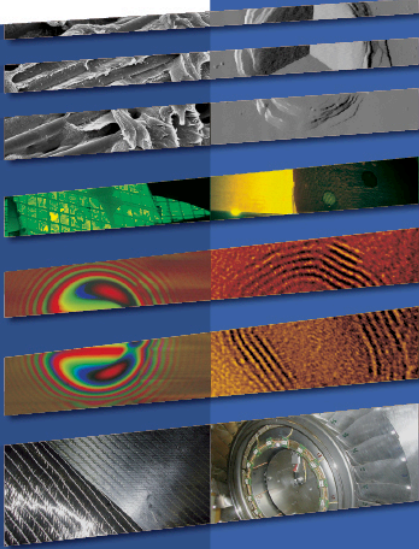


LTDS
Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes



Colloque des Doctorants

22 Novembre 2012
ECL _ Écully

Laboratoire de
Tribologie et
Dynamique des
Systèmes

LTDS UMR 5513



ÉCOLE CENTRALE LYON



<http://ltds.ec-lyon.fr>

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 2009 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, Isabelle, Hussein, Aurelien, Thibault, Fathia et Frédéric.

Denis Mazuyer, Directeur du LTDS,
Le 22 Novembre 2012

DÉROULEMENT DE LA JOURNÉE

13h30 : ACCUEIL (SALLE 103/104)

13h45 : INTRODUCTION (AMPHI. 1)

Deux sessions parallèles auront lieu (1 & 3 : Amphi. 1, 2 & 4 : Amphi. 1bis) :

SESSION 1 (AMPHI 1.) : GÉNIE CIVIL

Chairman : Romain Rieger

- 14h00 : Andrianatrehina, Études de comportement d'un matériau de barrage vis-à-vis de la liquéfaction
- 14h20 : Oetomo, Modélisation d'un mur de soutènement en pierre sèche par approche discrete
- 14h40 : Chabriac, Comportement hygrothermique des constructions à base de matériaux premiers : le pisé
- 15h00 : Chen, Modélisation du comportement mécanique des barrages en enrochements à masque amont en béton

SESSION 2 (AMPHI 1BIS.) : CONCEPTION & FABRICATION

Chairman : Frédéric Gillot

- 14h00 : Huang, Étude de l'influence des additifs sur la réagglomération lors du broyage
- 14h20 : Chomienne, Caractérisation de l'influence de l'intégrité de surface en tournage de l'acier 15-5PH sur la tenue en fatigue en flexion rotative.
- 14h40 : Faverjon, Étude de l'influence tribologique et thermique de la micropulvérisation d'huile en usinage de pièces aluminium sur la qualité géométrique des pièces prismatiques produites sur centre d'usinage à grande vitesse.

PAUSE CAFÉ (salle 103/104)

SESSION 3 (AMPHI 1.) : DYNAMIQUE

Chairman : Julien Scheibert

- 15h40 : Grolet, Une étude sur la dynamique des systèmes multicorps en interaction non linéaire
- 16h00 : Andreev, Dynamic analysis of rotor-stator interactions in turbomachineries' bladed disks
- 16h20 : Mesticou, Transport des particules réactives en suspension en milieux poreux : approche expérimentale et modélisation

SESSION 4 (AMPHI 1BIS.) : SURFACES

Chairman : Elise Contraires

- 15h40 : Belaud, Nanostructuration de surface par impulsions laser ultra-brèves. Application à la fonctionnalisation des interfaces de couches minces
- 16h00 : Eymard-Sandjeu, Scléro-topométrie sur fonte sphéroïdale en régime de lubrification limite appliquée à l'étude de la valorisation des huiles usagées
- 16h20 : Ernesto, Optimisation des contacts lubrifiés en présence de surfaces revêtues DLC et Diamant. Application à la zone Segment-Piston-Chemise

ETUDES DE COMPORTEMENT D'UN MATÉRIAU DE BARRAGE VIS-À-VIS DE LA LIQUÉFACTION

Livah Andrianatrehina (ndriamihaha-livah.andrianatrehina@enise.fr)
Encadrant(s) : Hanène SOULI, Joël RECH

Les géotechniciens cherchent toujours à rallonger la durée de vie des ouvrages du génie civil. Par exemple dans le cas d'un barrage en terre, la migration des fines sous l'effet d'une charge hydraulique ou mécanique provoque l'hétérogénéité du matériau le constituant. Ces changements conduisent à l'instabilité globale de l'ouvrage. A cet effet, le barrage ne pourrait plus assurer son rôle et sa durée de vie serait réduite d'une manière considérable.

Dans le cadre de ce travail, une étude de la stabilité de matériaux granulaires lors des essais triaxiaux a été effectuée. Neuf matériaux sont reconstitués. Cinq parmi eux ont une granulométrie continue et sont classés selon le critère de stabilité de Kenney & Lau (1985, 1986) [1] [2] comme des matériaux stables. Les autres ont une granulométrie discontinue et sont classés par ces auteurs comme des matériaux instables. Pour les essais granulométriques, les matériaux sont compactés à des densités relatives de 90 et 50%. Après ces essais, les échantillons sont repartis en 3 couches et des mesures granulométriques sont effectués sur chaque partie, la stabilité est étudiée en comparant la granulométrie de ces couches à celles des échantillons de départ.

Dans le cadre de cette présentation, l'accent sera mis sur la stabilité des échantillons après les essais triaxiaux, différents critères de stabilité seront discutés. Les résultats des essais ne seront pas présentés.

La stabilité, après les essais triaxiaux, est discutée en utilisant des critères comme Kezdi (1979) [3], USACE (1953)[4], Burenkova (1993)[6]. Les résultats mettent en évidence les limites des critères de stabilité existant actuellement dans la littérature et la nécessité de mieux comprendre les mécanismes impliqués dans le mouvement des particules dans le sol. Les conditions dans lesquelles se trouvent les matériaux étudiés devraient être aussi pris en compte pour l'évaluation de la stabilité puisque leur sévérité dans un essai comme le triaxial pourrait influencer les résultats. Enfin, les études de stabilité montrent que la combinaison des critères de Kenney & Lau (1985, 1986) et de Kezdi (1979) est la méthode la plus appropriée, pour l'instant, parmi eux.

[1] Kenney T.C. & Lau D. (1985). - Internal stability of granular filters, Canadian Geotechnical Journal, 22 : 215-225.

[2] Kenney T.C. & Lau D. (1986). - Internal stability of granular filters : reply, Canadian Geotechnical Journal, 23 : 420-423.

[3] Kezdi A. (1979). - Soil physics - selected topics. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, 160 p.

[4] USACE. (1953). - Filter Experiments and Design Criteria. Technical Memorandum No. 3-360. Waterways Experiment Station, Vicksburg.

Objectifs scientifiques : Evaluation de l'impact de la migration des fines sur le comportement mécanique d'un matériau

Objectifs industriels : Etude d'un matériau de remplacement pour des barrages en terre appartenant à EDF sur la rivière Rhône

Mots clefs : internal stability, triaxial tests, stability criteria, soil

ETUDE DE L'INFLUENCE DES ADDITIFS SUR LA RÉAGGLOMÉRATION LORS DU BROYAGE

Xixi HUANG (xixi.huang@ec-lyon.fr)

Encadrant(s) : Sandrine BEC (LTDS), Jean COLOMBANI (LPMCN)

Partenariat industriel : CARNOT

Depuis des siècles, le procédé de broyage est une opération industrielle courante pour obtenir des particules fines. Bien qu'étant très répandu, le rendement énergétique du broyage reste toujours faible, entre 1 et 5%. Lorsque la taille des particules devient faible (typiquement inférieure à quelques dizaines de microns), les forces macroscopiques comme la gravitation deviennent négligeables, mais d'autres forces à plus courte portée ou forces de contact dominant.

Les forces adhésives potentiellement impliquées dans l'agglomération et la désagglomération sont les forces de Van der Waals, les forces électrostatiques, les forces capillaires et leurs corollaires tels que la formation de ponts liquide ou solides [1]. Ces forces dépendent fortement de l'environnement dans le broyeur (température, humidité) ainsi que des agents de mouture utilisés. Dans ce travail, nous nous intéressons d'abord à un aspect peu étudié jusqu'à maintenant : l'influence des particules très fines (quelques microns) sur la réagglomération. D'après les travaux de Restagno et al [2], la présence de particules fines dans un milieu granulaire change la surface spécifique du matériau et peut modifier la géométrie ou les propriétés des contacts (angle d'avalanche). Ces phénomènes sont étudiés par des expériences en tambour tournant. Nous nous intéressons par la suite un rôle des agents de mouture sur la cohésion du milieu granulaire constitué par le broyat.

[1] Ludmilla Opoczky, Powder Technology No.17(1977) 1-7

[2] F. Restagno, C. Ursini, H. Gayvallet, E. Charlaix, Phys. Rev. E No.66 (2002), 021304

Objectifs scientifiques : Compréhension du phénomène d'agglomération, Développement de modèle de prédiction l'influences des particules fines sur l'évolution d'angle d'avalanche

Objectifs industriels : Optimisation du rendement énergétique du broyage

Mots clefs : Broyage, tambour tournant, angle d'avalanche

NANOSTRUCTURATION DE SURFACE PAR IMPULSIONS LASER ULTRA-BRÈVES APPLICATION À LA FONCTIONNALISATION DES INTERFACES DE COUCHES MINCES

Vanessa Belaud (vanessa.belaudl@ec-lyon.fr)

Encadrant(s) : Stéphane BENAYOUN, Stéphane VALETTE, Guy STREMSDOERFER

Partenariat industriel : Ministère

L'utilisation de polymères comme le Polypropylène rencontre un intérêt croissant dans le domaine industriel du fait de leurs propriétés mécaniques, de leur tenue dans le temps et de leur coût. Deux types d'applications sont envisagés dans cette étude : l'électroformage [1] et la galvanoplastie [2] (métallisation de polymère). Toutes deux sont conditionnées par la maîtrise de l'Adhérence. On cherche en effet dans le cas de l'électroformage à minimiser cette adhérence et au contraire à l'augmenter en galvanoplastie.

La notion d'adhérence repose principalement sur trois théories : l'adhésion mécanique, l'adhésion chimique et l'adhésion thermodynamique [3]. Ces théories sont intimement liées à la topographie et à la chimie de surface. Afin de modifier la surface des polymères et répondre à ces deux types d'application, un laser à impulsions ultra-brèves (femtoseconde) a été utilisé dans cette étude. Il permet à la fois un contrôle de la topographie de surfaces générées [4], et de la chimie de surface [5] par le biais des paramètres laser sélectionnés. Afin de mieux comprendre l'influence de ces paramètres sur l'interface du polymère, parallèlement à leur élaboration, les topographies multi-échelles des microstructures sont caractérisées par MEB et interféromètre optique (Figure 1). De plus, la structure de la microcouche texturée est étudiée au moyen de la diffraction des rayons X ainsi que par XPS et Raman. Les propriétés de mouillage sont déterminées par la méthode de la goutte posée (Figure 1) alors que l'adhérence est caractérisée par un test normé de type "Pull-Test". Une analyse statistique entre ces observations et les paramètres laser de texturation est proposée.

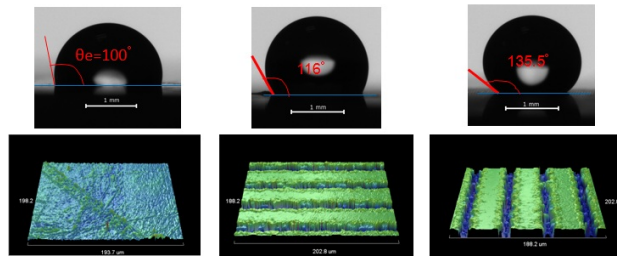


FIGURE 1 – Influence de la texturation sur l'angle de mouillage.

[1] Electroformage, technique de l'ingénieur, 2012

[2] Métallisation des plastiques - préparation par voie chimique, technique de l'ingénieur, 2009

[3] Darque-ceretti e., felder e., adhésion et adhérence, sciences et techniques de l'ingénieur, cnrs edition, 2003

[4] Baudach s., bonse j., kautek w., ablation experiments on polyimide with femtosecond laser pulses, appl. phys. a 69, s395-s398, 1999

[5] Wang z. k., zheng h. y., lim c. p., lam y. c., polymer hydrophilicity and hydrophobicity induced by femtosecond laser direct irradiation, Applied Physics Letters 95, 111-110, 2009

Objectifs scientifiques : Comprendre et contrôler l'interaction laser-polymère et les propriétés de surfaces induites (mouillabilité, adhérence)

Objectifs industriels : Modification de la topographie de surface d'un polymère pour des applications diverses tels que l'électroformage et la galvanoplastie

Mots clés : laser femtoseconde, impulsions ultra-brèves, mouillabilité, adhérence, électroformage, galvanoplastie, topographie multi-échelle, rugosité, polymère, analyse statistique

MODÉLISATION DU COMPORTEMENT MÉCANIQUE DES BARRAGES EN ENROCHEMENTS À MASQUE AMONT EN BÉTON

Yuguang CHEN (yu-guang.chen@edf.fr)

Encadrant(s) : Eric VINCENS, Francesco FROIO, Jean-Jacques FRY

Le barrage en enrochement à masque amont (CFRD) est l'un des types des barrages les plus couramment utilisés car moins exigeant pour les propriétés des fondations que d'autres solutions technologiques, la rapidité et le coût de construction relativement faible, une grande stabilité et sa résistance remarquable au séisme. Ces dernières années, le nombre de CFRD en construction ou en projet est en nette augmentation. Cette tendance devrait se poursuivre à l'avenir. Le plus grand CFRD a déjà atteint 233 m à Shuibuya en Chine. Cependant, des fissures sur le masque amont en béton ont été souvent observées sur un certain nombre de grands CFRD (Tianshengqiao-1, Aguamilpa, Campos Novos, Barra Grande, Mohale) attirant l'attention sur les limites de la conception traditionnelle basées principalement sur l'expérience et le jugement d'ingénierie.

Une modélisation numérique des grands CFRD a été entreprise pour mieux comprendre les pathologies observées sur ces ouvrages récemment construits, principalement des fissures horizontales et verticales sur le masque amont en béton en phase de construction et de mise en eau. Le but de cette modélisation est ensuite de confirmer, préciser ou compléter les solutions proposées par les experts pour éviter ces désordres.

D'abord, une loi de comportement développée au sein d'EDF-CIH appelée L&K-Enroch a été présentée. Il s'agit d'un modèle élastoplastique qui prend en compte les déformations irréversibles de l'enrochement sous sollicitation déviatorique et isotrope dans les grands CFRD. Cette thèse propose aussi une méthode de calage des paramètres de ce modèle.

Deux modélisations des barrages sont également présentées dans cette thèse afin de vérifier la fiabilité de la loi de comportement L&K-Enroch et de mieux comprendre les sur le masque amont en béton du CFRD. La modélisation en déformation plane (2D) est d'abord entreprise et a comme support le barrage d'Aguamilpa (180,5 m), au Mexique. Une modélisation plus poussée en 3D prenant en compte de l'effet de la vallée est ensuite entreprise. Elle a comme support le barrage de Mohale (145 m) au Lesotho. La modélisation en 3D considère également le zonage, la séquence de construction, ainsi que l'interface entre la fondation et le remblai, celle entre la plinthe et le masque et celle entre le remblai et le masque.

L'effet d'échelle de l'enrochement est également étudié en comparant les résultats de simulation pour les matériaux de différentes tailles. L'impact de l'effet d'échelle sur le comportement du barrage est aussi analysé.

Les simulations présentées en 2D et 3D sont une contribution à l'analyse du comportement mécanique des grands CFRD. Les résultats de la modélisation 2D montrent généralement une bonne correspondance avec les mesures in-situ. La modélisation 3D explique, d'une manière plus convaincante, l'apparition des fissures sur le masque amont en béton des CFRD : trois types de fissures sont identifiés lors de la construction et de la mise en eau. Certaines mesures constructives sont finalement proposées afin de limiter ou d'éviter ces désordres dans le masque.

[1] Cao K. et Al. "Concrete Face Rockfill Dam", China Water Power Press, 2008.

[2] Chen Y. et Al. "Numerical Analysis of High CFRD Using an Elastoplastic Constitutive Model", International symposium on dams for a changing world, ICOLD 2012 Kyoto.

[3] Frossard E., "Matériaux granulaires du génie civil : - Avancées récentes dans la physique de leur comportement, - Application pratiques aux ouvrages Du sol à l'ouvrage : une vision multi-échelles de la géomécanique, Ouvrage collectif ũ sous la direction de P.Y. Hicher et E. Flavigny", Hermes-Sciences Publication, Paris, 2010.

[4] Laigle F., "Modèle Conceptuel pour le Développement de Lois de Comportement adaptées à la Conception des Ouvrages Souterrains", Thèse de Doctorat (LTDS), ECL, 2004

[5] Marachi N. D., Chan C. K., Seed H. B., Duncan J. M., "Strength and deformation characteristics of rockfill materials", Report No. TE-69-5 to State of California department of water resources, Department of civil engineering institute of transportation and traffic engineering, University of California- Berkeley, 1969.

Objectifs scientifiques : Valider des outils d'analyse du comportement des barrages à masque amont

Objectifs industriels : Expliquer les fissures sur les masques amont des barrages en enrochements et comment s'en prémunir

Mots clefs : Grand barrage CFRD, enrochement, pathologie, fissures, analyse numérique, loi de comportement, effet d'échelle

OPTIMISATION DES CONTACTS LUBRIFIÉS EN PRÉSENCE DE SURFACES REVÊTUES DLC ET DIAMANT. APPLICATION À LA ZONE SEGMENT-PISTON-CHEMISE

André Ernesto (andre.ernesto@ec-lyon.fr)

Encadrant(s) : Denis MAZUYER, Juliette CAYER-BARRIOZ

Partenariat industriel : Partenariat industriel : IREIS (anciennement HEF R&D)

Le moteur à explosion, utilisé dans l'automobile est en perpétuelle évolution pour des raisons économiques et écologiques. Afin de diminuer les consommations de carburant et émissions polluantes, l'un des axes étudiés est la réduction des pertes mécaniques par frottement du moteur qui constituent 15 à 20% de la consommation totale d'énergie du moteur. 50% de ces frottements proviennent des contacts segment piston chemise et de la liaison maneton bielle coussinet [Figure 2]. De ce fait la compréhension de la tribologie de ce contact, l'optimisation et le vieillissement des lubrifiants deviennent primordiaux. Pour pouvoir satisfaire l'ensemble de ces exigences, une nouvelle solution de rupture est envisagée : le couplage d'un revêtement de carbone fonctionnel (DLC) et d'un lubrifiant Low SAPS optimisé pour ce type de revêtement.

La compréhension des mécanismes de lubrification en régime stationnaire et transitoire intégrant les interactions entre surfaces fonctionnelles carbonées et additifs de lubrification, l'analyse de l'impact des surfaces DLC et du vieillissement des lubrifiants a été initiée, d'une part sur la formation de film lubrifiant du régime élastohydrodynamique au régime limite et d'autre part, sur les mécanismes de friction associés.

Les premiers résultats montrent que l'épaisseur de film lubrifiant est gouvernée par la viscosité du lubrifiant indépendamment des surfaces. De plus, dans le cas de l'huile vieillie, une épaisseur moindre est mesurée aux faibles vitesses d'entraînement. Le comportement tribologique du film lubrifiant interfacial a ensuite été étudié pour une cinématique de glissement pur : un phénomène d'agrégation des suies, fonction des surfaces, apparaît. Une corrélation entre surfaces, agrégation, cinématique des agrégats au sein de la zone haute pression et évolution transitoire de la force de friction associée est mise en évidence.

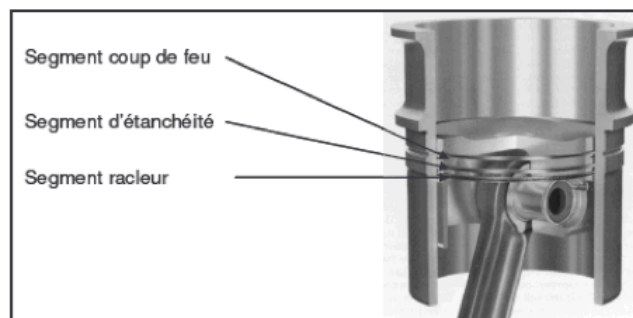


FIGURE 2 – Schématisation de la liaison maneton bielle coussinet

Objectifs scientifiques : Identifier les mécanismes de lubrification du contact segment chemise et en particulier comprendre l'influence du couplage additif, surface et matériau dans les différents régimes de lubrification du contact SPC.

Objectifs industriels : Économiser 50% de l'énergie dissipée par le frottement dans la zone SPC (réduction conséquente de la consommation globale du véhicule, environ 2,5%).

Mots clefs : Contact SPC, lubrification du régime mixte au régime élastohydrodynamique, huiles vieilles, suies, surfaces DLC

COMPORTEMENT HYGROTHERMIQUE DES CONSTRUCTIONS À BASE DE MATÉRIAUX PREMIERS : LE PISÉ

Pierre-Antoine Chabriac (pierre-antoine.chabriac@entpe.fr)

Encadrant(s) : Eric VINCENS

La terre crue est utilisée par l'homme pour la construction de son habitat depuis la nuit des temps. Plusieurs techniques ont vu le jour et ce sont modernisées au fil des siècles. En région Rhône-Alpes, le mode constructif le plus fréquemment rencontré est le pisé. Il s'agit d'une technique millénaire qui consiste à damer des lits de terre entre des banches. On estime que la majorité des habitations construites avant 1947 dans cette région sont en pisé, ce qui représente un patrimoine vernaculaire unique. Dans le cadre de la réglementation thermique actuelle, se pose aujourd'hui la question de l'isolation du pisé - question aujourd'hui sans réponse claire faute de connaissances et de repères scientifiques sur les caractéristiques du pisé. Mes travaux de thèses s'attachent donc principalement à qualifier ces caractéristiques qui lui permettent :

1. de réguler l'humidité relative (sorption/désorption).
2. d'absorber et de stocker la chaleur du soleil afin de la restituer avec un déphasage.
3. d'être lieu de changement de phase de l'eau (condensation/évaporation) en son sein.

L'association de ces caractéristiques est appelée " couplage hygrothermique ", i.e. une relation entre chaleur et humidité qui s'influencent mutuellement faisant ainsi varier certains paramètres dans le temps (par exemple la conductivité thermique). Ce couplage peut être modélisé par les équations de Philip et DeVries (1947). Afin de mettre en évidence les effets du couplage hygrothermique, nous avons modifié puis placé des capteurs de teneur en eau, d'humidité relative et de température dans les murs d'une habitation neuve en pisé située en Isère. Ces sondes vont nous fournir des données sur le comportement hygrothermique du pisé en condition de service sur plusieurs années. Equipées des mêmes capteurs, des maquettes dans des enceintes isolées nous permettent de contrôler les conditions aux limites afin et, dans un premier temps, de modéliser des comportements hygrothermiques simples et maîtrisés.

Chaque terre est unique et possède ses propriétés intrinsèques, mais aussi de mise en œuvre. Il apparaît donc vain de chercher à définir des valeurs caractéristiques uniques et fixes (conductivité, perméance,...) pour ce matériau, comme il est usuel de le faire dans les calculs de thermiques dits "classiques". L'objectif est donc ici de modéliser ces transferts hygrothermiques grâce à des logiciels de simulations dynamiques (comme WUFI) afin de confronter le modèle à l'expérience puis de vérifier la pertinence des calculs thermiques dynamiques par rapport aux calculs statiques pour ce matériau. Ceci permettra, à terme, de faire des propositions pour l'adaptation des règlements afin de conserver ce patrimoine unique car l'expérience à montrer qu'une isolation inadaptée à ces constructions pouvait entraîner des défauts structurels importants pouvant conduire à l'effondrement du bâtiment.

TRANSPORT DES PARTICULES RÉACTIVES EN SUSPENSION EN MILIEUX POREUX : APPROCHE EXPÉRIMENTALE ET MODÉLISATION

Zyed Mesticou (mesticou@enise.fr)

Encadrant(s) : *Philippe DUBUJET, Mariem KACEM*

Dans les sols et les aquifères naturels, on trouve une multitude de variété de micro et nano particules (silice, argiles, oxydes, bactéries...). Ces matières en suspension jouent un rôle déterminant dans la contamination des milieux poreux saturés. En effet, elles peuvent jouer le rôle de véhicule des polluants inorganiques et inorganiques si elles sont transportées facilement dans l'écoulement ou au contraire devenir un frein à la migration des polluants organique et inorganique dans le cas de dépôt et du colmatage du milieu poreux. Plus encore, ces matières peuvent interagir sous l'influence des effets physico-chimiques avec le squelette granulaire dans le cas d'une interaction favorisant la capacité de rétention ou de relargage ainsi modifier ses caractéristiques mécaniques à la suite du dépôt des particules. En effet, une variation du pH ou de la force ionique de la suspension en écoulement peut favoriser ces phénomènes ([1], [2], [3]). Sous des conditions environnementales, les milieux poreux et les particules en suspension sont chargés négativement. Les interactions électrostatiques influent alors directement sur les mécanismes de dépôt et de relargage. Particulièrement les auteurs ont confirmé qu'une augmentation de la force ionique favorise le phénomène de dépôt sous des conditions hydrodynamiques constantes et à des valeurs typiques de pH ([1], [2], [4]). Dans ce cadre, on s'est intéressé à modéliser, comprendre la dynamique du transport et du dépôt des microparticules à travers une texture poreuse en tenant en considération les effets physico-chimiques en particulier la force ionique. Dès lors, on a réalisé des essais expérimentaux en s'appuyant sur un dispositif mis en place dans notre laboratoire. On a vérifié l'influence de la force ionique de la suspension sur les phénomènes de dépôt et de relargage ainsi le colmatage dans le cas des longues injections des microparticules de silice à travers une texture de sable saturée. En effet, une croissance de la force ionique entraîne des taux de dépôt importants et une variation de la perméabilité du milieu. Cette croissance du taux de rétention est en réalité le résultat de la diminution de l'amplitude des interactions répulsives de la double couche et ainsi on marque une diminution de la hauteur de la barrière énergétique comme la force ionique augmente. En outre, à des fortes forces ioniques, la barrière énergétique est éliminée, c-à-d, on se rapproche du cas où les interactions de la double couche sont absentes, on parle de dépôt favorable. Dans le cas contraire, le dépôt est dit défavorable. En outre, on a élaboré un modèle numérique afin de prévoir la dynamique du transport des particules qui sera validé sur des essais expérimentaux monotones et complexes réalisés pour des injections à court terme. On a proposé des cinétiques de premier ordre de dépôt et de relargage basées sur des relations fonctionnelles entre les paramètres du modèle et la force ionique de la suspension.

[1] M.Elimelech, J. Gregory et X. et R. A. Jia.Williams. *Particle Deposition and Aggregation : Measurement, Modeling, and Simulation*, Langmuir, (1995).

[2] K. C.Khilar et H. S. Fogler. *Migration of Fines in Porous Media*, Kluwer Academic Publishers, (1998).

[3] S.Hong et M. Elimelech. *Chemical and physical aspects of natural organic matter (NOM) fouling of nanofiltration membranes*, Journal of Membrane Science, N.132, p159 - 181, (1997).

[4] D.Grolimund et M. Borkovec. *Long Term Release Kinetics of Colloidal Particles from Natural Porous Media*, Environmental Science and Technology, N.33, p4054 - 4060, (1999).

Mots clefs : Microparticules en suspension, milieux poreux saturée, force ionique, transport, dépôt, colmatage, relargage, modèle numérique

MODÉLISATION D'UN MUR DE SOUTÈNEMENT EN PIERRE SÈCHE PAR APPROCHE DISCRETE

James-Jatmiko OETOMO (joetomo@ec-lyon.fr)

Encadrant(s) : Eric VINCENS, Jean-Claude MOREL

L'absence de réglementation sur la construction en pierre sèche a entraîné l'abandon de cette technologie de construction. L'objet du projet national PEDRA et RESTOR dans lequel s'insère ce travail est de proposer des solutions d'études utilisant des outils sophistiqués avant d'en déduire des règles de dimensionnement simplifiées.

Deux différents types de rupture existent dans le mur en pierre sèche : 1. Une poussée horizontale excessive due au talus, la rupture qui s'en suit est par renversement ou par glissement. Ces ruptures de type déformation plane seront étudiées par un modèle 2D ; 2. Un effort concentré en tête de talus qui va se matérialiser dans les blocs par des contraintes tangentielles longitudinales et transversales décroissantes avec la distance à la charge. La rupture est obtenue par apparition d'un ventre. Cette rupture nécessite d'avoir recours à une modélisation 3D.

Nous utilisons la méthode aux Eléments Discrets permettant l'étude de la stabilité des murs de soutènement faits de blocs individuels, dans un premier temps appliqué sur le cas d'une rupture en déformation plane. Les blocs sont créés par assemblage de disques et le remblai par une succession de particules allongées. Dans un deuxième temps, la modélisation s'appuie sur un couplage discret (pour le mur) et continu (pour le remblai), qui permet un gain de temps de calcul substantiel. La validation des modèles s'appuie sur des expériences à l'échelle 1 réalisée par chargement hydrostatique et par poussée d'un talus pour le premier mode de rupture et par une pelle appuyant sur une plaque de surface normalisée en tête de talus pour le deuxième type de rupture.

[1] Villemus b., morel j.c., boutin c., " experimental assessment of dry stone retaining wall stability on a rigid foundation ", engineering structures, vol. 29, 2007, p. 2124-2132.

[2] Itasca consulting group, " pfc2d particle flow code in 2 dimensions - theory and background 4th ed.", november 2008

[3] Colas a.s., morel j.c., garnier d., " full-scale field trials to assess dry-stone retaining wall stability ", engineering structures, vol. 32, 2010, p. 1215-1222.

[4] Colas a.s., morel j.c., garnier d., " 2d modelling of a dry joint masonry wall retaining a pulverulent backfill ", international journal for numerical and analytical methods in geomechanics, vol. 34, n° 12, 2010, p. 1237-1249.

[5] mundell c., mcombie p., heath a., harkness j., " behaviour of drystone retaining structures ", proceedings of the institution of civil engineers structures and buildings, vol 163, n° 1, 2010, p. 3-12.

Objectifs scientifiques : 1.Permet de valider des modèles simplifiés pour l'ingénieur, 2.Permet d'optimiser la conception des murs via leurs dimensions géométriques, 3.Etudier l'influence de l'aléa des propriétés des blocs sur la réponse globale

Objectifs industriels : Produire des techniques d'expertise de la tenue de l'existant

Mots clefs : mur de soutènement, pierre sèche, élément discret, stabilité

ÉTUDE DE L'INFLUENCE TRIBOLOGIQUE ET THERMIQUE DE LA MICROPULVÉRISATION D'HUILE EN USINAGE DE PIÈCES ALUMINIUM SUR LA QUALITÉ GÉOMÉTRIQUE DES PIÈCES PRISMATIQUES PRODUITES SUR CENTRE D'USINAGE À GRANDE VITESSE.

Pierre Faverjon (pierre.faverjon@enise.fr)

Encadrant(s) : Joël RECH, René LEROY

Partenariat industriel : CIFRE

Après la fonderie, la production de moteurs se termine par usinage sur machine-outils. Ces systèmes de production utilisent une lubrification massive à base d'émulsion d'huile et d'eau. Ce fluide de coupe a pour principale fonction de maintenir les machines et les pièces en température constante afin de maîtriser leurs dimensions, mais aussi d'évacuer les copeaux et de limiter l'usure des outils coupants, notamment l'usure adhésive. Dans un même temps, ce fluide de coupe pose un certain nombre de problèmes dans le domaine sanitaire (ambiance de travail, allergies, etc.) ainsi que dans le domaine de la maintenance. En effet, tous les systèmes d'alimentation amont (pompes, réservoirs, climatiseurs, etc.) et aval (pompes, filtres, centrifugeuses, etc.) tombent régulièrement en panne et portent un préjudice important au rendement du moyen de production. Une voie d'amélioration est de supprimer cette lubrification massive au profit d'une micropulvérisation d'huile très locale dans la zone de coupe : MQL – Minimum Quantity Lubrication.

L'objectif de l'étude est d'analyser la compatibilité de ce process MQL avec les exigences de la grande série : qualité, temps de cycle, et coût de fabrication. L'apport scientifique de ce travail de thèse porte notamment sur les points suivants :

1. Étude de l'action tribologique de la micropulvérisation d'huile à l'interface pièce-outil-copeau
2. Modélisation des dérives dimensionnelles des pièces dues aux chargements thermiques induits par les opérations d'usinage
3. Détermination des modes d'usure des outils coupants dans cet environnement

L'étude présentée ici traite le premier point pour lequel des essais tribologiques ont été mis en œuvre afin de quantifier les phénomènes de frottement et d'adhésion matière à l'interface pièce-outil-copeaux.

Objectifs scientifiques : Maîtrise de la coupe, Modélisation des phénomènes thermiques, Maîtrise de l'usure

Objectifs industriels : Industrialiser la production d'une culasse automobile

Mots clés : MQL, microlubrification, usinage, frottement, collage, adhésion

CARACTÉRISATION DE L'INFLUENCE DE L'INTÉGRITÉ DE SURFACE EN TOURNAGE DE L'ACIER 15-5PH SUR LA TENUE EN FATIGUE EN FLEXION ROTATIVE.

Vincent Chomienne (email@ec-lyon.fr)

Encadrant(s) : Joël RECH, Catherine VERDU

Partenariat industriel : Institut Carnot I@L

Machining induces strong modification on surface characteristics such as roughness, residual stresses or microstructure. These parameters are commonly included in the terminology "surface integrity" (SI). It is well known that surface integrity plays a key role in the fatigue strength of metallic parts. However the influence of each parameter, independently of each other, is not well determined. The first contribution of this paper consists in showing how various manufacturing processes - such as turning and roller burnishing - can be combined in order to produce various engineered surface integrities.

Based on this know-how, a design of experiment has been built in order to manufacture engineered surfaces by varying each surface integrity parameters independently. Then each surface has been characterized using surface topography measurements, scanning electron microscopy (SEM) and electron back-scattered diffraction (EBSD) observations, and residual stress analysis (using X-ray diffraction according to the $\sin^2(\Psi)$ method). Thus it has been pointed out a method to vary surface integrity parameters independently.

Objectifs scientifiques : Maitrise de l'intégrité de surface produite

Mots clefs : Surface integrity, fatigue life, 15-5PH, machining

UNE ÉTUDE SUR LA DYNAMIQUE DES SYSTÈMES MULTICORPS EN INTERACTION NON LINÉAIRE

Aurélien Grolet (aurelien.grolet@ec-lyon.fr)
 Encadrant(s) : Fabrice THOUVEREZ
 Partenariat industriel : CIFRE SNECMA/ECL

This paper presents the use of the so called Proper Generalized Decomposition method (PGD) [1,2] for solving nonlinear vibration problems. PGD is often presented as an a priori reduction technique meaning that the reduction basis for expressing the solution is computed during the computation of the solution itself. In this paper, the PGD is applied in addition with the Harmonic Balance Method (HBM) [3,4] in order to find periodic solutions of nonlinear dynamic systems. Several algorithms are presented in order to compute nonlinear normal modes and forced solutions. Application is carried out on systems containing geometrical nonlinearity and/or friction damping. We show that the PGD is able to compute a good approximation of the solutions event with a projection basis of small size. Results are compared with a Proper Orthogonal Decomposition (POD) [5] method showing that the PGD can sometimes provide an optimal reduction basis relative to the number of basis components.

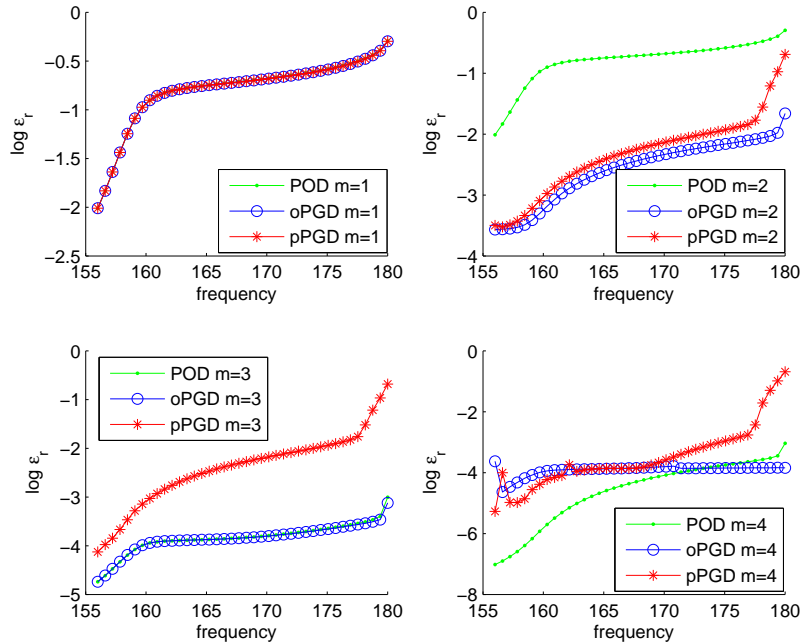


FIGURE 3 – Relative error form the reference solution (HBM) for POD, optimal PGD and progressive PGD, for a variables number of basis vectors ($m=1,2,3,4$)

- [1] A. Nouy. A priori model reduction through proper generalized decomposition for solving time-dependent partial differential equations. *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 199, p.1603-1626 (2010).
- [2] F. Chinesta, A. Ammar. Recent advance and new challenges in the use of the proper generalized decomposition for solving multi dimensional models. *Arch. Comput. Methods Engs*, 17, p.327-350 (2011).
- [3] K.Y. Sanliturk. Modelling two-dimensional friction contact and its application using harmonic balance method. *Journal of sound and vibration*, 193(2), p.511–523 (1996).
- [4] G. Groll, D. Ewins. The harmonic balance method with arc-length continuation in rotor stator contact problems. *Journal of sound and vibration*, 241(2), p.223-233 (2001).
- [5] G. Kerschen, J. Golinval, A. Vakakis, L. Bergman. The method of proper orthogonal decomposition for dynamical characterisation and order reduction of mechanical systems : an overview. *Nonlinear dynamics*, 41, p.147-169 (2005).

Objectifs scientifiques : Développer des techniques de réduction de modèle adaptées aux systèmes non linéaires dans le but de les résoudre efficacement par HBM, Mettre en place des techniques de recherches de solutions multiples pour les systèmes algébriques polynomiaux emmergeant de la HBM, ainsi que des techniques permettant de prédire la stabilité de ces solutions.

Objectifs industriels : Développer une méthodologie et un outil numérique permettant la prédiction des niveaux vibratoires d'une roue aubagées en présence de non linéarités.

Mots clefs : Nonlinear Dynamic ; Periodic Solutions ; Reduced Order Model ; Multiple Solution ; Stability Determination

DYNAMIC ANALYSIS OF ROTOR-STATOR INTERACTIONS IN TURBOMACHINERIES' BLADED DISKS

Andreev Fedor (fedor.andreev@ec-lyon.fr)

Encadrant(s) : Laurent BLANC, Fabrice THOUVEREZ, Alexander GOUSKOV

Partenariat industriel : CIFRE SNECMA/ECL

In modern turbomachines such as aircraft jet engines, improved energy efficiency is achieved by controlling the clearance between the blade-tips and stationary surrounding casings so that aerodynamic leaks are minimized. Unfortunately, these architectures drastically increase the risk of contact between the rotating blades and the casing. These contacts may occur during normal operation, due to the ageing of the engine, to slight unbalance or to operational loads (centrifugal or gyroscopic). They can also take place in extreme operating conditions that is to say at critical aerodynamical operating point. During these interactions, the structures may become unstable : instead of decreasing the vibration amplitudes with time - due to frictional dissipation of energy - the structures vibrate and maintain contact with increasingly strong amplitudes. Then, induced transient loads may exceed the limits of materials endurance and lead to severe engine damage.

Our work is focused on the rotor-stator interaction phenomena involving coupled physics, linked to contact with friction and aeroelastic interactions. The combination of the effects of friction, air loads and vibrations is what makes this problem difficult to resolve and clearly multi-physical in nature. Nonlinear dynamics constitute a key component of the analysis strategy since the combined effects of contact and gas flow are strongly nonlinear. Another keypoint with this type of problem lies in its multi-scale aspect, which extends from the very local (i.e. a problem involving interface contacts) to the most global (involving overall system dynamics). The approach thus entails making use of numerical simulation tools that offer a response to the multi-physical and multi-scale parameters tied to the envisaged problems. Study of the stability of the system will take into account the concept of complex nonlinear modes, already applied to friction and wear simulation in the DFD/D2S team. This strategy will include the non-unison character of vibration between different degrees of freedom of the system. In terms of aerodynamic problems we study an influence of labyrinth seals at the tip of the blade on stability of the system. Many researchers have shown that the presence of the labyrinth seals on the rotors can lead to the instability of structures under certain conditions. Having them on the turbine blades has been little studied. Even initial results obtained with a simplified model of the rotor and the stator show that their presence at the end of the blade leads to instability in some speed ranges.

Objectifs scientifiques : The purpose is to derive the main physical parameters involved in instabilities of rotor - stator interactions and vibration fatigue.

Mots clefs : Nonlinear dynamics, rotor/stator contact, aeroelastic interactions

SCLÉRO-TOPOMÉTRIE SUR FONTE SPHÉROÏDALE EN RÉGIME DE LUBRIFICATION LIMITE APPLIQUÉE À L'ÉTUDE DE LA VALORISATION DES HUILES USAGÉES

Stéphanie Eymard-Sandjeu (stephanie-eynard@ec-lyon.fr)

Encadrant(s) : Thomas MATHIA, Stéphane VALETTE

La scléro-topométrie permet de mieux cerner les mécanismes d'abrasion des matériaux, sous l'angle de la déformation et de l'usinage. Cette combinaison métrologique associe les efforts, s'exerçant sur une particule abrasive modèle, à la morphologie de la trace générée en présence d'un fluide. L'interface tri-phasique ainsi réalisée permet la métrologie des interactions abrasives, qui sont fonction des propriétés physico-chimiques, rhéologiques et morphologiques de la surface dans des conditions cinématiques définies. Dans cette étude des hydrocarbures neufs, usagés (pollué par les Polychlorobiphényles) et régénérés, ayant des propriétés physico-chimiques et rhéologiques proches, sont comparés sur une fonte à graphite sphéroïdale, matériau de frottement largement employé dans l'industrie du transport et de l'extraction de minerais.

Nous montrons que les paramètres classiquement pris en compte (charge normale, profondeur du sillon) ne permettent pas d'approfondir la connaissance des mécanismes d'abrasion. Une séquence de techniques d'analyse de surface (Microscopie électronique à balayage, microscopie optique et numérique, interférométrie 3D) est développée et combinée aux mesures des forces tangentielles et normales des essais. Cette séquence analytique permet la détermination du taux de déformation de la fonte ainsi que de l'énergie spécifique, par la mesure des volumes de matière déplacés. Cette étude a permis de mettre en évidence une potentielle nouvelle voie de revalorisation des huiles usagées dans l'usinage des métaux.

Objectifs scientifiques : Etude de la dégradation du liquide diélectrique dans les transformateurs basée sur la compréhension des mécanismes magnétiques, électriques, thermiques, mécaniques, tribologiques et physico-chimiques

Objectifs industriels : Optimisation des procédés de revalorisation des huiles industrielles usagées

Mots clefs : Scléro-topométrie, lubrification limite, revalorisation huile , déformation plastique

L'équipe organisatrice remercie les participants
à cette seconde édition 2012 du colloque des doctorants du LTDS
ainsi que toutes les personnes ayant participé
à son bon déroulement.

Hanène Souli
Isabelle Pletto
Hussein Amin-el-sayed
Aurelien Grolet
Thibault Lafont
Fathia Alkelae
Frédéric Gillot