTech – L2EP Lille

L'intégration des sources d'énergie renouvelables dans les réseaux électriques s'accompagne de changement d'usages et de comportements des acteurs, faisant évoluer le système électrique vers un système plus décentralisé, où de nouveaux flux électriques apparaissent. Par exemple, certains consommateurs produisent maintenant eux-mêmes une part de l'électricité qu'ils consomment. Ainsi, l'une des pistes pour améliorer l'utilisation de ces sources d'énergie décentralisées est de partager localement la production entre différents consommateurs : on parle alors d'autoconsommation collective.

Dans cette perspective, la problématique de la thèse est de proposer une méthode concrète et décentralisée pour améliorer la mutualisation énergétique entre bâtiments sur un réseau électrique local en basse tension, en s'appuyant sur un cas d'étude concret : le campus de l'Université Catholique de Lille, qui comporte des générateurs photovoltaïques, des bornes de recharge pour véhicules électriques et une batterie. Pour mettre en place une stratégie décentralisée, c'est-à-dire sans superviseur global, on propose d'implémenter une blockchain, base de données distribuée qui supporte l'exécution d'algorithmes (*smart contracts*) et qui fonctionne sans agent central.

Dans un premier temps donc, on spécifie concrètement le problème d'optimisation, qu'on propose de résoudre avec la théorie des jeux. Ce cadre permet de définir pour chaque élément du réseau une fonction d'utilité, qui retranscrit mathématiquement ses objectifs [1]. Ainsi, chaque élément (charges, générateurs photovoltaïques, batterie, véhicules électriques) optimise son profil de consommation ou de production en fonction de ses propres préférences (confort, coût ou volonté de consommer la production locale). La théorie des jeux garantit, dans des conditions précises, que le système atteint un point d'équilibre, appelé équilibre de Nash.

Ensuite, pour vérifier que ces solutions respectent les contraintes du réseau électrique, on les simule sur un modèle physique du réseau, représenté sur la Fig. 1. Ce modèle permet d'identifier les limites du réseau (surtensions ou congestions de ligne) et ainsi de corriger les solutions proposées.

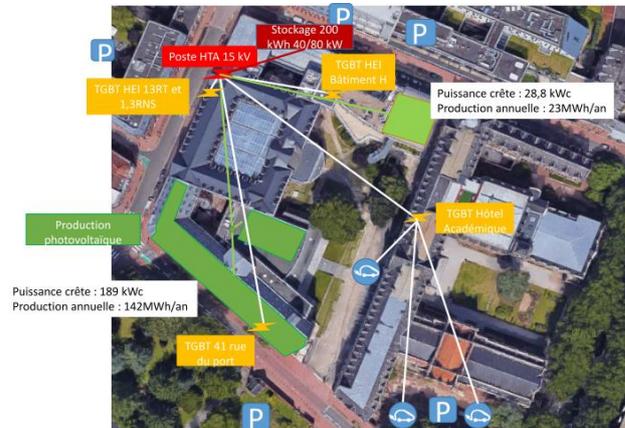


Fig. 1. Réseau électrique de l'Université Catholique de Lille

Enfin, pour assurer le caractère décentralisé de l'approche envisagée, on propose d'utiliser une blockchain locale, où chaque acteur constitue un nœud du réseau de communication [2]. Cette blockchain locale stocke les données de production et consommation. De plus, par l'intermédiaire d'un *smart contract* adéquat, on interroge les préférences de chaque acteur et on lance ensuite le processus d'optimisation des profils de consommation et production. La blockchain collecte les données, et remplace donc le rôle d'agent central. Cette solution apporte plus de sécurité et de résilience au système, puisqu'elle ne repose pas sur un unique agent et se passe de tiers de confiance. De plus, elle s'inscrit parfaitement dans l'évolution décentralisée des réseaux électriques.

Ainsi, on propose dans cette thèse un cadre concret pour optimiser le taux d'autoconsommation au sein d'un quartier, de façon complètement distribuée, où chaque acteur ajuste sa production ou consommation en fonction de ses propres préférences, et sans intervention d'un agent central de supervision.

Références

- [1] K. Dehghanpour and H. Nehrir, "Real-Time Multi-objective Microgrid Power Management Using Distributed Optimization in an Agent-Based Bargaining Framework," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 9, pp. 6318–6327, Nov. 2018.
- [2] E. Münsing, J. Mather, and S. Moura, "Blockchains for decentralized optimization of energy resources in microgrid networks," in *2017 IEEE Conference on Control Technology and Applications (CCTA)*, pp. 2164–2171, Aug. 2017.



Cosimo TARSIA MORISCO

Mail : Cosimo.TARSIA-MORISCO@ensam.eu

Laboratoire : Dynfluid, 151 Boulevard de l'Hôpital, Paris
Arts et Métiers ParisTech

FORMATION

2017 – en cours

Doctorat en Mécanique des Fluides: Dynamique d'une tuyère sur-détendue

CNES (FR)/ArianeGroup (FR)
École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Paris, Dynfluid (FR)
Calculs 3D RANS/LES d'écoulements compressibles
Stabilité Linéaire
Comparaison avec résultats expérimentaux

2014 - 2017

Master en Génie Mécanique : Aéronautique (Score 110/110)

École Polytechnique de Bari (IT)
Dynamique des Écoulements Compressibles et Propulsion
Dynamique des Fluides des Machines Tournantes
Dynamique et Simulation d'aéronefs
Mécanique appliquée

2015 - 2016

Master Recherche en Aérodynamique et Aéroacoustique (Score 15/20)

École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Paris (FR)
Aéroélasticité
Quantification des Incertitudes en CFD
Aérodynamique et Méthodes Numériques Avancées
Bases de la Simulation Numérique des Écoulements Compressibles

2010 - 2014

Licence en Génie Mécanique (Score 104/110)

École Polytechnique de Bari (IT)
Dynamique des Fluides
Systèmes énergétiques et Machines Tournantes
Mécanique du solide et des structures
Thermodynamique appliquée et Transmission de Chaleur

Juillet 2010

Baccalauréat 100/100, avec mention.

Lycée Scientifique A. Scacchi, Bari (IT)

EXPERIENCE PROFESSIONNELLE

Mars – Juillet 2016

Stage fin d'études auprès du Laboratoire DynFluid

École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Paris, Dynfluid (FR)
Etude numérique sur la réduction de la traînée en présence d'un écoulement diphasique dans une conduite aux micro cavités.

June 2009

Stage Extreme Energy Events (EEE)

CERN, Geneve (CH)
Réalisation et installation de chambres d'un MRPC (Multigap Resistive Plate Chamber) pour la detection de rayons cosmiques

INFORMATIQUE ET LANGUES

- ✓ **Ansyes ICEM, Ansyes Fuent CFD :** maitrisé
- ✓ **C, Fortran, Matlab, Simulink :** maitrisé
- **Italien :** langue maternelle
- **Français :** courant (lu, écrit et parlé)
- **Anglais :** courant (diplômé avec certification University of Cambridge, ESOL, B2)

Dynamique d'une tuyère sur-détendue : vers la construction d'un modèle réduit

Cosimo TARSIA MORISCO – Arts et Métiers ParisTech– Laboratoire Dynfluid

Le décollement est un phénomène très fréquente dans le domaine aéronautique ainsi que spatiale. Notamment, les interactions choc-couche limite se produisant dans la tuyère des fusées, dans des conditions transsoniques ou supersoniques, provoquent une forte limitation du régime du vol en raison des réductions drastiques de la performance aérodynamique. En fait, pour obtenir des performances optimales pendant toute la durée du vol, les tuyères sont conçues pour un précis rapport de pression appelé rapport de pression de buse (NPR).

Cependant, pendant les phases transitoires de démarrage et d'arrêt, le NPR est différent de celui de conception et les chocs se produisent à l'intérieur du conduit divergent, interagissent avec la couche limite. Cette interaction conduit à une instabilité en fréquence, associée à un mode azimutal auto-entretenu qui crée des charges latérales[1]. Dans le cadre du programme ATAC (Aérodynamique des Tuyères et Arrières-Corps) géré par le CNES, le but de cette thèse est de réaliser une analyse de stabilité linéaire d'écoulements 3D afin d'étudier la nature potentiellement instable de ce mode.

L'étude théorique et numérique des instabilités hydrodynamiques par une analyse de stabilité linéaire est liée à la définition du champ de base, qui est une solution stationnaire ou périodique dans le temps des équations de Navier-Stokes. Une fois cette solution est calculée, on peut alors étudier l'évolution des perturbations infinitésimales à partir du champ de base en linéarisant les équations non linéaires de Navier-Stokes autour de cette solution

particulière. Avec le code *Phoenix* développé au laboratoire *DynFluid*, le calcul du champ de base des équations URANS/DDES est obtenu comme une solution stationnaire des équations RANS.

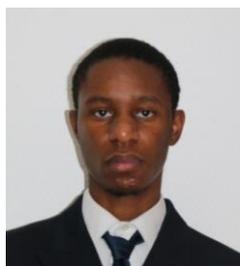
Les premiers calculs avaient montré une faible convergence du résidu en norme L_2 . Afin d'améliorer la convergence, nous avons implémenté une méthode de filtrage sélectif (*Selective Frequency Damping*) de la solution instationnaire, permettant de gagner deux ordres de grandeur. Cette approche a été validée sur deux cas tests 2-D (un écoulement autour d'un cylindre en régime laminaire et un cas de tremblement transsonique et turbulent autour d'un profil supercritique OAT15A).

La solution stationnaire de l'écoulement est correctement retrouvée, en terme de positionnement du point de décollement ainsi que les différents disques de Mach associées pour le calcul RANS et le calcul DDES. Pour ce qui concerne le caractère instationnaire de l'écoulement, un premier maillage à 20 millions n'a pas permis d'entretenir la solution instationnaire.

Ce problème est principalement dû à un maillage insuffisant entraînant des niveaux de dissipation numérique trop élevés. Deux maillages respectivement à 35 et 55 millions de cellules avec la même stratégie numérique sont en cours de mise en œuvre.

Références

[1] K. B. M. Q. Zaman, M. D. Dahl, T. J. Bencic, and C. Y. Loh. Investigation of a 'transonic resonance' with convergent-divergent nozzles. *J. Fluid Mech.*, 463, 2002.



Thomas Thenard

thomas.thenard@ensam.eu

IBHGC, 151 boulevard de l'Hôpital, Paris

I2M, Avenue d'Aquitaine, Gradignan

Doctorant SMI Arts et Métiers ParisTech

FORMATIONS/ DIPLÔMES

Octobre 2017 – aujourd'hui – Doctorant réalisant une thèse en ingénierie biomédicale à l'Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak (ENSAM, Paris) et à l'Institut de Mécanique et d'Ingénierie (Bordeaux).

2016 - 2017 – Diplôme Master ingénierie biomédicale spécialité biomécanique à l'Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak (ENSAM, Paris)

2014 - 2017 – Diplôme d'ingénieur généraliste de l'Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers.

2011 - 2014 – Etudiant en Classe Préparatoires aux Grandes Ecoles en filière physique et sciences industrielles au lycée Buffon à Paris.

Juin 2011 – Obtention du Baccalauréat Scientifique, option Sciences et Vie de la Terre, spécialité Physique-Chimie avec mention *Bien*.

EXPERIENCES PROFESSIONNELLES

Juillet – Septembre 2017 – Stage d'ingénieur process de 3 mois chez Materialise dans le département qualité sur Paris dans le but d'améliorer le système de libération des dispositifs médicaux

Février - Juin 2017 – Stage de recherche en biomécanique de 5 mois sur l'étude posturale de patients scoliotique à l'aide du système de radiographie EOS

Juin 2016/ Août 2016 – Stage humanitaire de 6 semaines au Guatemala avec AIESEC en laboratoire d'étude de qualité de l'eau avec l'organisation gouvernementale AMSA.

Février 2015 – Stage ouvrier comme ouvrier chez Eiffage Energie (Maintenance de l'éclairage publique et Enfouissement du réseau électrique urbain).

Modélisation mécanobiologique de l'ostéointégration dans le cadre de la fabrication additive par SLM

Thomas Thenard – Arts et Métiers ParisTech, IBHGC, 75013 Paris, France. Université de Bordeaux, I2M, UMR CNRS 5295, 33405 Talence, France

L'ostéointégration, introduit par Branemark en 1965, définit la connexion directe entre l'implant et le tissu osseux vivant, et fait office de connexion secondaire, permettant de garantir la bonne stabilité de l'implant dans le temps. Ce processus est influencé par différentes propriétés caractérisant l'interface os-implant, en particulier les conditions de surfaces de l'implant. Ces conditions sont de différentes natures, notamment la rugosité qui joue un rôle important dans la phase initiale de l'ostéointégration, avec l'adhésion, la prolifération, et la migration à la surface de l'implant [1]. De nombreuses études ont montrées que cette présence de rugosité avait pour conséquence d'améliorer les différentes propriétés cellulaires. L'importance des conditions de surface fait que le procédé de fabrication aura un impact important sur cet aspect. Parmi les différents procédés existants, la technologie de Fabrication Additive est particulièrement intéressante car elle permet d'obtenir des implants adaptés à la morphologie du patient tout en ayant de bonnes propriétés biomécaniques. Cependant, la spécificité des états de surface obtenus apporte un questionnement quant à l'influence réelle de l'état de surface à l'échelle microscopique. Ainsi, l'objectif de notre étude est double : Mettre en place un modèle numérique afin d'étudier l'impact de l'état de surface, et étudier l'impact de la FA par SLM sur la création d'état de surface biocompatible.

I. Modélisation numérique

La première partie de notre étude consiste à modéliser numérique le comportement cellulaire en présence de rugosité. Pour cela, nous nous sommes concentrés sur deux approches de modélisation : (1) Une modélisation unicellulaire en 3D afin de pouvoir modéliser l'influence géométrique de l'état de surface. (2) Une modélisation multicellulaire en 2D afin d'étudier l'influence de l'état de surface sur l'interaction entre cellules. Ces deux modèles sont basés sur un modèle numérique discret "Cellular Potts" [2]. Ce modèle, basé sur la minimisation de l'énergie du système, décrit l'ensemble des propriétés d'une cellule par des fonctions Hamiltoniennes H . Notre modèle se concentre sur la modélisation de la migration cellulaire en unicellulaire et multicellulaire. Par ailleurs, afin de pouvoir caractériser notre surface, nous nous sommes définis des paramètres spécifiques, dont un paramètre rc définissant le ratio entre l'aire engendrée par la

rugosité et l'aire sans rugosité). Le modèle unicellulaire nous a permis de mettre en lumière l'importance de la surface de contact entre la cellule et l'implant.

II. SLM et création de surface biocompatible

Le procédé SLM consiste en la fabrication d'une pièce couche par couche par lasage spécifique de certaines parties d'une couche de poudre métallique. En termes d'état de surface, le procédé montre une grande variabilité selon les paramètres de conception et les paramètres machines, d'autant plus que les surfaces obtenues présentent une rugosité spécifique avec des particules de poudre d'alliage de titane non fondues piégées à la surface. La taille de ces particules varie de 30 à 60 μm , soit la taille d'une cellule. La taille de ces particules fait qu'elles agissent comme une barrière à la migration et prolifération cellulaire. Ainsi, afin d'améliorer l'état de surface pour obtenir des valeurs plus souhaitables, différents post traitements ont été appliqués : le polissage mécanique, le sablage, et le polissage chimique. Notre étude a montré une grande variabilité de l'état de surface obtenu selon les paramètres d'étude, avec possiblement des paramètres optimaux selon l'état de surface que l'on souhaite obtenir.

III. Etude biologique

Une étude cellulaire in vitro est menée afin d'étudier l'influence des différents post traitement sur la biocompatibilité de surface. À la vue des premiers résultats du test de cytotoxicité, les résultats ont montré que les différents traitements appliqués amélioraient la biocompatibilité de la surface. Des tests d'adhésions et de prolifération sont en cours afin d'analyser la biocompatibilité de chacune des surfaces.

Références

- [1] T. Albrektsson, P. I. Brånemark, H. A. Hansson, et J. Lindström, Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man, *Acta Orthop Scand*, vol. 52, no 2, p. 155-170, 1981.
- [2] M. H. Swat, G. L. Thomas, J. M. Belmonte, A. Shirinifard, D. Hmeljak, et J. A. Glazier, « Chapter 13 - Multi-Scale Modeling of Tissues Using CompuCell3D », in *Methods in Cell Biology*, vol. 110, A. R. Asthagiri et A. P. Arkin, Éd. Academic Press, 2012, p. 325-366.



Estefania TOBON VALENCIA

estefania.tobon-valencia@ensam.eu

LAMIH / 151 Bd de l'Hôpital, 75014 / Paris

Arts et Métiers ParisTech

Doctorante et Ingénieure de l'École Nationale Supérieure des Arts et Métiers (ENSAM)

26 ans



Nationalité : Colombienne



Formation

Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers

2017-2020 • Phd Student

2017 • Ingénieure • Double Diplôme

Universidad Escuela de Ingenieria de Antioquia

2017 • Ingénieure • Génie Industriel

Distinctions

Médaille d'Argent

2018 (Arts et Métiers)

Excellence Académique

2017 (Universidad Escuela de Ingenieria de Antioquia)

LOISIRS ET CENTRES D'INTERET

DANSE

Danse Classique – Ballet (20 ans),

Danses colombiennes (6 ans).

SPORT

Cardio training (10 ans), natation (22 ans).

MUSIQUE

Piano (16 ans).

CULTURE

Histoire de l'art (Renaissance et Impressionnisme).

EXPERIENCE PROFESSIONNELLE

Doctorante en Supply Chain

Depuis septembre 2017

Exxelia

Chanteloup-en-Brie, France

Sujet de Recherche : Développement d'une méthodologie d'aide à la décision dans l'activité de planification de la production à moyen terme dans un contexte industriel de PME manufacturière et de l'Industrie 4.0

Réalisations

- Conception d'un outil informatique pour le support à la prise de décisions du Master Planner.
- Conception d'un modèle mathématique pour l'optimisation du PDP (Programme Directeur de Production).
- Elaboration d'un Etude Delphi-Regnier sur les pratiques du PDP

Fonctions développées au sein de l'équipe Supply Chain

- Refonte des outils informatiques- Master Planner
- Responsable Ordonnancement
- Responsable Approvisionnements

PUBLICATIONS

- Septembre 2019** Tobon Valencia, E., et al. An optimization approach for MPS in a MTO multiproduct assembly. 8th International Conference on Industrial Engineering and Systems Management - IESM 2019 (IEEE), Shanghai 25 septembre.
- Août 2019** Tobon Valencia, E., et al. Production Planning in the Fourth Industrial Revolution : A Literature Review. 9th IFAC Conference on Manufacturing, Modeling, Management and Control – MIM 2019, Berlin 28- 30 août.
- Juin 2019** Tobon Valencia, E., et al. Planification de la production et Industrie 4.0 : Revue de la littérature. 13th International Conference CIGI Qualita 2019, Montréal 25- 28 juin.
- 2019** Moeuf, A., Lamouri, S., Pellerin, R., Tamayo Giraldo, S., Tobon Valencia, E., Eburdy, R., Identification of Critical Success Factors, Risks and Opportunities of Industry 4.0 in SMEs International Journal of Production research.
- Juin 2018** Tobon Valencia, E., et al. The integration of ERP and inter-intra organizational information systems : A Literature Review . IFAC papers online, 51 (11), pp. 1212-1217. doi: 10.1016/j.ifacol.2018.08.425

COMPETENCES SPECIFIQUES

Programmation Visual Basic, Matlab

Modélisation Mathématique- GUROBI, GLPK

Simulation Arena, Risk, SNO, Witness

Ecriture et Communication (4, première auteure)

Scientifique Publication dans 1 journal JCR (web of science)

ERP Sage X3

FORMATIONS DOCTORALES

Arts et Métiers 2019-Les carrières des docteurs à l'international, 2018- La conduite du projet doctorale

Mines ParisTech 2019 -Séminaire Intelligence économique et stratégique, 2018-Conception, Recherche et innovation, Lecture Rapide

Université Paris Créteil 2019 – L'écriture de Recherche en thèse

URFIST 2018-Modalité de choix et d'évaluation des publications

Planification de la production à moyen terme des PME dans le cadre de l'Industrie 4.0

Estefania TOBON VALENCIA – Arts et Métiers ParisTech – LAMIH

L'Industrie 4.0 est une transformation technologique et organisationnelle qui a comme objet de synchroniser en temps réel les flux et de personnaliser la production [1]. Cette transformation devrait se faire à l'aide de systèmes de planification permettant d'équilibrer la satisfaction client et l'utilisation efficace de ressources de production [2][3]. Ceci en s'adaptant en temps réel aux conditions de l'environnement de production [4].

Les travaux de [5] ont montré qu'aux cours des dernières années les PME ont surtout cherché à mettre en place des outils de suivi en temps réel plutôt que de chercher à revoir le fonctionnement de leurs outils de planification et de production.

Nos travaux de recherche avaient à l'origine comme objectif de caractériser les approches de planification de la production dans le cadre de l'industrie 4.0, en fonction des objectifs, des ressources matérielles et de leur portée [6]. Le développement de modèles pour l'exploitation de données provenant des systèmes d'information pour la planification de production à moyen terme est une perspective identifiée lors de notre revue de la littérature.

Notre partenaire industriel est le groupe Exxelia. Ce groupe est constitué par 10 PME. Dans le cadre de l'harmonisation des processus la direction du groupe a lancé en 2018 le projet « OnExx » qui vise à déployer un ERP commun à l'ensemble de sites de fabrication. Les données de cet ERP seront exploitées dans le cadre de la planification de la production.

En cohérence avec le contexte présenté précédemment, nous proposons de concevoir un outil d'aide à la décision pour le PDP (Programme Directeur de Production) dans un environnement de production multiproduit, à plusieurs lignes d'assemblage, de fabrication par lots et dans une logique de production MTO (Make-To-Order).

Nous proposons ainsi un modèle mathématique, fondé sur les principes de la programmation linéaire en nombres entiers mixtes (MILP). Le modèle a été construit à l'aide du logiciel Gusek © et a été résolu avec le solveur Gurobi ®.

Aucun modèle ne propose une approche de solution exacte dans ce type d'environnement de production. Notre modèle propose des solutions optimales avec peu de temps de calcul.

La première version de notre modèle vise à améliorer le taux de service clients sur un horizon de planification de 9 mois correspondant au carnet de commandes fermes de notre cadre d'étude.

La taille des instances (moyennes et grandes) est déterminée par les paramètres suivants : nombre de commandes clients traitées, quantité de références de produits finis commandées, nombre de postes de charges et de ressources considérées et l'horizon de planification. Les résultats montrent une amélioration du taux de service clients. Le modèle est performant en termes de temps de calcul. Le temps de calcul est la somme de temps de pré-solution, temps de résolution et temps de transfert, est de 1000 secondes pour les plus grandes instances.

Ensuite, la deuxième version du modèle vise à optimiser le rapport charge-capacité et le niveau de stock. L'étape ultime cherche à concevoir un PDP reconfigurable et dynamique permettant au Master Planner de prendre des décisions en temps réel lors des réunions PDP.

Pour intégrer l'utilisation de l'outil dans les pratiques actuelles du PDP nous menons actuellement une étude Delphi-Régnier portant sur les processus de planification de la production qui sont menés actuellement à l'intérieur du groupe. L'étude vise à identifier les risques, opportunités et facteurs clés de succès du PDP dans le contexte industriel des PME manufacturières. Un troisième et dernier objectif de notre recherche est de faire une analyse du besoin et constituer le cahier de charges de l'outil informatique. Un plan de tests de l'outil nous permettra de porter des améliorations sur la version initiale. **Références**

- [1]A. Moeuf, "Identification des risques, opportunités facteurs critiques de succès de l'industrie 4.0 pour la performance industrielle des PME," Université Paris-Saclay, 2018.
- [2]P. Caricato and A. Grieco, "An Application of Industry 4.0 to the Production of Packaging Films," in *FAIM*, 2017, vol. 11, no. June, pp. 949–956.
- [3]S. Grundstein, M. Freitag, and B. Scholz-Reiter, "A new method for autonomous control of complex job shops – Integrating order release, sequencing and capacity control to meet due dates," *J. Manuf. Syst.*, vol. 42, pp. 11–28, 2017.
- [4]G. Lanza, N. Stricker, and R. Moser, "Concept of an intelligent production control for global manufacturing in dynamic environments based on rescheduling," in *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2014, pp. 315–319.
- [5]Moeuf, A., et al. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*. 56 (3), pp. 1118-1136. doi : 10.1080/00207543.2017.1372647
- [6] Tobon Valencia, E., et al. Planification de la production et Industrie 4.0 : Revue de la littérature. 13th CIGI Qualita 2019, Montréal 25- 28 juin.



Bastien TOUBHANS

bastien.toubhans@ensam.eu / bastien.toubhans@free.fr

LaBoMaP / 1 Rue Porte de Paris/ Campus de Cluny

Arts et Métiers ParisTech

Langues

- Bilingue Anglais
- Espagnol avancé (B2)

Compétences techniques

- Analyse d'avaries
- Tournage/Fraisage
- Modélisation des procédés d'usinage
- Langages informatiques
C++/C#/OpenGL
- Logiciels :
Abaqus/Forge / Matlab
CAO/FAO (**CatiaV5**)
Maîtrise du Pack Office

Centres d'intérêts

- **Sports**
Escalade, Cyclisme
- **Pilotage**
45 h de vol sur DR-400
- **Sauvetage Côtier**
Encadrement de jeunes
Compétitions Nationales
- **Musique**
Piano Classique (12 ans)
- **Treks en autonomie**
Turquie, Maroc

Formation

2017-2020: Doctorat en génie mécanique, **LaBoMaP, Safran Tech**
Etude des mécanismes de distorsion pendant le tournage de pièces minces en Inconel 718

2014-2017: Ingénieur diplômé de l'**Ecole Centrale de Nantes**

2016 **Option Matériaux & Procédés**

2017 **Option Réalité Virtuelle**

2011-2014 : CPGE section Physique Science de l'Ingénieur

2010-2011 : Bac S Mention Bien

Expériences Professionnelles

2017 **Stage de fin d'études** (6 mois) au pôle Matériaux et Procédés chez **Safran Tech**.

Travaux réalisés: Modélisation des changements de phases et des distorsions dans les aciers pendant la cémentation et la trempe gaz (Forge 2D/3D). Caractérisation matériaux (microstructure, dureté). Développement d'outils de visualisation scientifique.

2016 **Stage Ingénieur** (5 mois) au Laboratoire des Matériaux & Procédés de l'usine **Safran Landing Systems** à Gloucester(UK).

Travaux réalisés: Analyse d'avaries : Investigations sur pièces de trains d'atterrissage rompues en service afin de déterminer la cause de la rupture. Projet R&D : Fabrication additive de pièces en titane par le procédé Electron Beam Melting.

Projet d'option Matériaux & Procédés (6 mois): Conception d'une machine de traction et programmation de la partie commande en vue d'une numérisation des travaux pratiques

2015
2016 via un système de Cloud.

Etude des mécanismes de déformations pendant le tournage de pièces minces en Inconel 718.

Bastien TOUBHANS – Arts et Métiers ParisTech – LaBoMaP – 1 Rue Porte de Paris, Cluny

Cette thèse est un contrat CIFRE entre le LaBoMaP et SafranTech.

Les disques de turbine en Inconel 718 possèdent des parties minces élancées fortement susceptibles de se déformer pendant l'usinage. L'enjeu industriel est de pouvoir anticiper et compenser l'apparition de défauts de forme des pièces.

Trois mécanismes de premier ordre ont été identifiés comme responsables de défauts géométriques et sont considérés dans l'étude ; la déformation élastique de la pièce due aux efforts de coupe, la distorsion issue de la relaxation des contraintes internes à la pièce brute, introduites pendant son obtention et finalement la distorsion liée à l'introduction de contraintes résiduelles lors de l'usinage dues à la sévérité de la coupe de l'Inconel 718 [1].

Dans un premier temps, une méthodologie expérimentale a été développée afin d'observer les trois phénomènes cités précédemment et de quantifier leur influence respective sur l'apparition de distorsions. Cette méthodologie consiste à usiner un disque mince en dressage et à mesurer sa face usinée et sa face non usinée à l'aide de capteur laser après chaque étape d'usinage afin de contrôler l'évolution de son défaut de forme. Le montage expérimental est illustré en Figure 1.

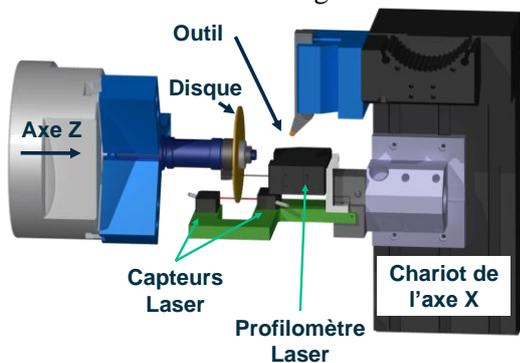


Fig. 1. Dispositif expérimental

Cette expérience a permis de valider l'importance de chaque phénomène sur l'apparition de déformations.

Dans un second temps, une étude de l'usinabilité du matériau Inconel 718 a été menée. L'objectif est de caractériser l'intégrité de surface des pièces après usinage afin d'établir un lien avec les mesures de défauts de forme faites avec le dispositif décrit auparavant. Pour cela, des essais de dressage ont été réalisés afin de caractériser l'évolution des efforts de coupe avec l'usure de l'outil. En effet, les efforts

de coupe augmentent avec l'usure ce qui provoque une déformation élastique de la pièce plus importante. Par la suite, un contrôle du niveau de contrainte résiduelles sera fait sur des pièces massives à différents niveaux d'usure et différents paramètres de coupe afin d'expliquer les différences de déformation observées en partie 1.

Dans un troisième temps, des stratégies de compensation seront développées afin d'anticiper les défauts de forme pendant le tournage. Pour cela, une méthodologie a été développée afin de prédire la déformation élastique d'une pièce pendant des passes de dressage successif. Cette méthode s'appuie sur le couplage d'un modèle de rigidité de pièce déterminé par simulation linéaires élastique (méthode éléments finis) et d'un modèle de prédiction des efforts de coupe prenant en compte l'usure de l'outil. Cette méthode nous permet de prédire avec précision le défaut de forme lié à la déformation élastique sous effort de coupe d'un disque mince en dressage comme le montre la Figure 2 représentant le profil moyen d'un disque au cours de trois passes de dressage.

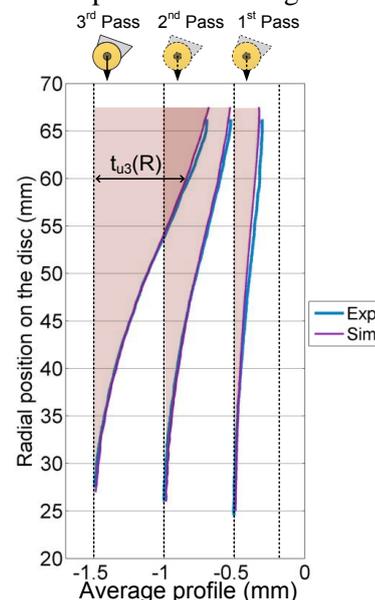


Fig. 2 : Simulation de 3 passes de dressage

Ces travaux ont été présentés en conférence : MUGV Bordeaux en 2018 et CMMO Sheffield en 2019.

Références

- [1] Ezugwu, E.O., 2005, Key improvements in the machining of difficult-to-cut aerospace superalloys, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 45/12: 1353-1367.

Socona TRAORE

socona.traore@ensam.eu

Laboratoire PIMM – 151 boulevard de l’Hôpital, 75013 Paris

Arts et Métiers Paris Tech

FORMATIONS

2017 – 2020	Doctorat – Laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux (PIMM) → Influence de l’environnement de travail en fabrication additive « lit de poudre » → Convention CIFRE avec Air Liquide
2015 – 2016	Master – Systèmes, Fluides Complexes et Milieux Divisés – Université Paris 7 Diderot (75) → mécanique des fluides, mécanique des matériaux, milieux granulaires, rhéologie, élasticité, milieux poreux, micro fluidique, modélisation, systèmes colloïdaux, gestion et marketing – mention assez bien
2011 – 2013	Licence – Physique de la Matière et ses Applications – Université Paris 7 Diderot (75) – mention assez bien
2009	Baccalauréat série Scientifique, spécialité mathématiques – Lycée Voillaume (93) – mention très bien

EXPERIENCES PROFESSIONNELLES

2017 - 2020	Doctorat – Air Liquide Paris Innovation Campus (78) → Influence de l’environnement de travail en fabrication additive « lit de poudre » → Convention CIFRE avec la laboratoire PIMM
10/2016 – 06/2017	Ingénieure R&D Matériaux – Saint-Gobain CREE (84) → Etude de la coulabilité des poudres → Rhéologie des plâtres → Développement d’un banc d’essais
04/2016 – 09/2016	Stage de fin d’études - Ingénieure R&D Matériaux – Saint-Gobain CREE (84) → Etude de la coulabilité des poudres
06/2015 – 07/2015	Stage de recherche (M1) – Institut des Nano Sciences de Paris (75) → « <i>Interactions entre nanoparticules et fracture dans un hydrogel</i> » – étude de la mécanique de fracture d’un hydrogel en présence de nanoparticules de silice
06/2013 – 07/2013	Stage de recherche (L3) – Institut des Nano Sciences de Paris (75) → « <i>Vers la réalisation de capteurs par polymérisation d’une monocouche de Langmuir</i> » – préparation des films de Langmuir, relevé et analyse des courbes de compressibilité, observation des topographies au microscope à force atomique

COMPETENCES

Langues	→ Anglais : courant, TOEIC 980 / 990 → Espagnol : notions
Programmation	→ Python, Matlab
Bureautique	→ Word, Excel, Powerpoint → LATEX
Microscopie	→ Microscopie optique, électronique, à force atomique

Influence de l'environnement de travail en fabrication additive « lit de poudre »

Socona TRAORE – Arts et Métiers ParisTech – Laboratoire PIMM

Le procédé de fabrication additive (FA) « lit de poudre » (Figure 1) est un procédé complexe mettant en jeu de très nombreux paramètres. Il repose sur le balayage à haute vitesse (de l'ordre d'1 m/s) d'un lit de poudre (de quelques dizaines de μm d'épaisseur) par un faisceau laser très fin couplé à une tête scanner (diamètre de l'ordre de 100 μm). L'ensemble de la fabrication se déroule dans une chambre de travail contenant un gaz neutre (avec des taux d'oxygène autour de 500 ppm) afin d'éviter les réactions d'oxydation lorsque le métal est porté à haute température.

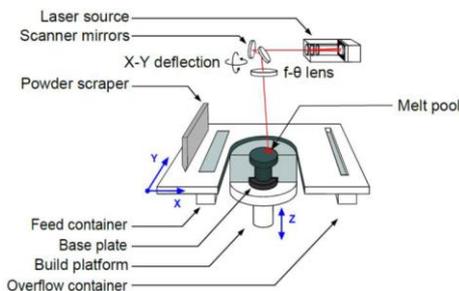


Figure 1. Schéma de la FA « lit de poudre »

Ainsi, la zone d'interaction - laser / poudre / bain fondu / environnement gazeux - est le lieu de multiples instabilités [1] tels que des éjections de particules ou de métal liquide, des instabilités hydrodynamiques du bain fondu, l'apparition de zones de dépeuplement à proximité des cordons, etc. L'optimisation des nombreux paramètres permet d'obtenir un procédé « stable » c'est-à-dire une fusion pour laquelle les instabilités sont maîtrisées et pour laquelle de la matière dense est obtenue (limitation des porosités et des manques de fusion).

Parmi les paramètres importants, l'influence de la nature du gaz de protection a très peu été étudiée pour la méthode « lit de poudre » et dans la majorité des cas l'argon est le gaz choisi. Dai et Gu [2] ont mené une étude comparative (numérique et expérimentale) entre les atmosphères d'argon, d'hélium et d'azote. Ils ont conclu que l'utilisation d'hélium favorisait les fluctuations des profondeurs de pénétration des cordons et que les pièces présentaient davantage de porosités. En considérant les mêmes gaz, Wang et al. [3] ont obtenu des résultats différents puisqu'ils remarquent des taux de densification similaires dans les trois cas ainsi qu'un matériau plus ductile lorsqu'il a été fabriqué sous hélium. L'étude bibliographique a permis de mettre en évidence le manque de données et de

compréhension du rôle du gaz en particulier à l'échelle de la zone fondue. L'objectif des travaux de thèse est donc d'étudier l'influence de la nature du gaz à la fois sur le couplage énergétique laser / zone fondue et à la fois sur l'apparition des instabilités dans la zone d'interaction.

Pour cette thèse essentiellement expérimentale un banc d'essai (Figure 2) a été mis en place afin de pouvoir y ajouter des outils d'instrumentation et d'observer en détail l'interaction. Contrairement à une machine de fabrication standard, dans cette configuration simplifiée, le laser est fixe et c'est une table motorisée qui permet de déplacer l'échantillon sous le faisceau. De plus, une enceinte de travail a spécialement été désignée afin de pouvoir aisément changer le type de gaz et de contrôler précisément le taux d'oxygène.

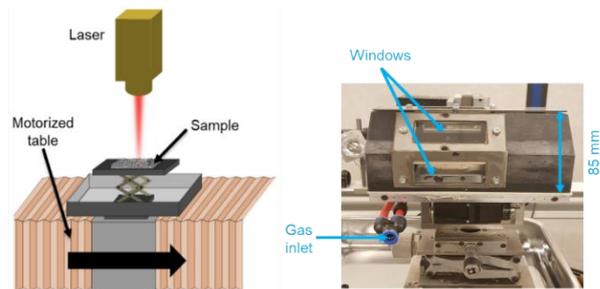


Figure 2. Schéma du banc expérimental (gauche) et photo de l'enceinte de travail (droite)

Parmi les diagnostics en temps réel : l'imagerie rapide permet d'évaluer l'influence du gaz sur le comportement hydrodynamique du bain fondu et sur les dynamiques d'éjections de particules. L'expansion de la vapeur métallique est visualisée par ombroscopie. L'impact du changement de gaz sur le couplage énergétique est déterminé en regardant l'évolution de la morphologie des cordons obtenus. Une première étude comparative entre les gaz neutres d'argon et d'hélium a été effectuée sur le matériau Inconel 625. Des essais avec des gaz plus réactifs sont en cours de réalisation.

Références

1. V. Gunenthiram, P. Peyre, M. Schneider, M. Dal, F. Coste, I. Koutiri, and R. Fabbro, *Journal of Materials Processing Technology* **251**, 376 (2018).
2. D. Dai and D. Gu, *Applied Surface Science* **355**, 310 (2015).
3. X. J. Wang, L. C. Zhang, M. H. Fang, and T. B. Sercombe, *Materials Science and Engineering: A* **597**, 370 (2014).

NNAEMEKA UGWUANYI- Ph.D. Student in Electrical Engineering

nnaemeka.ugwuanyi@ensam.eu

Univ. Lille, Arts et Métiers ParisTech, Centrale Lille, HEI, EA 2697 - L2EP –Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique de Puissance, F-59000 Lille, France

RESEARCH INTERESTS

Power systems analysis, renewable energies, nonlinear dynamics, power systems stability and control

EDUCATION

Ecole nationale supérieure d'arts et métiers (ENSAM), France	Ongoing
Ph.D. in Electrical Engineering	
University of Nigeria, Nsukka (UNN), Nigeria	2016
M. Eng. in Electrical Engineering	GPA 4.7/5
University of Nigeria, Nsukka (UNN), Nigeria	2012
B. Eng. in Electrical Engineering	GPA 4.6/5

PROFESSIONAL EXPERIENCE

✦ Assistant Lecturer , Federal University Ndufu-Alike, Ikwo (FUNAI)	Dept. of ECE	2016-2017
✦ Graduate Assistant , Federal University Ndufu-Alike, Ikwo (FUNAI)	Dept. of ECE	2015-2016
✦ Intern , Ekiti State Electricity Board, Ado-Ekiti, Nigeria		2013- 2014
✦ Intern , Then Power Holding Company of Nigeria (PHCN)		2011 (6 months)

AWARDS

✦ Best Graduating Student in the Department of Electrical Engineering.	2012
✦ Beneficiary of Nsukka-USA award for outstanding graduate in Nsukka.	2012
✦ Beneficiary of MTN Foundation science and technology award for outstanding undergraduate .	2010-2012
✦ Beneficiary of ETISALAT merit award for academic excellence .	2009-2010

PUBLICATIONS

1. **N.S. Ugwuanyi** and T.C. Madueme, "Enhanced Transmission Line Protection Based on Discrete Wavelet Transform (DWT)", International Journal of Engineering and Advanced Technology, Vol.7, no. 4, pp.41-46, 2018
2. B.O. Anyaka, J.N. Onah, **N.S. Ugwuanyi**, and I.O. Ozioko, "A Frame Work for Fault current Detection and Discrimination in a Dwindling Electric Power System", NIEEE Journal of Research and Innovative Technology, Vol.1, no. 1, pp.78-85, 2018
3. I.O. Ozioko, T.C. Madueme, B.O. Anyaka, **N.S. Ugwuanyi**, C.U. Eya, and J.N. Onah, "Transmission Line Fault Analysis Using Bus Impedance Matrix Approach", International Conference and Exhibition on Power and Telecommunications (ICEPT), Port Harcourt, 8-11, Oct., 2018.
4. **N.S. Ugwuanyi**, "Insight Into Biomass As An Alternative Energy Resource", Proceedings of the 4th Electrical Engineering National Conference on Energy Sources for Power Generation (ES4PG) University of Nigeria, Nsukka, Vol. 1, no. 1, 2013

COMPETENCES

- MATLAB /SIMULINK, MS word, Power point, Excel, some knowledge in python and Modelica
- Average user of French language

Accurate Higher Order Nonlinear Modal Analysis of Future Transmission Grid with High Penetration of Power Electronic Pack Modules

Nnaemeka UGWUANYI – Arts et Métiers ParisTech – Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique de Puissance de Lille (L2EP)

Context

Interconnected power systems with many components are only operated with an acceptable uniformity (or margins). With several economic, technical and environmental constraints, today's power system is operated very close to its margin. The implication is that tools designed for its analysis begin to fail[1]. Prominent among the tools is Linear Modal Analysis (LMA) which quickly reveals the characterization of the system. To rescue the system and also meet the environmental requirements, interest is kindled towards renewable energy. Renewable come with inherent challenges. They are accompanied by many power electronic (PE) converters which are highly nonlinear and further cascades the failure of present analysis tools. LMA tools fail because they are based on linear approximation whereas the grid is now subject to high level of nonlinearity. Therefore in this work the conventional linear analysis is extended to include 2nd and 3rd order nonlinearities giving rise to nonlinear modal analysis (NMA).

State of The Art

Nonlinear Modal Analysis allows the study of stability and modal interactions in the system in similar way as its linear counterpart, but with more detailed information. The concept of **mode** which engineers are familiar with is conserved. The two currently used techniques for NMA are Normal Form (NF) and Modal Series (MS) methods[2]. In this case the power system equations are expanded by Taylor series up to higher order terms. With more PEs in the grid, 2nd order inclusion is not sufficient. 3rd order inclusion provides good comprise considering accuracy and validity domain however, its computational burden increases in the power of four. Hence a major drawback of these NMA methods is the heavy computation involved[3]. This has limited their application to large scale systems. For large system, it is impossible to compute all the polynomial coefficients used in NF. It becomes necessary in certain studies to identify most important terms and selectively compute only these terms. In this work we propose a method for computing only some selected terms assumed most important.

Proposed Method

The conventional approach for computing these coefficients are based on 2nd and 3rd order hessian matrices which are very cumbersome. We propose to introduce a small deviation in the original nonlinear system using the eigenvector and to estimate the static solution of the system. Using the eigenvectors, any mode of interest can be excited independently. For one mode excited, all coefficients in the system are zero except the ones corresponding to the mode. If two modes are excited, only the coefficients associated with these modes are not zero. With such independent excitations, linear algebraic equations are formulated whose solutions are the needed coefficients. Then for computational reduction, we assume that the nonlinear interactions of real modes are weak. Therefore, we neglect couplings involving real modes in the system.

Results

This idea has been successfully applied to IEEE 9-Bus systems where 35,000 NF coefficients were reduced to 5,300 without significant negative effects on the reconstructed dynamics. Both time and memory consumptions were improved in comparison with conventional method which involves actual Taylor expansion and Hessian matrices.

Conclusion and Perspective

The proposed method gives good results with computational burden well reduced.

The perspective is to use the proposed method to extend NF to large PE grids. This is expected to give the power system operators better insights into the behaviour of the system when it becomes highly nonlinear as a result of PE penetration.

References

- [1] T. Tian, X. Kestelyn, O. Thomas, H. Amano, and A. R. Messina, "An Accurate Third-Order Normal Form Approximation for Power System Nonlinear Analysis," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 33, no. 2, pp. 2128–2139, 2018.
- [2] Q. Huang, Z. Wang, and C. Zhang, "Evaluation of the effect of modal interaction higher than 2nd order in small-signal analysis," in 2009 IEEE Power and Energy Society General Meeting, PES '09, 2009, no. 2, pp. 1–6.
- [3] J. J. Sanchez-Gasca et al., "Inclusion of higher order terms for small-signal (modal) analysis: committee report-task force on assessing the need to include higher order terms for small-signal (modal) analysis," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 20, no. 4, pp. 1886–1904, 2005.

Doctorant en mécanique des matériaux
à Arts et Métiers ParisTech et Mines ParisTech
Elève Normalien Agrégé de l'École Normale Supérieure de Cachan
antoine-emmanuel.viard_l@ensam.eu

8 Avenue du Pdt Franklin
Roosevelt
94320 Chevilly-Larue
06 05 41 66 04

Formations et diplômes

- Actuellement : **UMR 8006 PIMM Arts et Métiers – ParisTech et Mines ParisTech**
Doctorat dans le cadre du projet ALMARIS (financement ANR)
Sujet de thèse : *Optimisation topologique de matériaux architecturés obtenus par fabrication additive*
- 2016 – 2017 : **Université Paris-Saclay (ENS Paris-Saclay, Centrale Paris et ENSTA)**
M2 Recherche Modélisation et Simulation en Mécanique des Structures et Systèmes Couplés.
Méthodes numériques, matériaux composites, endommagement des matériaux, dynamique des structures.
- 2015 – 2016 : **École Normale Supérieure Paris-Saclay (94)**
M2 Formation à l'Enseignement Supérieur Spécialité Mécanique des Matériaux et des Structures.
Pédagogie scientifique et technique, conception et dimensionnement, méthodes numériques.
Lauréat de l'agrégation de Sciences industrielles et de l'ingénieur – option ingénierie mécanique –
- 2013 – 2015 : **École Normale Supérieure de Cachan (94)**
L3 SAPHIRE (Sciences Appliquées en PHysique et Ingénierie pour la Recherche et l'Enseignement)
M1 Mécanique des matériaux et des structures
Résistance des matériaux, ondes et vibrations, conception assistée par ordinateur, ingénierie des systèmes, traitement de l'énergie, mécanique des fluides, usinage.
- 2010 – 2013 : **Lycée Gustave Eiffel à Cachan (94)**
Classe Préparatoire aux Grandes Ecoles – PTSI puis PT*

Expériences professionnelles

- De septembre 2017 à septembre 2019 : Enseignant à l'École Supérieure d'Ingénieurs Paris-Est Marne-la-Vallée, ESIPE dans le cadre de la mission d'enseignement.
Maitrise statistique des procédés (niveau M1) et Fiabilité des systèmes industriels (niveau M2)
- De mars 2017 à juillet 2017 : Stage de recherche au LMT Cachan et Universidad de Talca, Curico, Chili.
Optimisation des opérateurs d'une stratégie multi-échelle pour la modélisation du flambage-délaminage de matériaux composites.
- De avril 2015 à août 2015 : Stage de recherche à Universidad de Talca, Curico, Chili.
Étude de convergence d'une stratégie multi-échelle de décomposition de domaines pour la modélisation de matériaux composites.
Publication dans la revue *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*.

Langues et informatiques

Anglais : Compétence professionnelle, TOEIC (2015) : 920. Espagnol : Compétence professionnelle

Informatique : Python, Matlab, CATIA V5, Octave (Linux), Cast3M.

Expérience associative et centres d'intérêt

Scoutisme : Depuis 1998, et chef scout depuis 6 ans à l'Haÿ-les-Roses.

Bénévolat : Soutien scolaire avec *Ligue de l'enseignement 94*.

Voyages : Maroc (projet humanitaire avec les Scouts et Guides de France), Chili (stages sur 7 mois), Argentine, Bolivie, Vietnam, Cuba, Amérique du nord, Europe.

Propagating instabilities in periodic media

Antoine-Emmanuel VIARD – Arts et Métiers ParisTech et Mines ParisTech– PIMM

Keywords : Architected materials, Periodic structures, Material instabilities, Lüders phenomenon, plastic strain localization.

Under tension low carbon steels exhibit inhomogeneous deformation. This phenomenon driven by dislocations is called Lüders banding. This instability creates fronts of localized strain that propagate in the structure. To date, only simple geometries, sheets and tubes, have been studied while the development of architected materials have been accelerated thanks to additive manufacturing. A subclass of those materials are so-called lattice structures which can be defined as a tessellation of unit-cells periodically distributed. This emerging class of advanced materials provides new kinds of possibilities in terms of mechanical properties. The behavior of lattice structures is two-fold according to their mode of deformation, bending-dominated or stretched-dominated [1]. Bending-dominated structures exhibit low stiffness while stretched-dominated structures have higher stiffness.

This work deals with such materials with predetermined morphology in order to develop lightweight metallic structures with capability to localize deformation thanks to their geometry. We investigate the effect of the

architecture on the global behavior of the entire structure. Especially, how bands can interact with a lattice and how to control initiation and propagation of localized strain with the architecture. Figure 1 represents the example of the square lattice solicited in several directions in the plane. An elastoplastic material model [2] is used in this work to simulate the Piobert-Lüders band formation and propagation. The model also considers large deformation framework for plasticity with periodic boundary conditions in order to represent the architected material.

Nucleation and propagation of material instabilities depend on the geometry and the relative orientation of the solicitation. Propagative and non-propagative behaviors are identified for the Piobert-Lüders bands and related to the type of geometries. Material instabilities affect the mechanical behavior of the structure as far as they are governed by the architecture. Consequently, controlled local instabilities can lead to specific macroscopic behavior.

Références

- [1] V.S. Deshpande, M.F. Ashby, N.A. Fleck, *Acta Mater.* **49** 1035-1040, 2001.
 [2] M.Mazière, S.Forest, *Continuum mechanics and Therm* **27** 83-10. 2015.

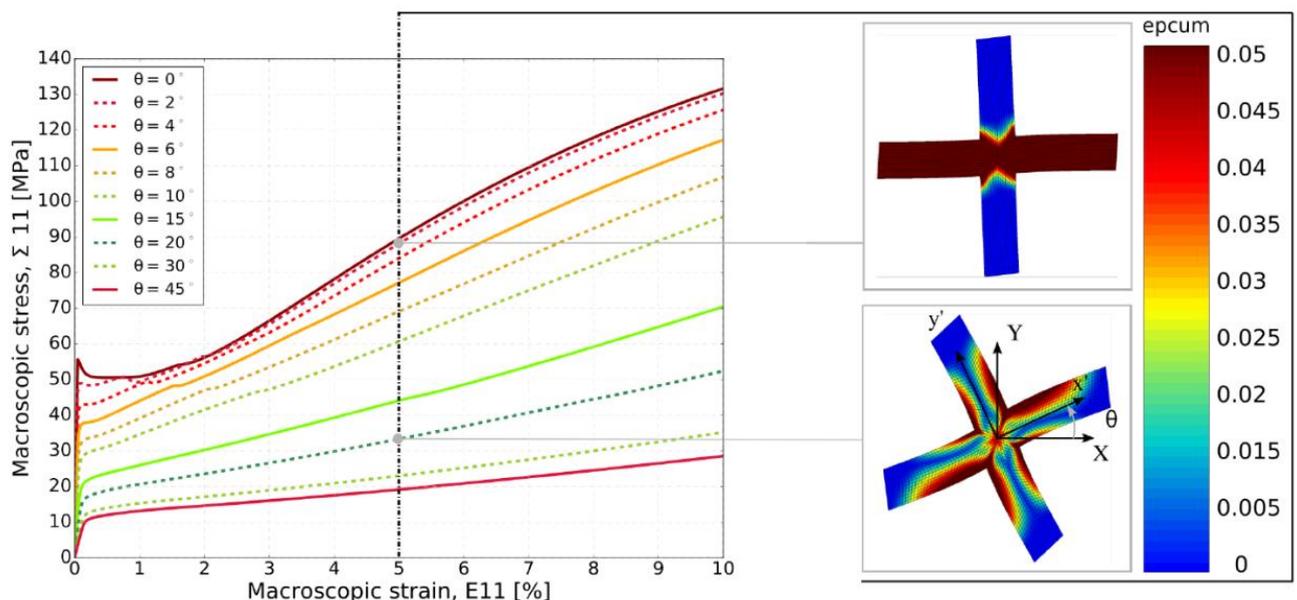


Figure 1. Macroscopic behavior of the diamond lattice solicited (dir. X) in in-plane directions with Piobert-Lüders instabilities and map of the cumulated plastic strain for 2- and 20-oriented cell at at 5% macro strain.



Duc Tan VU

L2EP – Arts et Métiers ParisTech – Campus Lille

8, Bd Louis XIV, 59046, Lille

ductan.vu@ensam.eu (or vuctan@tdh@tnut.edu.vn)

31 years-old, Vietnamese

EDUCATIONAL BACKGROUND

- **L2EP - Arts et Métiers ParisTech (ENSAM)** 3/2017-now
N° 8, Bd Louis XIV, 59046, Lille, France
 PhD program in Electrical Engineering
- **National Taiwan University of Science and Technology (NTUST)** 9/2012-7/2014
Keelung Street, Taipei City, Taiwan.
 Master of Science in Electrical Engineering
- **Ha Noi University of Science and Technology (HUST)** 9/2005-7/2010
N° 1, Dai Co Viet Street, Hai Ba Trung District, Ha Noi City, Vietnam.
 Bachelor of Control and Automation.

PROFESSIONAL EXPERIENCE

- **Thai Nguyen University of Technology** 2011-2017
 Lecturer of Faculty of Electrical Engineering
- **Song Da Automation and Information Technology** 2010-2011
 Engineer of Technology and Equipment Department
- **SAMSUNG Electronics Vietnam** 2010
 Staff of Complex Planning Department

LANGUAGE

- English
- French
- Vietnamese (mother language)

PROFICIENT SOFTWARE

MATLAB, dSPACE prototyping system, MS Office

RESEARCH INTERESTS

Electric drives, Multiphase machines, Fault-tolerant control

PUBLICATIONS

Journal articles

- [1] D. T. Vu, N. K. Nguyen, E. Semail, and T. J. D. S. Moraes, "Control Strategies for Non-sinusoidal Multiphase PMSM Drives in Faulty Modes under Constraints on Copper Losses and Peak Phase Voltage," *IET Electric Power Applications*, 5/2019.

Conference articles

- [3] D. T. Vu, N. K. Nguyen, and E. Semail, " An Overview of Methods using Reduced-Order Transformation Matrices for Fault-Tolerant Control of 5-phase Machines with an Open Phase," in *the 20th IEEE International Conference on Industrial Technology*, Melbourne, Australia, 02/2019.
- [2] D. T. Vu, N. K. Nguyen, and E. Semail, "Sensitivity of Torque Control for Seven-phase BLDC Machine with One Opened Phase under Constraints on Voltage and Current," in *the 24th International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM)*, Amalfi, Italy, 6/2018, pp. 142-148.
- [1] D. T. Vu, N. K. Nguyen, E. Semail, and T. J. d. S. Moraes, "Torque optimization of seven-phase BLDC machines in normal and degraded modes with constraints on current and voltage," in *the 9th International Conference on Power Electronics, Machines and Drives*, Liverpool, UK, 4/2018.

Fault-tolerant control for multiphase machines under constraints on current and voltage

Duc Tan VU – Arts et Métiers ParisTech – L2EP

The interest in electrical multiphase machines has been growing significantly during the last decade because of developments in some specific application areas (ship propulsion, automotive traction and aircraft) and the evolution of technology. Better fault-tolerance from faults of the power converters and the ability to reduce per phase converter rating are the main advantages of the multiphase machines compared with the conventional three-phase machines [1]. The summary of recent designs, modelling and control methods of multiphase machines in healthy and faulty modes is presented and analyzed in [2, 3].

Nowadays, electrical drives, especially multiphase drives, are more and more interesting in many means of transportation. Indeed, with electrical drives having a high number of phases, the phase current is lower than that of three-phase counterparts for a given low DC bus voltage (for example 48V), which reduces the power per phase converter and machine rating. It means that several applications such as electric vehicles can be supplied by a low voltage battery which is safer for end-users. Therefore, multiphase machines have high potentials to be applied in such systems.

The faulty conditions such as open and short circuits dramatically stop or even damage the three-phase systems. With multiphase machines, no extra hardware is needed to preserve the persistent operation of the drive system. The reason for their feasible fault tolerance is that multiphase machines have more degrees of freedom to control when a fault occurs. In post-fault conditions without any reconfigurations, the phase currents and voltages usually exceed their rated values, stopping or even damaging the drive system. Many studies on this issue have been introduced, however, there have been existing problems to solve such as flux-weakening operation, limitation of currents and voltages of the machine-converter system, high torque ripples, complexities of proposed methods and so on.

This research is conducted in terms of fault-tolerant control strategies for multiphase permanent magnet synchronous machines under constraints on current and voltage. The constraints on current and voltage based on parameters of converter-machine drives. The operation in speed range including the flux-weakening region is always considered (for high

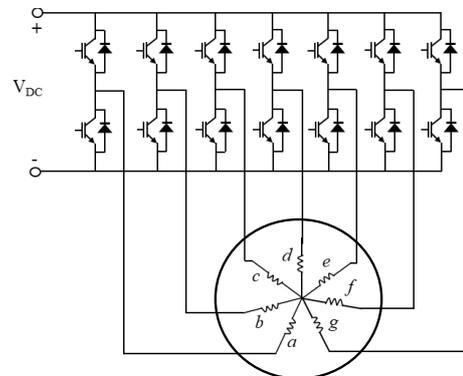


Fig. 1. The scheme of a seven-phase machine drive

speed applications). By using different control strategies, the machine drive is able to operate when one or more phases are opened. Thanks to the strategies, the machine torque is optimized with minor torque ripples, even ripple-free torques. Simultaneously, the phase currents and voltages of the remaining healthy phases are within their given limits. The paper [4] has proposed several control strategies for 7-phase machine drives, with the structure as shown in Fig. 1, in single and double phase open-circuit faults. These strategies are validated by numerical and experimental results. The limits of copper loss per phase and peak phase voltages are respected even in degraded modes. Each proposed strategy has its own advantages. Therefore, they can be chosen according to technical requirements of applications.

In this study, beside the strategies introduced in [4], more sophisticated control strategies in degraded modes for multiphase machines need to be proposed, developed and then validated in experimental multiphase machines in the laboratory.

References

- [1] E. Levi, "Multiphase Electric Machines for Variable-Speed Applications," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 55, no. 5, pp. 1893-1909, 2008.
- [2] F. Barrero and M. J. Duran, "Recent Advances in the Design, Modeling, and Control of Multiphase Machines Part I," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 63, no. 1, pp. 449-458, 2016.
- [3] M. J. Duran and F. Barrero, "Recent Advances in the Design, Modeling, and Control of Multiphase Machines Part II," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 63, no. 1, pp. 459-468, 2016.
- [4] D. T. Vu, N. K. Nguyen, E. Semail, and T. J. D. S. Moraes, "Control Strategies for Non-sinusoidal Multiphase PMSM Drives in Faulty Modes under Constraints on Copper Losses and Peak Phase Voltage," *IET Electric Power Applications*, 5/2019.

Yuyang Wang | Etudiant en doctorat

2, rue Thomas Dumorey – 71100 Chalon-sur-Saône

✉ alwyuyang@gmail.com ou yuyang.wang@ensam.eu
Arts et Métiers ParisTech-Laboratoire LISPEN, Institut Image

Cursus

Institut Image <i>Etudiant en doctorat, France</i>	ENSAM 2017–présent
L'Université polytechnique de Catalogne <i>Master en méthodes numériques en ingénierie</i>	Espagne 2015–2017
Université Soochow <i>Baccalauréat en non-tissé et ingénierie</i>	Chine 2011–2015

Compétences Informatiques

Langages de programmation: Matlab, Python, C#, C++

Cadre: Unity3D, OpenMP, MPI, Keras

Bureautique: L^AT_EX, MS Office

Expériences

11.2017–Présent: Navigation intelligente dans des environnements virtuels

01.2017–07.2017: Développement d'un modèle numérique pour le transport de poussière

01.2015–06.2015: Dispositifs intelligents et portables pour l'évaluation sensorielle des textiles

Tuteur de doctorat

Frédéric MERIENNE

Institut Image

Jean-Rémy CHARDONNET

Institut Image

Publications

Publications.....

- [1] Wang, Y., Chardonnet, J.-R., Merienne, F. (2018). Speed Profile Optimization for Enhanced Passenger Comfort: An Optimal Control Approach. 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 723–728.

Design of a Semiautomatic Travel Technique in VR Environments

Yuyang WANG – Arts et Métiers ParisTech – Laboratoire LISPEN Institut Image

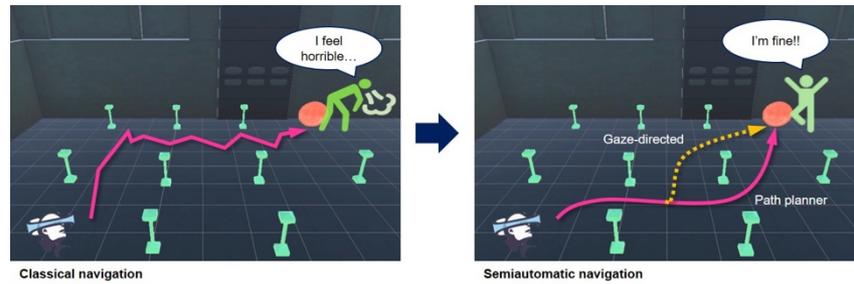


Figure 1 Comparison of navigation two modalities

Travel in a real environment is a common task that human beings conduct easily and subconsciously. However transposing this task in virtual environments (VEs) remains challenging due to input devices and techniques. Considering the well-described sensory conflict theory, we present a semiautomatic travel method based on path planning algorithms and gaze-directed control, aiming at reducing the generation of conflicted signals that may confuse the central nervous system. Since gaze-directed control is user-centered and path planning is goal-oriented, our semiautomatic technique makes up for the deficiencies of each with smoother and less jerky trajectories.

Very little work was proposed to combine path planning algorithms from humanoid robotics and spatial steering techniques to design travel techniques in VR. Therefore, to alleviate cybersickness and increase user comfort, we propose to adapt path planning methods to VEs and design a new travel method especially to perform the *Search* and the *Maneuvering* tasks whose procedure shows strong similarities with that in a path finding process (Figure 1). The adapting process is designed based on gaze-directed control. Here we stick to the design of our technique while user assessment is left for another publication.

The original idea of semiautomatic travel is that a virtual reality system provides basic control rules and dynamics during travel while still allowing users to control the system. Among manual travel techniques, we chose gaze-directed control as it is close to real situations: we usually look to a specific position when walking.

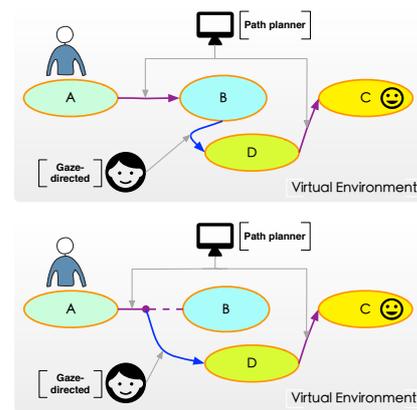
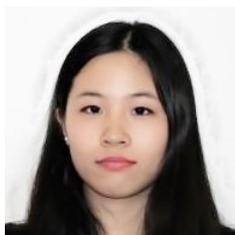


Figure 2: A, B, C and D are different locations in the VE: (a) the user firstly arrives at B with the path planner but then, rather than going to C, she/he decides to go to D with the gaze-directed control; finally she/he uses the path planner to arrive at C. (b) the user initially decides to go with the default path planner but she/he changes her/his mind before arriving at B and decides to go to D, so the gaze-directed control enables her/him to move to D. Then, she/he moves to C with the path planner.

A very first test on 13 VR-novice participants (4 females) comparing our approach with a traditional joystick-based navigation technique in a large virtual environment with points of interest displayed in an HTC Vive head-mounted display, showed that the cybersickness level measured from the Simulator Sickness Questionnaire decreased of about 34% while general feedback from the participants regarding efficiency, likability, accuracy, learnability, immersion, consistency and concentration was significantly more positive with our approach.

Références

- [1] Igarashi, T., Kadobayashi, R., Mase, K., & Tanaka, H. (1998). Path drawing for 3D walkthrough. Proc. UIST '98, 173–174.
- [2] J. J. LaViola Jr, E. Kruijff, R. P. McMahan, D. Bowman, and I. P. Poupyrev. 3D user interfaces: theory and practice. Addison-Wesley Professional, Redwood City, CA, USA, 2017.



Anne XU

anne.xu@ensam.eu

Laboratoire PIMM / 151 boulevard de l'Hôpital 75013 / Paris

Arts et Métiers ParisTech

FORMATION ACADEMIQUE

- 2014-2017 **Diplôme d'ingénieur Chimie ParisTech**, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris (ENSCP), Paris, France
- 2018-2021 **Doctorat au Laboratoire PIMM**, Arts et Métiers ParisTech, Paris, France
Thèse effectuée dans le cadre du projet Européen Team Cables
The physico-chemical characterization and kinetic modelling of the thermal and radiochemical ageing of a stabilized XLPE aimed to electrical cables insulation in nuclear power plants

FORMATIONS SUIVIES DANS LE CADRE DU DOCTORAT

Formations scientifiques :

- **A la découverte du Caoutchouc : un matériau remarquable**
MOOC organisé par l'IFOCA
- **Caractérisation des élastomères et matériaux thermoplastiques**
Formation organisée par Water SAS – Division TA instruments, à l'ENSAM Paris, France
- **Ecole Thématique sur les matériaux diélectriques**
Formation organisée par le CNRS, à Porquerolles, France
- **Les élastomères dans les pneumatiques**
Conférence organisée par Michelin, à l'ENSAM Paris, France

Formations d'ouverture socio-professionnelle :

- **Brevets et Propriété Industrielle**
Formation de l'ED en partenariat avec l'URFIST Paris, France
- **La conduite du Projet Doctoral**
Formation de l'ED, à l'ENSAM Paris, France

Caractérisation physico-chimique de la stabilisation d'un XLPE lors du vieillissement chimique

Anne XU – Arts et Métiers ParisTech – Laboratoire PIMM

Introduction

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet européen « Team Cables », dont l'objectif consiste à élaborer un modèle cinétique de prédiction de la durée de vie des câbles électriques en environnement nucléaire.

Le polyéthylène réticulé (XLPE) est un polymère couramment utilisé dans l'isolation des câbles électriques. Or, pour de telles applications, le phénomène d'oxydation peut survenir à tout moment de la vie du polymère, de sa mise en œuvre à son utilisation sur le long terme. Afin de le protéger de l'oxydation, une faible quantité d'antioxydants (AO) est généralement incorporée au polymère durant sa mise en forme, à haute température. Cependant, au cours du refroidissement, la solubilité des AO diminuant avec la température, le polymère peut se retrouver sursaturé en AO, menant à une séparation de phase, avec exsudation et recristallisation, selon diverses structures cristallines (polymorphisme), des AO à la surface du matériau [1], [2].

Stabilisation hétérogène

Au-delà d'un certain seuil d'AO incorporés au sein du polymère, une séparation de phase peut être observée, et le matériau pourra alors être considéré comme un système bi-phasique, avec une matrice polymère saturée en AO, et une phase pure d'AO. Dans un tel système, il sera considéré que seuls les AO dissous réagissent dans les mécanismes de stabilisation, tandis que les AO non dissous serviraient de réservoir, qui réalimenterait la matrice polymère au fur et à mesure du vieillissement. Ainsi, dans ce modèle de stabilisation hétérogène proposé, plusieurs phénomènes sont à prendre en compte : la consommation chimique des AO dissous par réactions de stabilisation, leur évaporation et/ou l'exsudation en surface, et la solubilisation des AO non dissous au sein de la matrice polymère, comme représentés sur la Figure 1.

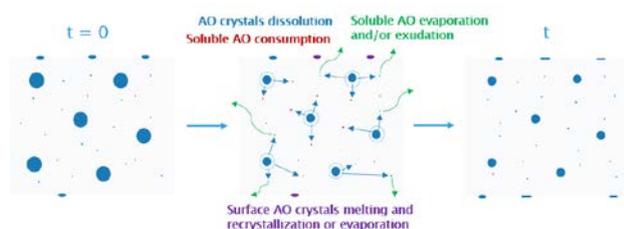


Figure 1 : Représentation schématique des phénomènes pouvant intervenir dans le cas d'une stabilisation hétérogène

Le but de cette recherche est de développer une méthodologie permettant la détection et le suivi des différents phénomènes physiques et chimiques

relatifs aux AO pouvant intervenir au cours du vieillissement chimique d'un XLPE stabilisé.

La spectroscopie infra-rouge (IRTF) peut être utilisée selon deux modes : réflectance et transmission. En transmission, le matériau est analysé dans toute son épaisseur, permettant le suivi quantitatif des bandes IR caractéristiques de l'AO (fonctions réactives et non réactives), mais aussi celles de ses produits de réaction. En réflectance, seule la surface du matériau est analysée, permettant alors la détection et le suivi de l'exsudation des AO, mais aussi du phénomène de polymorphisme des AO, sachant que les différentes structures cristallines ont chacune une signature IR spécifique [2].

En complément de l'IRTF, l'analyse calorimétrique (DSC), sous N_2 , permet la détection et quantification des cristaux d'AO présents au sein et/ou à la surface du polymère, par le biais de leur point de fusion. Lorsqu'elle est utilisée sous O_2 , cette même technique donne accès au temps d'induction à l'oxydation (TIO) qui est relié à la quantité d'AO présents dans le matériau.

En plus de ces techniques physico-chimiques, la microscopie optique est également utile afin de visualiser, non seulement l'exsudation, mais aussi le phénomène de polymorphisme, des AO en surface du matériau, au cours du vieillissement.

Conclusion

Les AO jouent un rôle majeur dans la durabilité des polymères. Cependant, ces molécules ont en général une faible solubilité dans les polymères faiblement polaires comme le XLPE, résultant parfois en une répartition hétérogène des AO au sein du matériau. Dans le but d'étudier l'impact de cette répartition hétérogène des AO sur le vieillissement chimique d'un XLPE stabilisé, plusieurs techniques expérimentales complémentaires peuvent être utilisées. Par le biais de ces techniques, les parts d'AO solubles et insolubles peuvent être distinguées, et le phénomène de polymorphisme des AO peut, en particulier, être observé.

Références

- [1] Colin, X., Fayolle, B., Audouin, L., Verdu, J., 2003, Phénomènes de transport des stabilisants dans les polyoléfines - Partie II : Solubilité, *Matériaux & Techniques*, 91(1-2):9-14.
- [2] Saunier, J., Mazel, V., Paris, C., Yagoubi, N., 2010, Polymorphism of Irganox 1076®: Discovery of new forms and direct characterization of the polymorphs on a medical device by Raman microspectroscopy, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 75(3):443-450.

Yutao ZHANG

Email: yutao.zhang@ensam.eu

Telephone: +33 3 85 59 53 38

Laboratory: LaBoMaP, Campus de Cluny, Arts et Métier ParisTech

Address: Rue porte de Paris, 71250, Cluny

Education

- **2017-now PhD degree in progress, Arts et Métier ParisTech**
Courses: Conception, Recherche et Innovation; Communiquer sur sa recherche avec les publics; L'entrepreneuriat dans tous ses états; Master MAGIS (Material and Engineering Sciences in Paris)
- **2015-2016 MSc 2 (Co-authorized with Arts et Métier ParisTech & Cnam) Energy and Environment, Université Pierre et Marie CURIE**
Courses: Simulation numérique pour l'ingénierie énergétique
- **2013-2014 MSc 1 (Co-authorized with Polytech Lille & Hohai University) Mechanical Engineering, Université Lille 1- Sciences et Technologies**
Courses: Automatismes et Asservissement; Loi de Comportement; Méthode Numérique pour la Mécanique
- **2012-2013 Bachelor (Co-authorized with Polytech Lille & Hohai University) Mechanical Engineering, Université Lille 1- Sciences et Technologies**
Courses: Mécanique des Milieux Continus; Vibrations: Systèmes discrets et continus
- **2009-2011 Bachelor Energy and Thermodynamics Engineering, Hohai University**
Courses: Advanced Mathematics; General Physics; General Chemistry, Fundamentals of Electrical Engineering

Personal experience

- **Feb 2016-Sep 2016 Analysis the errors generated by 2D RANS simulations of cavitation flows, Laboratoire Mécanique de Lille, Internship:**
 - Develop numerical simulation methodology based on laboratory-made program
 - Analysis of numerical and experimental results to propose an optimized solution
- **Mar 2013-June 2013 Controller of the couplings' quality, Atnor, Internship:**
 - Workshop: drilling, punching, blade grinding, lacquering, etc.
 - Test and certificate coupling on test strip

PhD Thesis

- **Title:** Tool materials development for improved performance of cutting tools in cryogenic machining of aeronautic alloys
- **Industrial partners:** Evatec-tools
- **Objectives:**
 - Optimize a multilayer coating for cutting tools
 - Enhance the performance of cutting tools in cryogenic rough machining of Ti-6Al-4V
 - Optimize the cooling method of cryogenic machining

Professional skill

- **PVD coating:** Physical vapor deposition of metal and nitride coatings
- **CNC machining:** Conventional CNC lathe
- **Software:** Gwyddion, Origin, CATIA

Tool materials development for improved performance of cutting tools in cryogenic machining of aeronautic alloys

Yutao ZHANG – Arts et Métiers ParisTech – LaBoMaP

Introduction

Titanium alloys are widely used in the aeronautic and biomedical industries due to their outstanding properties such as: high fracture toughness, large strength/weight ratio and good corrosion resistance. However, it is a difficult-to-cut material owing to their thermal and mechanical properties, causing strong tool wear at cutting speeds lower than those used to cut plain carbon steels.

Environmental concerns and cost reduction of metal working fluids (MWF) used in machining operations result in ever-growing industrial interest in replacing these fluids with eco-friendly cryogenic fluids such as liquid nitrogen (LN₂). Many researchers discussed the advantage of cryogenic condition machining (based on Ti-6Al-4V alloy) compared to conventional dry or wet machining, including significant reduction of temperature, reduction of force value, improvement of finished surface, etc.

Traditional coatings are not always suitable to protect the cutting tools when cutting such materials under severe machining conditions (especially huge thermal shock).

Proposed solution & scientific approach

This PhD project aims to develop of the next generation of cutting tools for titanium alloys machining. The objective is to enhance the performance of the cutting tools by improving the chemical/mechanical/physical properties of the tool materials. One solution to improve the tool life is surface treatments, such as PVD hard coatings.

It has been shown that the Cr/CrN/AlCrN multilayers with varying monolayers thickness presented better mechanical properties in comparison to the AlCrN monolayers. This study will optimize AlCrN monolayers by DC magnetron sputtering on carbide inserts. First, the Al/(Cr+Al) atomic percentage in the AlCrN monolayers was optimized to 60% according to the literature. Then, AlCrN monolayers were optimized for Cr/CrN/AlCrN multilayers development on carbide inserts with different sequences (monolayers with varying thickness and/or different multilayer periods).

The surface morphology, thickness, and microstructure of the coatings were characterized by scanning electron microscope. Their chemical composition and structure were determined by Energy-dispersive X-ray spectroscopy and X-ray diffraction, respectively. Atomic force microscope was used to verify their roughness. Thermal properties were also investigated by dilatometry. Finally, the mechanical properties such as hardness, Young's modulus, adhesion, friction and wear were determined by nano-indentation, scratch-test, and rotating tribometry, respectively. The coatings residual stresses were determined by optical profilometry (curvature method).

Finally, the developed coatings will be deposited on pins and inserts for friction test and machining test, the performance of this coating will be compared with existing commercial coatings as well as raw carbide insert.

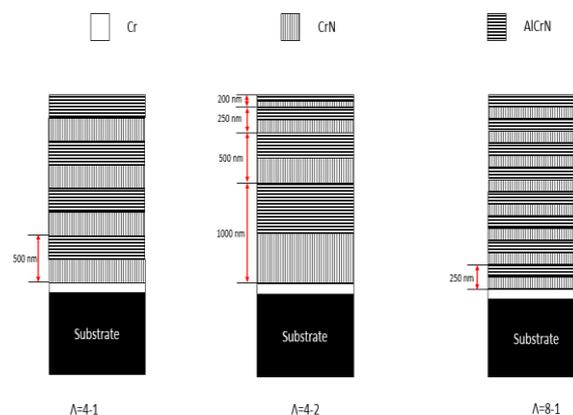


Figure 1. Multilayers with varying monolayers thickness and periods

Reference

- Hiroyuki Hasegawa, Masahiro Kawate, and Tetsuya Suzuki, "Effects of Al Contents on Microstructures of Cr1-XAlXN and Zr1-XAlXN Films Synthesized by Cathodic Arc Method," *Surface and Coatings Technology* 200, no. 7 (December 21, 2005): 2409–13, <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2004.08.208>.
- B. Tlili et al., "Correlation between Thermal Properties and Aluminum Fractions in CrAlN Layers Deposited by PVD Technique," *Vacuum* 84, no. 9 (April 19, 2010): 1067–74, <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2010.01.011>.



Wahb ZOUHRI

Laboratoire de Conception, de Fabrication et de Commande (LCFC)
Arts et Métiers ParisTech

4 Rue augustin Fresnel 57078 Metz Cedex

Wahb.zouhri@ensam.eu

Formation

- 2018 - ... Caractérisation des performances d'un système de production par les approches de fouille de données.
LCFC - Laboratoire de conception fabrication commande -, Arts et Métiers Paristech.
- 2017 - 2018 Master de recherche: Knowledge Integration in Mechanical production KIMP-CII.
Arts et Métiers Paristech - Metz.
- 2012 - 2018 Diplôme ingénieur: Génie industriel; Mangement des systèmes industriels.
Arts et Métiers – Casablanca.

Expériences professionnelles

- 03/2017 - 09/2017 **Faurecia**
Méru – France **Stagiaire R&D : Etude du processus de vissage des matières thermoplastiques.**
Implémentation d'un modèle mathématique décrivant le processus de visage des matières thermoplastiques, à l'aide du VBA.
- 06/2016 - 08/2016 **Settavex**
Settat – Maroc **Neutralisation des eaux usées d'une station d'épuration**
Proposition d'une nouvelle méthode pour l'extraction du CO2 des fumées des cheminées, puis l'injecter dans les bassins des eaux usées à l'aide des tubes calorifugés, afin de baisser leurs PH, en remplaçant de l'acide sulfurique vu ses effets.
- 06/2015 - 07/2015 **Roca**
Settat - Maroc **Identification des défauts de production.**
Identification des défauts de production, leurs causes et les solutions à apporter.

Compétences

- Techniques: Machine Learning, Statistiques, 6-sigma, Lean Manufacturing, Management de la Qualité.
- Logiciels : Python, VBA, Matlab, Microsoft office, Catia.

Loisirs

Sports, Voyages, Musique.

Caractérisation des performances d'un système de production par les approches de fouille de données.

Wahb ZOUHRI - Laboratoire de Conception, Fabrication Commande, Arts et Métiers ParisTech -
4 Rue Augustin Fresnel, 57078 Metz Cedex

Au fil des années, diverses méthodologies ont été étudiées et proposées pour traiter les données numériques qui sont très présentes dans différentes applications. La fouille de données fournit un ensemble d'outils qui permettent d'analyser les données collectées et stockées. Ces outils sont conçus afin d'extraire des informations intéressantes ou des patterns. Cependant, les différentes formulations classiques des outils de fouille de données ne prennent pas en compte les incertitudes des données, ce qui peut impacter négativement leurs performances.

Ainsi et dans le cadre de la chaire de recherche industrielle "Système de production reconfigurables-surs-performants", mes travaux de thèse visent à répondre à la problématique de recherche : « Comment maîtriser l'impact des incertitudes de mesures sur les résultats d'une fouille de données, afin d'améliorer la qualité des procédés ? »

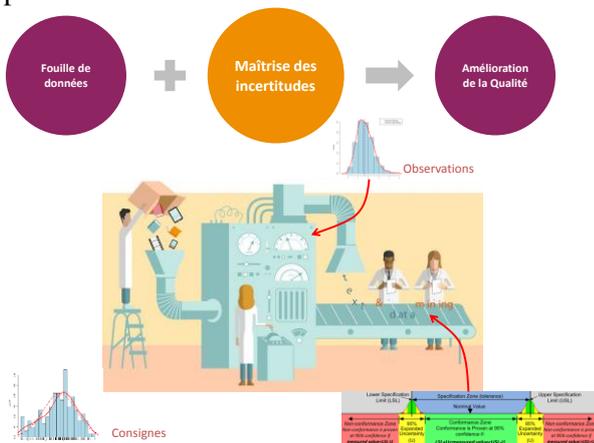


Figure 1 : Objectif global de la thèse

Pour répondre à cet objectif, une méthodologie de recherche itérative a été mise en place, qui consiste à identifier tout d'abord l'ensemble des verrous scientifiques, et les différentes approches pour pallier à ces verrous, puis à les expérimenter sur des cas industriels et académiques afin de les évaluer et proposer des améliorations.

La démarche itérative comporte trois grandes boucles. La première consiste à évaluer les différents outils de classification. La deuxième boucle vise à quantifier l'impact des incertitudes de mesure sur les performances des classifieurs à l'aide des simulations de Monte-Carlo, et finalement la troisième boucle dont laquelle les

instances incertaines sont identifiées, et un modèle de classification robuste qui prend en compte l'aspect incertain des données sera développé. (Fig.2)

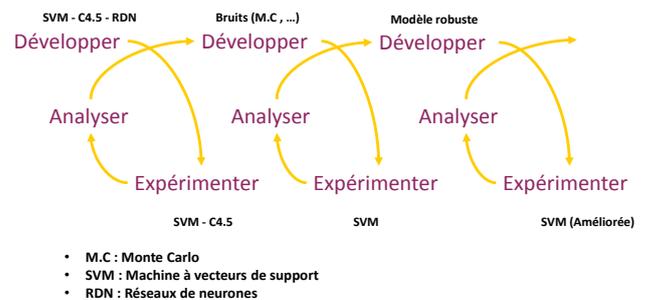


Figure 2: Processus de recherche itératif

Pour ces travaux de thèse, la méthode de *Support Vector Machine* SVM a été choisie comme outil de classification dont l'objectif est de l'améliorer, et cela revient aux avantages que la SVM présente, tels que sa capacité de générer des frontières de décision non linéaires en utilisant des fonctions noyaux [1], et sa capacité à éviter le sur-apprentissage [2].

Afin d'étudier la robustesse de la SVM et sa réponse en présence des incertitudes de données, différents outils statistiques tels que l'analyse de la variance (ANOVA), et l'étude des sensibilités (indices de Sobol) ont été employés. Ces analyses statistiques sont aussi réalisées quant à l'utilisation des Réseaux de Neurones afin de comparer la robustesse des deux méthodes.

Les futurs travaux visent à proposer une démarche d'identification des données incertaines, et développer un modèle robuste de la SVM.

Références

- [1] B. Scholkopf, A. Smola, Learning with Kernels (MIT Press, Cambridge, MA, 2002).
- [2] H.L. Chen, B. Yang, S.J. Wang, G. Wang, D.Y. Liu, H.Z. Li, W.B. Liu, Towards an optimal support vector machine classifier using a parallel particle swarm optimization strategy, Appl. Math. Comput. 239, 180-197 (2014).