

COLLOQUE DES DOCTORANTS

3 juin 2010
ENISE – Saint-Étienne

Laboratoire de
Tribologie et
Dynamique des
Systèmes

LTDS UMR 5513



Une thèse au LTDS...

Si l'on se réfère à l'étymologie, le docteur est un "sage" qui détient un savoir et qui l'enseigne. En corollaire, le doctorant ne serait donc qu'un disciple que son tuteur guide sur la voie tortueuse de la quête du savoir. Cette seule analyse étymologique qui limiterait la thèse à un parcours initiatique vers la connaissance est évidemment très réductrice car ni le doctorant, ni celui qui l'accompagne ne connaissent ce qu'il y a réellement au bout du chemin et chacun a le devoir d'apprendre de l'autre. Ainsi, la relation maître/disciple au sens où l'entendaient les philosophes grecs unissant le doctorant à son directeur de thèse demeure l'élément fondamental dans l'épilogue plus ou moins heureux d'un travail de thèse. Cette route vers l'inconnu, jalonnée de doutes, de remises en question, de joies et de déceptions est certainement ce qui forme l'esprit bien plus que l'acquisition de nouvelles connaissances et de compétences scientifiques.

"Faire une thèse" c'est s'aventurer dans des voies inexplorées et par conséquent développer sa curiosité et son discernement pour appréhender un monde où le surplus d'informations devenues produits de consommation sclérose l'envie d'apprendre. C'est aussi, dans une société où tout s'accélère, le luxe de prendre du temps pour réfléchir, approfondir un sujet (signification de la racine grecque du mot "thèse") et en apprivoiser la complexité. C'est, pour résumer, faire preuve d'audace, de tolérance, de patience et d'humilité, qualités indispensables pour exprimer sa créativité.

Le LTDS est désormais une entité tentaculaire, multi-site, multi-disciplinaire qui couvre un champ scientifique allant de la tribologie, à la dynamique non-linéaire et à la vibro-acoustique en passant par la mécanique, la physico-chimie des surfaces et le génie civil. Même si cette diversité apparaît souvent comme une richesse, elle peut devenir un facteur de décohésion en l'absence de liens entre tous ses éléments de différenciation. C'est pourquoi, la tenue d'un colloque des doctorants est une respiration importante dans la vie de notre laboratoire qui permet à chacun d'élargir son point de vue et à tous d'apprendre à l'écoute de la différence de l'autre. Le succès de l'édition 2008 a fait de ce séminaire un événement récurrent qui montre le dynamisme de notre recherche dont les doctorants sont un des moteurs.

Comme pour toute entreprise collective, la réussite de ces journées n'est possible que grâce au dévouement de quelques individualités réunies dans une équipe d'une remarquable efficacité. Merci donc à Hanène, Romain, Florian, André et Sébastien.

Denis Mazuyer, Directeur du LTDS,
Le 3 juin 2010

DÉROULEMENT DE LA JOURNÉE

13h45 : INTRODUCTION

SESSION 1 : TRANSPORTS TERRESTRES

- 14h00 : Andrea Loyer, Études numériques et expérimentales de la stabilité et des réponses dynamiques non-linéaires transitoires et stationnaires du crissement dans les systèmes de freinage ferroviaires
- 14h20 : Younes Kadmiri, Bruit de gaillonnement au sein d'une boîte de vitesse automobile
- 14h40 : David Mosnier, Synthèse robuste de l'impact des pneumatiques sur l'efficacité énergétique des véhicules
- 15h00 : Paule Njiwa, Compréhension des mécanismes d'action de nouveaux additifs de lubrification pour un développement plus propre des moteurs thermiques

PAUSE CAFÉ

SESSION 2 : OPTIMISATION DES STRUCTURES ET DES MATÉRIAUX

- 16h00 : Hang Yu, Reliability-based design and optimization of complex systems
- 16h20 : Pavel Bizi-Bandoki, Étude de la structuration de surface par laser femtoseconde pour l'optimisation des propriétés tribologiques des matériaux
- 16h40 : Sofien Bouzouita, Optimisation des interface fibre / matrice de composites à renfort naturel

ÉTUDES NUMÉRIQUES ET EXPÉRIMENTALES DE LA STABILITÉ ET DES RÉPONSES
DYNAMIQUES NON-LINÉAIRES TRANSITOIRES ET STATIONNAIRES DU CRISSEMENT DANS LES
SYSTÈMES DE FREINAGE FERROVIAIRES

Andrea Loyer (andrea.loyer@ec-lyon.fr)
Directeur de thèse : Jean-Jacques Sinou
Partenariat industriel : SNCF

Les problématiques de crissement dans les transports sont de plus en plus importantes dans l'industrie car les directives environnementales ciblent de plus en plus les nuisances sonores. Le phénomène de crissement a déjà été très étudié dans le domaine automobile et aéronautique mais assez peu dans le ferroviaire. Le projet AcouFren, dans lequel s'inscrit cette thèse, cherche à identifier les leviers au niveau des garnitures afin de limiter le crissement dans les freins de TGV et d'AGC.

Le crissement est lié à une instabilité qui entraîne des vibrations auto-entretenuës que l'on peut expliquer par deux approches principales. L'une d'elles est plutôt tribologique et considère des variations de la loi de frottement à l'interface en fonction de divers paramètres (vitesse de glissement, température, ...). L'autre est purement structurale et explique l'instabilité par un couplage de degrés de liberté ou de modes par un contact frottant avec une loi qui peut être simple (frottement de Coulomb à coefficient constant). Pour mieux comprendre le phénomène et les paramètres influents sur le crissement de ces systèmes, l'outil numérique peut être d'une grande aide à condition de pouvoir être prédictif, tant sur le régime stabilisé que sur le transitoire, et d'avoir des temps de calcul raisonnables. Une solution pour limiter ces temps consiste à proposer des stratégies numériques de calculs des réponses dynamiques transitoires et stationnaires non-linéaires sur bases réduites.

Une réduction de modèle adaptée aux systèmes présentant des instabilités dues au contact frottant de type Signorini-Coulomb est donc proposée sur ce principe. Il s'agit de construire différents types de bases en utilisant les modes complexes du système obtenus par une analyse de stabilité autour de la position d'équilibre quasi-statique. On définit deux grands types de base suivant le choix des modes complexes qu'on y inclut. Pour les deux types, les bases contiennent les degrés de liberté physiques de l'interface de contact, complétés éventuellement par des modes statiques de liaison. L'influence de la réduction sur la solution trouvée est étudiée pour différentes conditions de fonctionnement d'un système simplifié. La dépendance de la qualité de la base en fonction des conditions initiales est mise en évidence.

Finalement un algorithme de réduction adaptative est proposé. Il se fonde sur l'enrichissement d'une base fortement réduite en fonction de l'analyse de la signature non-linéaire des réponses qu'elle fournit.

Objectifs scientifiques : proposer des stratégies numériques pour estimer les réponses dynamiques transitoire et stationnaire non-linéaires. Compréhension et analyse non-linéaire du phénomène de crissement.

Objectifs industriels : prédire le comportement vibratoire et les occurrences de stabilité afin de réduire le crissement sur les freins ferroviaires.

Mots clés : crissement, instabilités induites par le contact frottant, réduction de modèle, dynamique non-linéaire.

ANALYSE DU BRUIT DE GRAILLONNEMENT AU SEIN D'UNE BOÎTE DE VITESSE AUTOMOBILE

Younes Kadmiri (younes.kadmiri@ec-lyon.fr)
Directeur de thèse : Joel PERRET-LIAUDET

Le confort acoustique du client est un critère important pour les constructeurs automobile. De nombreux efforts ont été réalisés pour diminuer les bruits produits par le moteur et ainsi réduire le bruit dans l'habitacle. Les bruits engendrés par la boîte de vitesses comme le grailonnement (qui étaient au préalable couverts par ceux du moteur) sont maintenant détectables par l'utilisateur.

Les architectures de boîtes de vitesses sont telles que toutes les paires de roues dentées engrenent simultanément. Pour chaque rapport de transmission, seul l'un des deux pignons a un mouvement solide de celui de l'arbre qui le supporte. Lorsqu'on engage un rapport, on rend solidaire le second pignon et son arbre pour qu'ils puissent transmettre le couple d'entrée à l'arbre de sortie. Pour tous les autres rapports de la boîte, il reste un pignon qui est libre de tourner autour de l'axe. On parle de pignon fou. Dans certaines conditions de fonctionnement, les fluctuations de vitesses des lignes d'arbres peuvent générer des vibrations des pignons fous conduisant à des régimes de type vibro-impact. Ces vibro-impacts sont associés au choc entre les flancs du pignon fou et ceux du pignon complémentaire. La succession des chocs engendre, au sein de la boîte de vitesses, des vibrations susceptibles de se propager par les voies solidienne (roulements, arbres...) et/ou aérienne jusqu'au carter de boîte. Le bruit généré est appelé bruit de grailonnement.

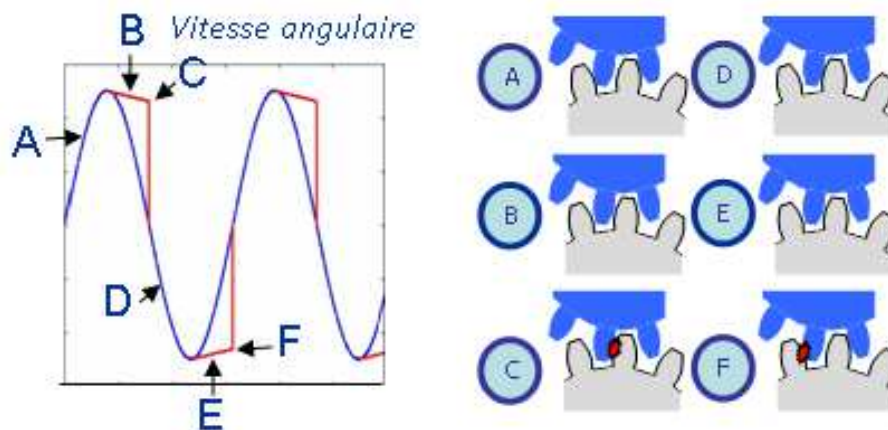
Les éléments clés qui gouvernent le grailonnement sont l'inertie des pignons fous, l'accélération angulaire du pignon menant, le couple de traînée qui s'exerce sur les pignons fous, les jeux entre dents et les caractéristiques élastiques et dissipatives des contacts qui gouvernent les chocs entre dents.

Actuellement, le critère retenu par Renault pour quantifier le bruit de grailonnement est la moyenne des mesures vibratoires des cinq faces du carter de boîte.

Un modèle numérique a été développé pour prédire la réponse dynamique non linéaire du pignon fou (historique des chocs et leur intensité) sous l'effet de l'acyclisme moteur. Pour modéliser les chocs, nous introduisons un coefficient de restitution permettant d'obtenir une relation entre les vitesses juste avant et juste après l'impact.

Une modélisation de l'ensemble de la boîte de vitesses permet d'identifier la fonction de transfert entre les chocs au niveau des dentures et la réponse vibratoire du carter.

Dans le but de recalibrer le modèle numérique, une campagne expérimentale a été réalisée sur un banc d'acyclisme à partir d'une boîte de vitesses instrumentée notamment à l'aide de codeurs optiques permettant de mesurer les déplacements angulaires du pignon fou et du pignon menant.



Description du phénomène

Objectifs scientifiques : description de la dynamique non linéaire du phénomène

Objectifs industriels : Développement d'un modèle prédictif Analyse de l'influence des paramètres de conception de la boîte de vitesses et des tolérances de fabrication et montage.

Mots clés : grailonnement, engrenages, impacts, restitution

SYNTHÈSE ROBUSTE DE L'IMPACT DES PNEUMATIQUES SUR L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES VÉHICULES

David Mosnier (david.mosnier-f286308@fr.michelin.com)

Directeur de thèse : Mohamed Ichchou

Partenariat industriel : MFP Michelin

Les contraintes environnementales évoluent actuellement vers un renforcement sur les taux d'émission des gaz à effet de serre. Actuellement les critères principaux de dimensionnement des pneumatiques sont basés sur l'indice de vitesse et le comportement dynamique du véhicule. Le critère de résistance au roulement devient de plus en plus important, mais sans remettre en cause de façon fondamentale les critères précédents. Par ailleurs, le monde industriel recherche aujourd'hui au maximum à réduire les délais des phases de conceptions de nouveaux produits. Les travaux de cette thèse ont donc pour but de développer une démarche de conception robuste capable de traiter cet ensemble de contraintes.

La démarche d'optimisation globale développée au cours de cette thèse se décompose en plusieurs étapes schématisées sur la figure 1. Le problème de préconception à traiter est décrit comme un problème d'optimisation multiobjectifs où chaque performance est décrite par une fonction objectif à minimiser ou par une contrainte à respecter. Nous utilisons ici une approche d'optimisation multiobjectifs par algorithme génétique [1]. En effet cela permet d'atteindre un nombre important de solutions compromis sans faire d'hypothèse particulière *a priori* sur l'importance à donner à chacun des objectifs. Néanmoins une des principales difficultés rencontrée pour la mise en oeuvre de ce type de méthode est le coût de calcul de certains modèles. Par conséquent, nous proposons ici d'utiliser des métamodèles [2] associés à une analyse de sensibilité globale préalable afin de ne conserver que les variables influentes. Nous proposons également de nous appuyer sur les métamodèles et leurs gradients pour rechercher des solutions optimales robustes directement par l'algorithme d'optimisation.

Après convergence de l'algorithme, le concepteur obtient un nombre important de solutions optimales décrivant le front de Pareto. Néanmoins la visualisation de ces solutions et le choix d'une de ces solutions par le concepteur n'est pas chose aisée dès lors que le nombre de performances considérées est important (pratiquement supérieur à 5). Nous proposons alors une méthode de partitionnement basée sur des cartes auto adaptatives [3] afin de proposer au concepteur un nombre limité de typages parmi lesquels choisir.

Les résultats obtenus par cette démarche sur des problèmes de préconception avec un nombre important d'objectifs sont très intéressants et les outils d'aide à la décision permettent de traiter efficacement les solutions obtenues. D'autre part, l'analyse de robustesse des solutions vis à vis des incertitudes sur les paramètres de conception a pu être traitée sans altérer le temps de convergence de l'algorithme génétique. Les travaux restant à effectuer vont concerner l'amélioration des propriétés de convergence de l'algorithme génétique, ainsi que l'amélioration des modèles utilisés en prenant en compte plus finement les incertitudes inhérentes aux procédés industriels de conception.

[1] D. Mosnier, F. Gillot, A. Ducloux, M. Ichchou. Multi-objective optimization based design with non-homogeneous models. *WCSMO-8 Eight World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization*, 2009.

[2] D. Mosnier, F. Gillot, A. Ducloux, M. Ichchou. Vehicle suspension predesign using multiobjective optimization with heterogeneous data. *International Journal of Vehicle Design*, En soumission.

[3] D. Mosnier, F. Gillot, A. Ducloux, M. Ichchou. Integrated pre-design step methodology based on multi-objective evolutionary optimization. *Gecco'10*, 2010.

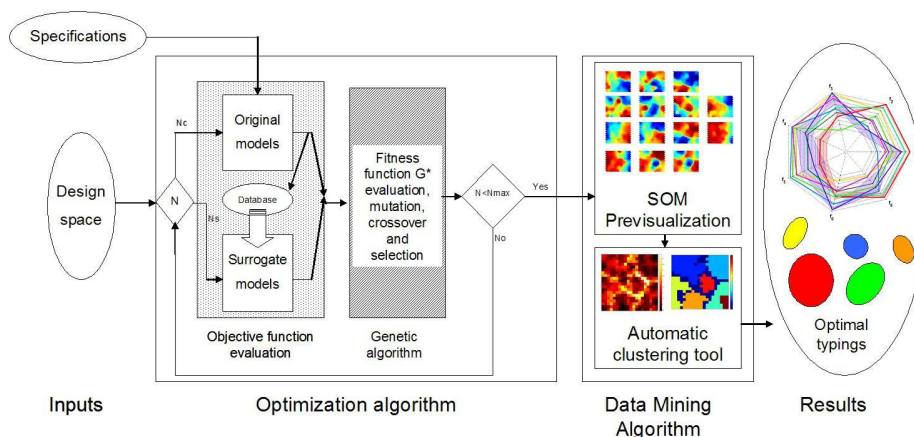


FIGURE 1 – Schema de la démarche proposée. N_{max} est le nombre total de générations à évaluer, N_c correspond aux générations à calculer à partir des modèles originaux et N_s les générations dont les individus sont évalués à partir de métamodèles

Objectifs industriels : Développement d'une méthode de conception robuste par optimisation multiobjectifs

Mots clés : Conception robuste, Optimisation multiobjectifs, Fouille de données, Algorithme génétique

COMPRÉHENSION DES MÉCANISMES D'ACTION D'UN NOUVEL ADDITIF ANTI-USURE POUR UN DÉVELOPPEMENT PLUS PROPRE DES MOTEURS THERMIQUES

Paule Njiwa (paule.njiwa@ec-lyon.fr)

Directeur de thèse : Jean-Michel Martin

Partenariat industriel : Nippon Oil Corporation

Grâce à ses propriétés antioxydantes, anti-usure et extrême pression, le dithiophosphate de zinc (ZDDP) est l'un des additifs le plus utilisé de nos jours dans les lubrifiants pour moteurs thermiques. Dans un souci de respect de l'environnement, de nouveaux lubrifiants doivent être développés de manière à y réduire les teneurs en phosphore et soufre (norme euro VI), ces deux éléments étant nocifs pour les pots catalytiques. Deux options sont envisageables : le développement de système complètement étranger au ZDDP en utilisant par exemple des nanoparticules, ou en restant sur des solutions chimiquement proches du ZDDP tout en limitant les teneurs en phosphore et soufre. C'est cette dernière option qui est choisie ici. Cette thèse a pour objectif d'étudier le comportement tribologique (frottement et usure) du phosphate de zinc di alkyl (ZP). L'étude de cet additif se fera selon les étapes suivantes :

- Dans un premier temps, une étude comparative du comportement du ZP et du ZDDP en termes de frottement et d'usure a été effectuée. Nous nous sommes intéressés à l'effet de paramètres de contact tels que la température et la vitesse de glissement sur le comportement tribologique de ces deux molécules.
- Dans un second temps, une étude concernant l'interaction du ZP avec différents oxydes de fer est en cours pour comprendre leur effet sur la formation du tribofilm.
- Et enfin, l'étude du comportement tribologique du ZP dans un lubrifiant complètement formulé a été réalisée.

La méthodologie utilisée dans ce travail couple des essais de frottement sur tribomètre à des analyses post-mortem des surfaces frottantes. Nous avons utilisé un tribomètre alternatif en configuration bille-plan ainsi qu'en cylindre-plan. L'approche analytique multi-techniques utilisés mets en jeu la spectrométrie de photoélectron (XPS), la spectroscopie d'absorption XANES (X-ray Absorption Near Edge Structure) ainsi que l'Auger (AES). Des observations par microscopie électronique à transmission sur des lames FIB (Focused Ion Beam), coupes transverses des tribofilms, ont également été effectuées. Les résultats présentés ici portent principalement sur la partie concernant la comparaison des deux additifs antiusure, ZP et ZDDP.

Objectifs scientifiques : - Etude du comportement tribologique (usure) du phosphate de zinc di alkyl (ZP). - Compréhension de ses mécanismes d'actions en tant qu'additif anti-usure.

Objectifs industriels : Etude du comportement tribologique du ZP dans un lubrifiant complètement formulé en vue de son application pour moteurs thermiques

Mots clés : Additifs Anti-usure, ZDDP, Analyse physico-chimique de surface (XPS, AES, XANES), MET

RELIABILITY-BASED DESIGN AND OPTIMIZATION OF COMPLEX SYSTEMS

Hang Yu (hang.yu@ec-lyon.fr)
Directeur de thèse : Mohamed Ichchou

In reliability analysis, the reliability is usually measured by the failure probability which is generally computed in a failure domain defined by performance functions. For time-independent performance functions, traditional reliability analysis methods have been developed and implemented for both low-dimensional and large-scale structures.

However, these approaches are not tailored for time-dependent performance functions caused by time-variant loads in form of stochastic process. Such time-variant loads are usually implicit providing implicit performance functions of time, which could hardly be treated with traditional approaches. In this case, with classic discretization techniques and some assumptions, the outcrossing rate approaches are widely implemented. If the performance functions varying over time are known, especially for the monotone decreasing performance functions of time, the so-called 'right-boundary' means can be applied to this kind of problem. Unfortunately for other cases, that is, nonmonotonic explicit performance functions, we still have the difficulties in judging if the reliability could achieve the target.

We propose a simple method able to calculate the time-dependent reliability associated with the explicit time-dependent performance functions which are generally not monotone. The randomly time-variant loads are represented by random variables multiplied by a deterministic function of time. In our method, the traditional reliability analysis approach is combined with Monte Carlo simulation. The general R-S failure model, i.e. the (R)S can be (strength) stress, (allowable) displacement and (allowable) deflection, is utilized. In this failure model, the R and S are the function of time. The advantage of this failure model is that as long as the mean value and standard deviation of the R and S are obtained, the reliability index is obtained. Monte Carlo simulation is applied to calculate the mean value and standard deviation of the R and S at the chosen time instants. The proposed approach is applied to an example to demonstrate its relevancy.

Objectifs scientifiques : Calculate the instantaneous time-dependent reliability related to nonmonotonic explicit performance functions.

Mots clés : time-dependent reliability, Monte Carlo simulation, nonmonotonic explicit performance function,

ETUDE DE LA STRUCTURATION DE SURFACE PAR LASER FEMTOSECONDE POUR L'OPTIMISATION DES PROPRIÉTÉS TRIBOLOGIQUES DES MATÉRIAUX

Pavel Bizi-Bandoki (pavel.bizi-bandoki@ec-lyon.fr)

Directeur de thèse : Stéphane Benayoun, Stéphane Valette

Dans la nature, certaines surfaces d'espèces animales ou végétales comme le lotus présentent la particularité d'être super-hydrophobes et auto-nettoyantes : c'est l'« effet lotus » [1]. Le point commun de ces espèces est une topographie de surface multi-échelle faite de micro-textures et recouverte d'une fine couche de matériau hydrophobe (la cire en général). Il est aujourd'hui possible par mimétisme, de renforcer l'hydrophobie de nombreux matériaux par une texturation adéquate. De tels traitement deviennent courant tant les applications sont nombreuses [2-3].

La photolithographie [4, 5], l'électrodéposition [6], et bien d'autres techniques sont couramment utilisés pour texturer des surfaces afin de contrôler leur mouillabilité. L'introduction du laser comme outil de texturation est assez récente mais connaît un développement relativement important, en partie dû aux nombreux avantages que présente le traitement laser sur les autres techniques.

C'est dans cette optique que s'inscrivent nos travaux. En effet, nous texturons des surfaces d'alliages métalliques par des irradiations laser femtosecondes, dans le but de modifier leur mouillabilité. Les résultats obtenus au stade actuel confortent déjà le choix du traitement laser comme technique de choix pour la réalisation des surfaces à la mouillabilité contrôlée. Nous notons par exemple qu'il est possible de réaliser une topographie multi-échelle aux motifs périodiques (« ripples ») à l'échelle du nano - et du micromètre. Ces modifications topographiques induisent un changement sensible du comportement au mouillage des différentes surfaces traitées laser : l'angle de contact apparent d'une goutte d'eau distillée passe de 75° avant traitement à 124.6° sur une surface de TA6V traitée avec 128 impulsions laser, soit une augmentation du caractère hydrophobe de 50° environ. Pour l'acier inoxydable 316L, 84 impulsions laser suffisent à accroître l'angle de contact de 79.5° à 116.5°. On montre ainsi pour ces alliages une transition hydrophilie - hydrophobie.

[1] W. Barthlott, C. Neinhuis, Purity of sacred lotus, or escape contamination in biological surfaces, *Planta* 202, pp. 1-8, 1997.

[2] B. Bhushan, Y.C. Jung, Wetting study of patterned surfaces for superhydrophobicity, *Ultramicroscopy* 107, pp. 1033-1041, 2007.

[3] V. Zorba, E. Stratakis, M. Barberoglou, E. Spanakis, P. Tzanetakis, C. Fotakis, Tailoring the wetting response of silicon surfaces via laser structuring, *Applied Physics A* 93, pp. 819-825, 2008.

[4] M. Callies, Y. Chen, F. Marty, A. Pépin, D. Quéré, Microfabricated textured surfaces for super-hydrophobicity investigations, *Microelectronic Engineering* 78-79, pp.100-105, 2005.

[5] B. Bhushan, Y. C. Jung, Wetting study of patterned surfaces for superhydrophobicity, *Ultramicroscopy* 107, pp. 1033-1041, 2007.

[6] T. Hang, A. Hu, H. Ling, M. Li, D Mao, Super-hydrophobic nickel films with micro-nano hierarchical structure prepared by electrodeposition, *Applied surface Science* 256, pp. 2400-2404, 2010.

Objectifs scientifiques : Les objectifs scientifiques de cette thèse se structurent autour de l'étude et la compréhension de liens physiques existants entre :

- Le laser femtoseconde et la génération de rugosité multi-échelle, d'une part ;
- Cette rugosité multi-échelle et le mouillage des matériaux, d'autres part.

Objectifs industriels : Trois objectifs industriels peuvent être énumérés :

- L'adhésion, application aux moules de plasturgie ;
- Propriétés sensorielles des surfaces (touché, vue) ;
- La microfluidique : écoulement dans les microcanaux.

Mots clés : Texturation multi-échelle de surface, Laser femtoseconde, Ripples, Mouillabilité

OPTIMISATION DES INTERFACE FIBRE/MATRICE DE COMPOSITES À RENFORT NATUREL

Sofien Bouzouita (sofien.bouzouita@ec-lyon.fr)

Directeur de thèse : Michelle Salvia

Partenariat industriel : Fibroline-France

Les fibres naturelles présentent des caractéristiques intéressantes pour l'industrie automobile; légèreté, recyclabilité, production à partir de matières renouvelables. Cependant, la compatibilité fibre/matrice est souvent problématique. Dans ce travail on se propose d'étudier les composites chanvre/ polypropylène en s'intéressant à l'utilisation de techniques simples, en particulier une nouvelle technique appelée Fibroline. Il s'agit d'un procédé de pré imprégnation à sec qui consiste à soumettre les fibres et la matrice à un champ électrique intense. Au cours de ce procédé une modification de l'état des fibres peut se produire. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'influence de ce traitement et/ou d'un séchage préalable de la fibre sur le comportement interfacial et global des composites. La caractérisation des interfaces a été menée en utilisant la technique de la goutte, et les résultats ont été comparés à ceux obtenus par suivi de cristallisation in situ à l'aide de platine chauffante suivant différentes conditions de cristallisation. Ces essais ont été complétés par des analyses MEB sur les fibres et sur les faciès de rupture des composites sollicités en flexion trois points. Les résultats ont montré l'intérêt de la technique Fibroline à la fois sur la qualité de l'interface et le comportement global. L'état de la surface des fibres permet une meilleure adhésion fibre/matrice. En revanche, dans le cas des fibres séchées et traitées par Fibroline, les propriétés mécaniques ont chuté de sorte à affecter le transfert de charge.

Mots clés : Natural fibers composites (NFC), mechanical/micromechanical tests, interface, transcrystallization

L'équipe organisatrice remercie les participants
à cette édition 2010 du colloque des doctorants du LTDS
ainsi que toutes les personnes ayant participé
à son bon déroulement.

Hanène Souli
André Nicolas
Romain Ferre
Florian Brémond
Sébastien Besset