

Séminaire LaMCoS 2007

Jeudi 11 janvier 2007
8h30 – 18h



Valpré Lyon

1 chemin de Chalin
BP 165
69131 Ecully Cedex
Tel : 04.72.18.05.05
www.valpre.com



Le jeudi 11 janvier 2007 aura lieu la **4^{ème} journée "séminaire LaMCoS"** qui aura lieu à Valpré. Cette journée débutera à 8h30 et se terminera vers 18h.

Cette journée comportera

1. Des présentations de thésards et des chefs d'équipe ;
2. Un repas et des pauses ;
3. Un temps de réflexion et bilan de cette journée avec des suggestions pour la version 2008.

12 doctorants (3 par équipe), soit en 2^{ème} ou 3^{ème} année, exposeront leur travaux de thèse, et les 4 chefs d'équipe présenteront les thématiques et l'organisation de leurs groupes suite à la fusion. Un programme prévisionnel se trouve en dernière page.

Cette journée est également l'occasion pour tout le laboratoire de se retrouver et partager un moment commun : **échanges** scientifiques, **discussions** en tous genres, **repas**, **galette** des rois, **photo** de groupe, ... Cet événement est l'une des trop rares occasions pour les membres du laboratoire de se rencontrer et de mieux se connaître. Ce sera également le premier événement regroupant tout le LaMCoS depuis la fusion.

De fait, **tout le labo est convié à la journée** : ITA, doctorants, chercheurs, ce qui représente environ 150 personnes.

La convivialité et la qualité des échanges de cette journée est l'affaire de tous.

Sébastien Baguet

Toutes les informations seront prochainement disponibles sur le site intranet du labo -> séminaires -> à venir -> 11 janvier 2007.



Journée LaMCoS 2005

Programme de la journée

8h30-9h	Accueil Café		
9h – 10h15 chefs d'équipe & doctorants	9h00 – 9h25	M. BRUNET	Présentation équipe MSE
	9h25 – 9h50	P. VELEX	Présentation équipe SMC
	9h50 – 10h15	G. ARIDON DCS1	Modélisation du déploiement d'un hexapode
10h15 – 10h40	Pause Café		
10h40 – 12h20 doctorants	10h40 – 11h05	D. GREGOIRE MSE1	Estimation précise des facteurs d'intensité des contraintes par corrélation d'images numériques pour la recherche de critères de rupture fragile en dynamique
	11h05 – 11h30	E. QUERLIOZ SMC1	Analyse de la durée de vie des mécanismes sous-alimentés en lubrifiant
	11h30 – 11h55	W. HABCHI TMI1	Sur le couplage du problème EHD modélisé par éléments-finis
	11h55 – 12h20	B. CHOMETTE DCS2	Contrôle modal actif de smart-structures embarquée à l'aide de composants piézoélectriques
12h20 – 12h40	Photo		
12h40 – 14h	Déjeuner		
14h – 16h05 doctorants	14h00 – 14h25	P. BADEL MSE2	Analyse méso-macro du comportement mécanique des renforts tissés de composites. Validation par tomographie
	14h25 – 14h50	N. BIBOULET SMC2	Influence des indents sur la durée de vie des roulements
	14h50 – 15h15	D. RICHARD TMI2	Thermique du contact glissant en présence de troisième corps « solide »
	15h15 – 15h40	L. BACHELET DCS3	Systèmes à équations paramétriques sous sollicitations aléatoires
	15h40 – 16h05	V. BOUCLY MSE3	Résolution du contact roulant / glissant par une méthode semi-analytique et applications
16h05 – 16h30	Pause Café		
16h30 – 17h50 doctorants & chefs d'équipe	16h30 – 16h50	G. SIKA SMC3	Etude du comportement dynamique d'engrenages sous régimes de vitesses variables
	16h50 – 17h10	A. MEZIANE TMI3	Approches fréquentielle et temporelle dans l'étude des instabilités de frottement responsables du crissement – validation expérimentale
	17h10 – 17h30	R. DUFOUR	Présentation équipe DCS
	17h30 – 17h50	Y. BERTHIER	Présentation équipe TMI
17h50 – 18h15	Discussions et clôture de la journée : A. Combescure		

Modélisation du déploiement d'un hexapode

Gwenaëlle ARIDON

Dynamique et Contrôle des Structures (DCS)
Dynamique des Rotors et des Structures (DRS)

Les nouveaux enjeux de l'activité spatiale se concentrent sur les structures déployables : elles offrent une réduction de volume et de masse pendant le lancement et de ce fait une agilité accrue lors de leur fonctionnement. Cependant l'exactitude et la stabilité dynamique du déploiement rendent leurs utilisations difficiles, notamment pour les applications optiques. Dans un souci d'optimisation des performances, la dynamique du déploiement doit être maîtrisée. Alcatel Alénia Space s'est basé sur l'architecture d'un hexapode pour concevoir un télescope déployable. L'étude concerne l'analyse de la stabilité dynamique de cette structure déployable. L'hexapode étudié est une forme de manipulateur parallèle, élément privilégié pour le positionnement d'instruments (mesures optiques, observations, panneaux solaires) grâce aux six degrés de liberté de la plateforme supérieure.

L'innovation réside dans l'utilisation d'actionneurs linéaires originaux pour le déploiement des jambes : Ils utilisent les propriétés de déformation élastique d'une lame métallique incurvée (à l'instar des mètres de mesure à ruban) enroulée autour d'une bobine par le biais d'une gorge hélicoïdale.



Hexapode déployé



Fig. 2 Actionneur linéaire à rubans

L'analyse du déploiement débute avec l'établissement d'un modèle de force de restitution caractéristique du comportement hystérétique d'un enrouleur. Il s'agit du modèle de Dahl généralisé dont les paramètres sont identifiés expérimentalement à partir de boucles forces-déflexion.

Ainsi, les six enrouleurs de l'hexapode sont représentés par six modèles phénoménologiques montés en parallèle pour simuler le déploiement de la plateforme. La résolution du modèle dynamique direct d'une plateforme de Stewart-Gough a fait couler beaucoup d'encre. La difficulté se situe dans la résolution de la formulation analytique du MDD en raison de la structure à géométrie fermée et des contraintes cinématiques. Trois approches principales peuvent être distinguées : Newton-Euler (considérant chaque pièce du robot comme sous-ensemble), le principe du travail virtuel (méthode rapide mais difficile à employer en raison des transformations de vitesse complexes), l'approche Lagrangienne (le calcul des dérivés partielles peut s'avérer laborieux).

Le modèle est développé sous SimMechanics avec Newton-Euler en utilisant le schéma d'intégration de Adams-Moulton (pas de temps adaptatif). Les simulations de déploiement sont comparées à celles obtenues par un modèle analytique basé une formulation matricielle tensorielle avec approche Lagrangienne. En conclusion, la méthode proposée emploie six modèles de forces de restitution pour simplifier la résolution grâce à la réduction du nombre de changement de repères. Ceci présente un avantage certain par rapport aux approches analytiques existantes.

L'élévation de la plateforme est sensible aux incertitudes de montage des enrouleurs. Une analyse de sensibilité permet de prédire l'influence des perturbations en vitesse et en effort sur les enrouleurs. Celle-ci, réalisée à l'aide des plans d'expériences, permet de déduire des recommandations sur le contrôle du déploiement de la structure ; il s'avère par exemple qu'une régulation des six enrouleurs apparaît indispensable.

Estimation précise des facteurs d'intensité des contraintes par corrélation d'images numériques pour la recherche de critères de rupture fragile en dynamique

David GREGOIRE

Mécanique des Solides et des Endommagements (MSE)
Intégrité sous Sollicitations extrêmes (ISE)

Les risques liés à la propagation sous impact de fissures sont encore très difficiles à estimer. D'une part, bien que de nombreuses expériences aient déjà été réalisées, l'obtention de résultats expérimentaux reste délicate, notamment si on cherche des conditions de chargement et de propagation particulières. D'autre part les outils de simulation numérique de propagation dynamique de fissure sont encore peu nombreux, difficiles d'emploi et intègrent des critères rudimentaires de propagation. Notre premier objectif a donc été de réaliser des expériences de propagation dynamique durant lesquelles la mixité du chargement varie et des arrêts de fissure se produisent. Ces expériences ont ensuite été reproduites par simulation numérique en utilisant la méthode des Éléments Finis Étendus (X-FEM) et les algorithmes retenus ont été validés par comparaisons avec les résultats expérimentaux. Nous disposons donc d'un couple expériences/simulations fiables afin de valider de nouveaux critères de rupture dynamique.

La difficulté principale dans la recherche de critères de rupture dynamique vient du fait que les grandeurs qui décrivent la rupture (typiquement les facteurs d'intensité des contraintes en rupture fragile) ne sont pas directement observables expérimentalement. Plusieurs travaux ont déjà été réalisés afin d'estimer l'évolution de ces grandeurs lors de la propagation dynamique de fissure, notamment à partir de méthodes optiques comme le Moiré ou les caustiques. Mis à part l'appareillage important et la mise en oeuvre fastidieuse imposés par ces méthodes, leur principal défaut reste que l'obtention n'est pas directe et est assujettie à la qualité du procédé optique.

Des travaux [MAI95] utilisant le principe de réciprocité ont permis de calculer les facteurs d'intensité des contraintes jusqu'à l'initiation. En ce qui concerne la phase de propagation, les méthodes basées sur la mesure globale des champs de déplacement par corrélation d'images numériques [SUT83] semblent être des plus prometteuses. Ces techniques sont maintenant assez classiques mais leur application à la rupture impose de nouveaux développements afin de localiser précisément le front de fissure (pré requis indispensable pour l'estimation précise des facteurs d'intensité des contraintes) et de calculer des champs intrinsèquement discontinus.

Notre objectif est donc d'améliorer la méthode de mesure de champs par corrélation développée par le LaMCoS [TOU97] afin de pouvoir calculer précisément les champs de déplacement de massifs fissurés dans le but d'obtenir une estimation précise des facteurs d'intensité des contraintes dans le cas d'essais de rupture dynamique sous chargement mixte.

[MAI95] MAIGRE H., RITTEL D. Dynamic fracture detection using the force displacement reciprocity: application to the compact compression specimen. International Journal of Fracture, vol. 73, p. 67-79, 1995.

[SUT83] SUTTON M.A., WOLTERS W.J., PETERS W.H., RANSON W.F., MCNEILL S.R. Determination of displacements using an improved digital correlation method. Image and Vision Computing. Vol. 1, 133-139, 1983.

[TOU97] TOUCHAL-MGUIL S. Une technique de corrélation directe d'images numériques: application à la détermination de courbes limites de formage et proposition d'un critère de striction, Thèse INSA-LYON, 1997.

Analyse de la durée de vie des mécanismes sous-alimentés en lubrifiant

Emmanuelle QUERLIOZ

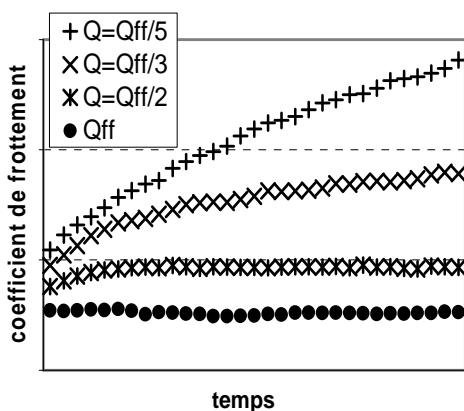
Systèmes Mécaniques et Contacts (SMC)
Contacts et Mécanismes (CM)

Durant les dernières années, les exigences industrielles dans le domaine de la conception mécanique sont devenues de plus en plus sévères en ce qui concerne les conditions de fonctionnement et la durée de vie dans la perspective de performances accrues. Les vitesses de fonctionnement, la charge et la température ont fortement augmenté, alors que la taille, le poids et le coût des mécanismes s'est réduit. Dans le cas des paliers à roulement, ceci se traduit par un nouveau mode d'endommagement dû à une épaisseur de film de lubrifiant insuffisante dans les contacts. Les défaillances sont aggravées lorsque le contact fonctionne en régime sous alimenté en lubrifiant. En effet, la sous alimentation conduit à des film de lubrifiant dans le contact beaucoup plus fins que ceux observés dans les cas sur-alimentés. Ce phénomène se produit par exemple dans les roulements dits « haute vitesse » ou ceux lubrifiés à la graisse, ainsi que dans les mécanismes fonctionnant avec un apport en lubrifiant limité (par exemple les boîtes de vitesses).

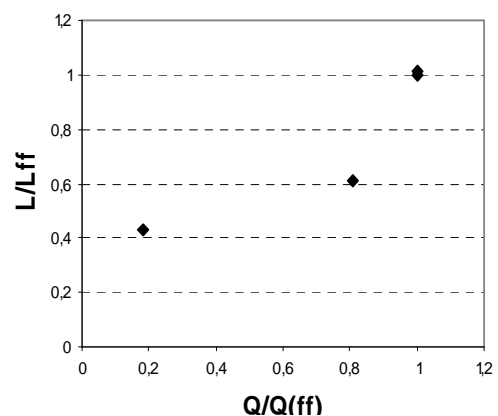
Des études théoriques et expérimentales de la sous alimentation ont été réalisées afin de prédire et d'améliorer la durée de vie des contacts. Les conditions de fonctionnement conduisant à de la sous alimentation sont aujourd'hui connues (vitesses élevées, haute viscosité, charge importante...) et l'épaisseur centrale de film en condition de sous alimentation peut être mesurée et calculée. Dans toutes ces études, la sévérité des conditions de lubrification est caractérisée par une quantité de lubrifiant limitée dans le convergent du contact.

Cependant, ces prédictions ne peuvent être faites que lorsque la quantité de lubrifiant disponible dans le convergent (hoil) est connue, ce qui n'est généralement pas le cas dans un mécanisme réel. De plus, le calcul de l'épaisseur de film n'est qu'une étape dans la conception d'un système lubrifié, le paramètre le plus important à déterminer étant la durée de vie. Il est donc indispensable d'arriver à prendre en compte les phénomènes de sous alimentation dans les calculs de durée de vie et de risque d'endommagement qui ont été développés jusqu'à maintenant sur la base des épaisseur de film des cas sur alimentés.

Cette étude sera partagée en deux parties. Tout d'abord, une nouvelle méthode expérimentale permettant de caractériser le paramètre hoil dans un mécanisme complet du type roulement à billes sera introduite. La deuxième partie de cette étude concerne des essais de durée de vie dans différentes conditions de sous alimentation, c'est-à-dire pour des débits de lubrifiant variables.



coefficient de frottement en fonction du temps pour différentes quantités de lubrifiant



durée de vie en fonction du débit de lubrifiant

Sur le couplage du problème EHD modélisé par éléments-finis

Wassim HABCHI

Tribologie et Mécanique des Interfaces (TMI)
Modèles de Lubrification et Lubrifiants (ML2)

Un contact élastohydrodynamique (EHD) est un contact lubrifié par un film complet de lubrifiant dans lequel la pression générée est suffisamment élevée pour engendrer une déformation considérable des surfaces en contact. Jusqu'à présent, la grande majorité des travaux numériques concernant la modélisation d'un contact EHD était basée sur des modèles découplés où le calcul élastique et le calcul hydrodynamique étaient réalisés séparément. De plus, une discrétisation des équations par différences finies était utilisée. Très peu d'auteurs tel que Oh et Rhode [1] ou Evans et son équipe [2] [3] [4] ont tenté de résoudre le problème couplé en utilisant une discrétisation par éléments-finis des équations correspondantes. Toutefois, leurs tentatives qui bien que réussies, étaient limitées par les temps de calcul énormes. Cela était dû au fait que le calcul élastique était toujours basé sur une approche de massifs semi-infinis. Par conséquent, le calcul intégral, qui liait chacun des points de discrétisation du problème à tous les autres points, donnait une matrice Jacobienne presque pleine. Cela menait à des efforts de calcul considérables.

Dans ce travail, on va présenter une nouvelle approche par éléments-finis du problème EHD couplé où les deux problèmes (élastique et hydrodynamique) sont résolus simultanément. Une nouvelle méthode pour le calcul élastique sera présentée. Cette dernière est basée sur un modèle de mécanique des solides en n^{D} . Elle est couplée à la résolution de l'équation de Reynolds en $n-1^{\text{D}}$ (avec $n=2,3$). Par comparaison avec les modèles classiques, on verra qu'un nombre relativement faible de degrés de liberté (ddl) est suffisant pour avoir une solution précise du problème. De plus, le taux de convergence est considérablement meilleur, sachant que quelques itérations seulement sont suffisantes pour atteindre la convergence globale de la solution. Finalement, dans le but de valider cette nouvelle approche, les résultats obtenus seront comparés aux résultats des modèles classiques.

Ainsi, on peut dire que dorénavant, la résolution numérique du problème EHD couplé ne sera plus coûteuse en temps de calcul puisqu'avec la nouvelle approche du problème élastique, chaque point de discrétisation du problème est uniquement lié à ses voisins, ce qui mène à une matrice Jacobienne assez creuse.

- [1] S.M. Rohde and K.P. Oh – Proc. R. Soc. Lond. A., 1975, Vol. 343, pp. 315-331.
- [2] Elcoate C.D., Evans H.P. and Hughes T.G. – Proc. Inst. Mech. Engrs., 1998, Vol. 212, Part C, pp. 307-318.
- [3] Evans H.P. and Hughes T.G. – Proc. Inst. Mech. Engrs., 2000, Vol. 214, Part C, pp. 563-584.
- [4] Holmes M.J.A, Evans H.P. Hughes T.G. and Snidle R.W. - Proc. Inst. Mech. Engrs., 2003, Vol. 217, Part J, pp. 289-303.

Contrôle modal actif de smart-structures embarquée à l'aide de composants piézoélectriques

Baptiste CHOMETTE

Dynamique et Contrôle des Structures (DCS)
Identification et Contrôle Actif (ICA)

La problématique du sujet se situe au niveau des systèmes électroniques embarqués à bord de véhicules divers, fusées, avion, missiles... Soumis à un environnement extérieur agressif, les composants électroniques présents sur ces systèmes sont fortement sollicités. Les sources de dommage sont multiples : température, humidité et vibrations. Le but du projet est d'augmenter leur durée de vie en contrôlant le niveau vibratoire de la structure à l'aide de patches piézoélectriques. Le sujet est ainsi à l'intersection de trois disciplines : le contrôle modal des vibrations, la modélisation et l'étude des matériaux intelligents communément appelés smart-materials.

L'environnement extérieur, de type fortement évolutif, contraint la stratégie de contrôle à adopter. Un contrôle de type robuste peut être nécessaire, mais sa robustesse se traduit par une baisse des performances. Une autre approche peut nécessiter l'emploi de méthodes d'identification en lien avec le contrôle pour réactualiser le modèle et appliquer alors un contrôle de type plus classique : Linéaire Quadratique.



Analyse méso-macro du comportement mécanique des renforts tissés de composites. Validation par tomographie

Pierre BADEL

Mécanique des Solides et des Endommagements (MSE)
Maîtrise de l'Elaboration des Pièces Mécaniques (MEPM)

La connaissance du comportement mécanique des renforts tissés est nécessaire dans de nombreuses applications, en particulier pour la simulation de la mise en forme des textiles techniques de composites. Ce comportement est très spécifique en raison des mouvements possibles entre les fibres et entre les mèches. L'analyse par éléments finis du comportement mécanique à partir de cellules élémentaires du renfort fait l'objet de cette présentation. Ces essais virtuels permettent d'éviter des expérimentations coûteuses et difficiles à réaliser. On retrouve deux aspects importants dans une analyse 3D par éléments finis de ce type. Tout d'abord les conditions aux limites doivent rendre compte de la périodicité du milieu en grandes déformations, et dans certains cas l'évolution des contacts entre mèches durant le mouvement. Ensuite les mèches qui sont constituées de plusieurs milliers de fibres sont modélisées comme un milieu continu dont le comportement devra traduire cette nature fibreuse. Pour cela une loi de comportement hypoélastique avec une dérivée objective spécifique est utilisée. Des résultats sont présentés pour deux types de cellules élémentaires. L'accord avec l'expérimentation est satisfaisant mais le choix de la cellule s'avère d'une importance certaine. Des observations par tomographie offrent un complément sur la validation de ces analyses.

Influence des indents sur la durée de vie des roulements.

Nans BIBOULET

Systemes Mécaniques et Contacts (SMC)
Contacts et Mécanismes (CM)

La durée de vie et la capacité à la prédire sont un enjeu essentiel pour l'industrie des roulements. Les conditions de fonctionnement peuvent varier énormément. Dans le cadre d'applications industrielles avec des roulements, les lubrifiants sont parfois pollués. Les particules présentes dans le lubrifiant passent dans le contact et déforment plastiquement les surfaces en créant des indents. Ces indents perturbent le champ de pression lorsqu'ils passent dans un contact et donc créent des surcontraintes dans le matériau occasionnant une fatigue accélérée. La forme de ces indents varie beaucoup suivant la taille des particules, leur nature et les conditions de fonctionnement. Dans ce travail une description paramétrée de l'indent est utilisée. L'objectif est d'étudier l'influence des conditions de contact (charge, vitesse, lubrifiant, ellipticité, glissement,...) et de la géométrie des indents sur les surpressions, les surcontraintes et finalement sur la durée de vie du contact indenté.

Ce travail se base sur la thèse de Sandrine Coulon qui avait étudié le contact sec indenté. Il s'agit ici d'étendre ce modèle aux contacts lubrifiés. Pour cela l'étude est menée dans le cadre des contacts EHL newtonien. L'étude se place dans le contexte de la fatigue à grand nombre de cycles. Les déformations de l'indent dans le contact restent dans le domaine élastique, mais occasionneront des fissures après un grand nombre de cycle de chargement. Un critère de type Ioannides & Harris est utilisé pour prédire le risque associé au champ de contraintes du contact indenté.

Plusieurs paramètres influencent les surcontraintes qu'introduit l'indent, la pente de l'indent, l'importance de l'épaulement entourant l'indent, les conditions de lubrification, ... Une des difficultés est la non-linéarité importante liée à la présence d'indent qui ont une profondeur importante par rapport à l'épaisseur de film de lubrifiant.

Thermique du contact glissant en présence de troisième corps « solide »

David RICHARD

Tribologie et Mécanique des Interfaces (TMI)
Frottement, Usure et Lubrification Solide (FULS)

Depuis les années 70, le concept de troisième corps, milieu à l'interface entre deux corps en contact (premiers corps), s'est progressivement imposé dans l'étude du frottement et de l'usure. En revanche, le confinement des contacts ainsi que la complexité rhéologique de ce troisième corps mènent à des impasses à la fois expérimentales (mesures in situ) et numériques (méthode des éléments finis) qui limitent la modélisation du comportement thermomécanique du contact. L'approche numérique par éléments discrets est une alternative qui permet de prendre en compte les fortes déformations du troisième corps en dynamique rapide et qui autorise les « mesures numériques » au sein même des volumes.

Si des corrélations significatives entre les données expérimentales post mortem et les sorties numériques du modèle existent, l'implémentation thermique à l'échelle du troisième corps n'avait pas encore vu le jour.

Ces travaux de thèse ont pour but de mettre en avant, à partir des propriétés cohésives et thermiques du troisième corps, l'ensemble des processus thermomécaniques qui entrent en jeu dans un contact avec troisième corps solide afin de déterminer les profils de températures caractéristiques dans le contact ainsi que les tendances qui gouvernent le partage de l'énergie entre les premiers corps.

Systemes à equations paramétriques sous sollicitations aléatoires

Lucie BACHELET

Dynamique et Contrôle des Structures (DCS)
Dynamique des Rotors et des Structures (DRS)

Ce travail présente différentes méthodes numériques permettant de prévoir le comportement dynamique de structures sous sollicitations aléatoires dont les équations du mouvement sont linéaires à termes paramétriques. Ces équations peuvent s'écrire par exemple sous la forme suivante :

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}}_t + \mathbf{C}\dot{\mathbf{x}}_t + [\mathbf{K} + \mathbf{K}^* g_t] \mathbf{x}_t = \mathbf{F}_t$$

où \mathbf{M} , \mathbf{C} , \mathbf{K} sont des matrices de masse, amortissement, raideur et \mathbf{F}_t est le vecteur des efforts externes. Ce vecteur est un processus aléatoire du second ordre stationnaire et ergodique. \mathbf{K}^* est une matrice de raideur pondérant la fonction paramétrique g_t .

Si la fonction g_t est harmonique, les équations du mouvement sont dites linéaires à coefficients paramétriques périodiques. La stabilité peut être étudiée via la théorie de Floquet appliquée aux équations homogènes. Pour le calcul de la réponse du système aux efforts externes, une simulation de Monte Carlo peut être envisagée. Cependant, bien qu'elle soit considérée comme étant la plus fiable et qu'elle fournisse de très bons résultats, cette méthode peut s'avérer extrêmement gourmande en temps de calcul. Pour contourner cet inconvénient, on propose ici une approche spectrale originale permettant d'obtenir directement la densité spectrale de puissance de réponse du système sans passer par une simulation du processus stochastique de l'excitation externe. Une application sur un rotor dissymétrique embarqué par un mouvement de translation aléatoire illustre et valide les méthodes numériques présentées ci-dessus.

Si la fonction g_t est un processus aléatoire, on parle d'équations du mouvement stochastiques. La théorie de Floquet ne peut plus alors être appliquée pour l'étude de la stabilité du système homogène. C'est pourquoi on propose ici de calculer le plus grand exposant de Lyapunov dont le signe permet de conclure sur la stabilité. Cette méthode est en quelque sorte une version stochastique de la théorie de Floquet. Concernant le calcul de la réponse du système, on considère uniquement une simulation de Monte Carlo car une méthode spectrale efficace en temps de calcul semble ici impossible à mettre en œuvre. Enfin, une application sur un rotor symétrique embarqué par un mouvement de rotation aléatoire vient illustrer les méthodes de calcul sus-mentionnées.

Résolution du contact roulant / glissant par une méthode semi-analytique et applications

Vincent BOUCLY

Mécanique des Solides et des Endommagements (MSE)
Maîtrise de l'Elaboration des Pièces Mécaniques (MEPM)

Par rapport aux méthodes éléments finis (FEM), les méthodes semi-analytiques (SAM) permettent de calculer rapidement le contact vertical ou roulant/glissant dans des configurations complexes. Le théorème de réciprocité de Betti est utilisé, ainsi que diverses méthodes numériques accélératrices comme le gradient conjugué (CGM), la convolution discrète par transformée de Fourier rapide (DC-FFT), le return-mapping avec prédicteur élastique et correcteur plastique, etc... Il est possible d'imposer soit une charge, soit un déplacement (interférence), de considérer une loi d'érouissage quelconque, et de prendre en compte des contraintes résiduelles initiales et un érouissage initial, introduit par le passage d'un débris dans le contact, ou par un traitement subi par le matériau. Les applications sont nombreuses ; seront succinctement développés : une modélisation du contact thermo-élasto-plastique, un modèle de rodage et d'usure basé sur un critère plastique, ainsi qu'un modèle de collision entre aspérités.

Etude du comportement dynamique d'engrenages sous régimes de vitesses variables

Guillaume SIKA

Systèmes Mécaniques et Contacts (SMC)
 Contacts et Mécanismes (CM)

Les engrenages sont à l'heure actuelle les mécanismes de transmission de puissance les plus utilisés dans le monde industriel. L'étude de leur comportement, aussi bien statique que dynamique, se révèle nécessaire afin de s'assurer de la tenue en fonctionnement. La plupart des régimes de fonctionnement sont des régimes établis, c'est-à-dire sans évolution de vitesses. Or dans certains domaines, notamment des transports et de l'automobile en particulier, celles-ci varient constamment. Quand bien même les besoins de l'utilisateur ne sont pas ressentis (ex : conduite à une vitesse fixe pour une automobile), il existe des variations de vitesse dues au moteur (acyclisme du au nombre de pistons pour le moteurs à explosion, de pôles pour les moteurs électriques).

Un effort important est porté actuellement sur la réduction de la perception sonore des vibrations, aussi bien dans le domaine des transports (automobiles) que dans le domaine militaire (sous marin), vibrations causées principalement par le groupe motopropulseur. Celles-ci peuvent être atténuées par divers dispositifs placés après la source rayonnante, ce qui constitue un traitement curatif du problème. Afin d'éviter cela, il est nécessaire de comprendre l'origine de ces vibrations, en particulier étudier mécaniquement la source rayonnante causée par les engrenages. De plus, cette étude permet de prédire la tenue mécanique des engrenages. C'est dans ce cadre industriel que prend place ce travail, avec comme objectif de fournir des modèles de comportement prédictifs sur le niveau vibratoire des engrenages, et d'étudier l'influence des paramètres des acyclismes moteurs couplés à ceux des géométries de ces engrenages.

Le travail présenté lors de ce séminaire est l'étude du comportement dynamique des engrenages sous régime variable, notamment sous ce régime d'acyclisme. Nous présenterons tout d'abord le modèle simple d'engrenages mit en place, avec prise en compte de non linéarité de contact et notamment les chocs de denture. Une nouvelle définition de la variation de la raideur d'engrènement sera également abordée.

A partir de ces nouveaux modèles, une étude originale sur la stabilité d'un couple d'engrenages sera exposée, démontrant l'influence des caractéristiques du moteur sur le comportement dynamique, notamment le nombre de pistons. Cette étude, se basant sur des développements mathématiques simples, permet de définir des zones dangereuses de fonctionnement du couple d'engrenages d'un point de vue tenue mécanique.

Nous terminerons la présentation en présentant brièvement les modèles de résolution analytique développés permettant des études paramétriques. Quelques résultats numériques de réponses dynamiques seront exposés, résultats confirmés par les diagrammes de stabilité et les développements analytiques.

Nous concluons alors sur l'influence de l'acyclisme et sur les perspectives d'avenir, notamment sur l'extension au modèle tridimensionnel (arbres, paliers,...).

Approches fréquentielle et temporelle dans l'étude des instabilités de frottement responsables du crissement – validation expérimentale

Anissa MEZIANE

Tribologie et Mécanique des Interfaces (TMI)
Frottement, Usure et Lubrification Solide (FULS)

Les instabilités induites par frottement sont responsables des divers bruits induits tels que le crissement, le sifflement ou le broutement ... Dans le cas du freinage, ces bruits sont produits au niveau du contact entre le disque et la plaquette de frein. Parmi eux, le crissement regroupe les bruits hautes fréquences (spectre compris entre 1kHz et 20 kHz) qui sont à l'origine des nuisances sonores qui se produisent en fin de freinage. Pour modéliser et comprendre le phénomène d'instabilités induites par frottement responsable de bruit tels que le crissement, deux types d'approche sont utilisés : l'approche fréquentielle et l'approche temporelle. Le principe de l'approche fréquentielle est de calculer les modes et valeurs propres du système couplé constitué par les deux corps en contact. L'instabilité, caractérisée par la coalescence de deux modes qui deviennent complexes, est appelée instabilité par flottement. L'approche fréquentielle ne permet pas de connaître le comportement du système pendant l'instabilité. En revanche, les études temporelles permettent l'étude de l'évolution des grandeurs mécaniques (contraintes, déformations) en fonction du temps et ainsi de comprendre la dynamique locale de contact. Les réponses du système en temps sont calculées, permettant de mettre en évidence des comportements instables harmoniques ou parfois chaotiques. La littérature montre que le phénomène d'instabilité de frottement est complexe. Dans le but de comprendre ces phénomènes mis en jeu, un système modèle a été choisi pour cette étude. Il est constitué de deux poutres en contact ponctuel (Figure 1.a.). L'objectif est de confronter les résultats des approches fréquentielle et temporelle obtenus pour ce système. On montre que les deux approches donnent des résultats cohérents et complémentaires. Une validation expérimentale a été effectuée (Figure 1.b.). On montre que la fréquence d'instabilité par frottement ainsi que les niveaux vibratoires sont bien prédits numériquement.

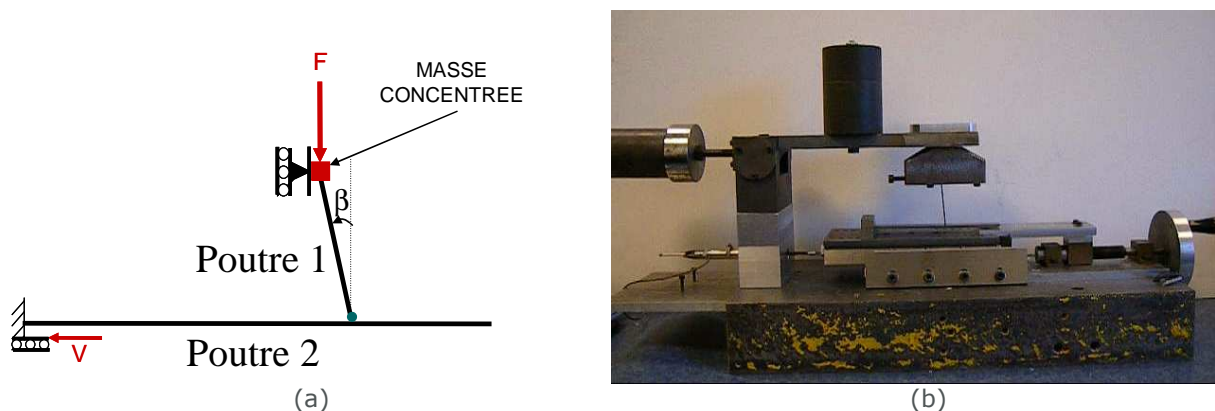


Figure 1: Système modèle d'étude (a) numérique et (b) expérimental

Valpré en images...



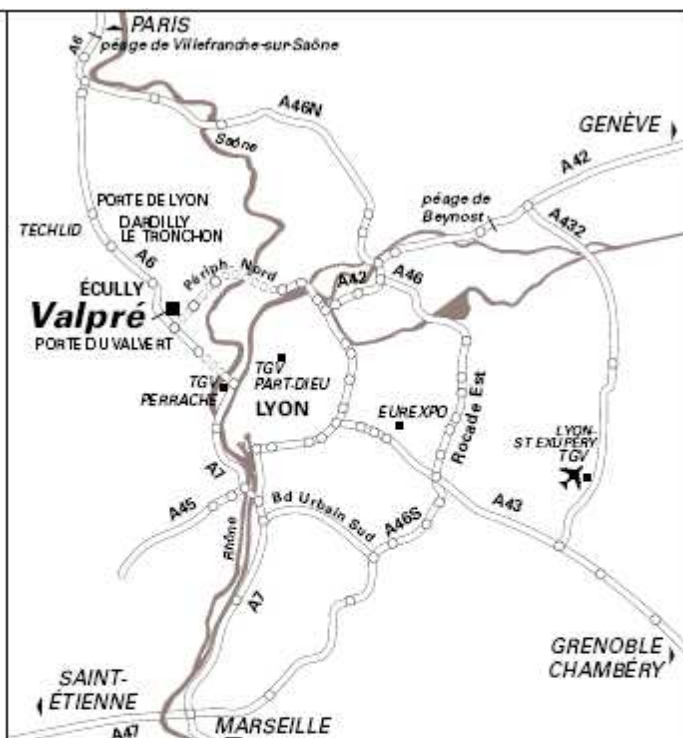
Centre d'accueil de Valpré



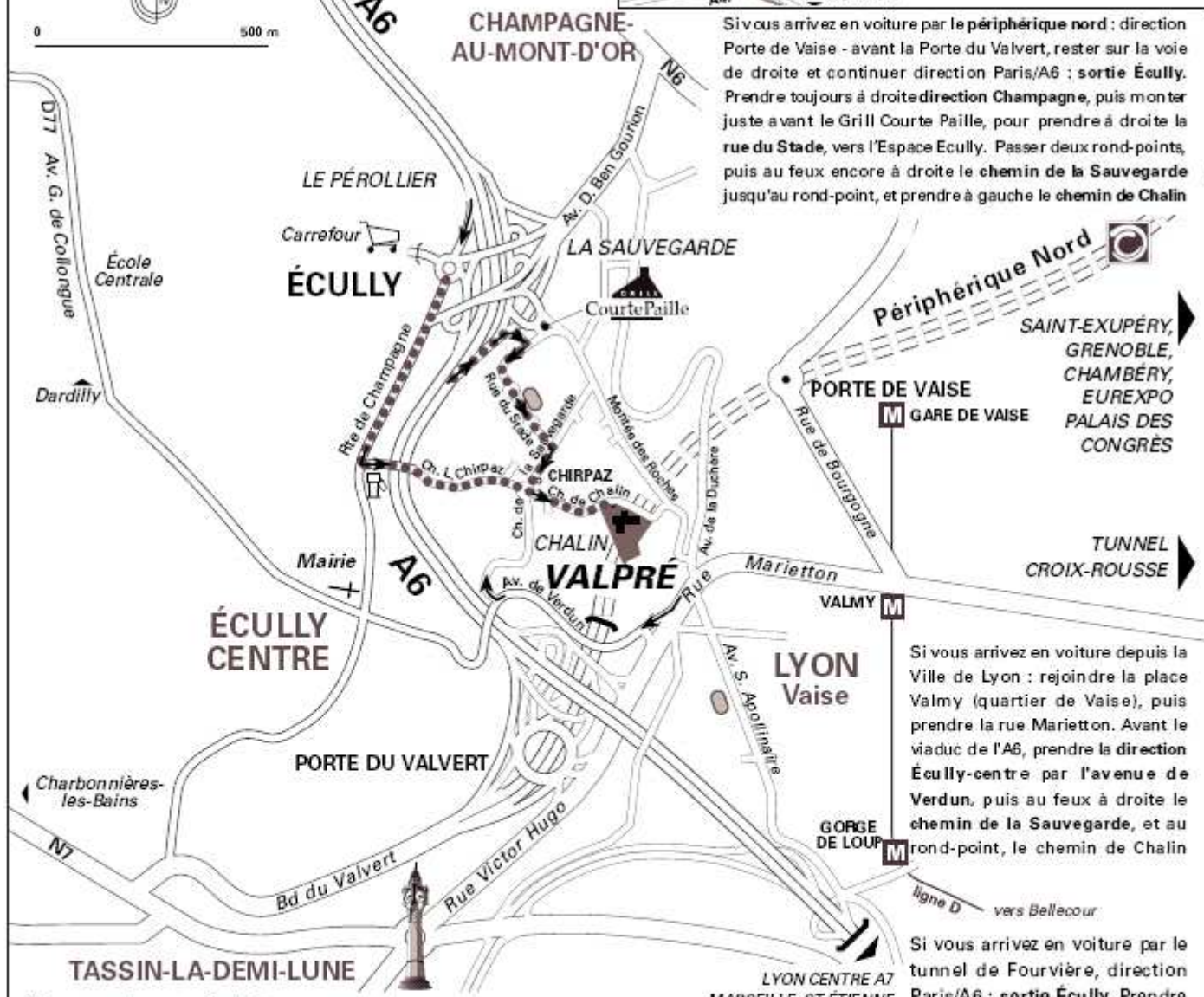
1 chemin de Chalin
 BP 165 - 69131 ÉCULLY Cédex
 Tél. 04 72 18 05 05
 Fax : 04 72 18 05 99
 E-mail : valpre@valpre.com
 Site : <http://www.valpre.com>

Si vous arrivez en voiture par l'A6 (venant de Paris, Dijon ou Belfort), **sortie Écully**. Au rond-point prendre la **direction Écully-Centre**, et après 500 m, aux feux, à la hauteur de la Maison de la Rencontre, prendre à gauche la **direction Chalin** par le chemin Louis Chirpaz (station service à l'angle) ; passer au-dessus de l'autoroute et au rond-point, prendre en face le **chemin de Chalin**.

VILLEFRANCHE-SUR-SAÔNE PARIS
 SORTIE DARDILLY LE TRONCHON



Si vous arrivez en voiture par le **périphérique nord** : direction Porte de Vaise - avant la Porte du Valvert, rester sur la voie de droite et continuer direction Paris/A6 ; **sortie Écully**. Prendre toujours à droite direction **Champagne**, puis monter juste avant le Grill Courte Paille, pour prendre à droite la **rue du Stade**, vers l'Espace Ecully. Passer deux rond-points, puis au feux encore à droite le **chemin de la Sauvegarde** jusqu'au rond-point, et prendre à gauche le **chemin de Chalin**



Si vous arrivez par le train :

Depuis la **Part-Dieu**, prendre le métro ligne B, direction Gerland ; changement à Saxe-Gambetta. Depuis **Perrache** : prendre le métro ligne A ; changement à Bellecour. Prendre la ligne D (direction gare de Vaise) station **Gorge de Loup** ; prendre le bus 19 (direction Écully-Le Pérolier). Arrêt **Chirpaz**. Revenir au rond-point et descendre le chemin de Chalin. Valpré est à 200 m à pied. (même ticket : métro + bus)

Si vous arrivez en voiture depuis la Ville de Lyon : rejoindre la place Valmy (quartier de Vaise), puis prendre la rue Marietton. Avant le viaduc de l'A6, prendre la **direction Écully-centre** par l'avenue de Verdun, puis au feux à droite le **chemin de la Sauvegarde**, et au rond-point, le **chemin de Chalin**

Si vous arrivez en voiture par le tunnel de Fourvière, direction Paris/A6 : **sortie Écully**. Prendre toujours à droite **direction Champagne**, pour monter juste avant le Grill Courte Paille