LaMCoS Unité Mixte de Recherche 5259

Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures

Français / English

Séminaire LaMCoS 2009

Jeudi 15 janvier 2009
8h30 – 18h

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

Renseignements auprès de Julien Réthoré - LaMCoS Julien.Rethore@insa-lyon.fr
Retrouvez tous les séminaires sur http://www.insa-lyon.fr/ *rubrique Actualités – Agenda – Agenda scientifique*

Le jeudi 15 janvier 2009 aura lieu la **6ème Journée "Séminaires LaMCoS"** qui aura lieu à Valpré. Cette journée débutera à 8h30 et se terminera vers 18h.

Cette journée comportera

1. Des présentations de doctorants de chaque équipe ;
2. Un repas et des pauses ;
3. Un temps de réflexion et bilan de cette journée avec des suggestions pour sa version 2010.

12 doctorants (3 par équipe), soit en 2ème ou 3ème année, exposeront leur travaux de thèse. Un programme prévisionnel se trouve à la page suivante.

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 presque 200 personnes.

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

Julien Réthoré

Journée LaMCoS 2008

Programme de la journée

8h30 – 9h00	***Accueil Café***		
9h00 – 9h10	***Ouverture de la journée : A. Combescure***		
9h10 – 10h10 Présentations	9h10 – 9h40	**N. LEVECQUE** DCS1	Dynamique non linéaire d'un ensemble câble/gaine sur un parcours issu de grands déplacements – Application aux commandes de boîtes de vitesses
	9h40 – 10h10	**N. TARDIF** MSE 1	Etude du comportement à fissuration de différentes nuances d'acier de cuve de réacteur à eau pressurisée dans les conditions d'un accident grave
	10h10-10h40	**L. BARZEM** SMC 1	Analyse théorique et expérimentale de la dynamique d'arbre sur paliers a feuilles
10h40 – 11h00	***Pause Café***		
11h00 – 12h30 Présentations	11h00 – 11h30	**C. MBODJ** TMI 1	Étude multi-échelles des matériaux composites Carbone/Carbone de freins aéronautiques sous sollicitations dynamiques
	11h30 – 12h00	**N. KACEM** DCS 2	Dynamique non linéaire des résonateurs NEMS dans les capteurs résonants de type M&NEMS
	12h00 – 12h30	**N. MAHJOUBI** MSE 2	Méthode de couplage de sous-domaines multi-échelles en temps avec schémas numériques hétérogènes
12h30 – 14h00	***Repas+Photos***		
14h00 – 15h30 Présentations	14h00 – 14h30	**E. LETZELTER** SMC 2	Modélisation du comportement mécanique des engrenages en polymère
	14h30 – 15h00	**H. BERRO** TMI 2	Numerical Simulation of Friction at the Molecular Scale
	15h00 – 15h30	**V. LHUILLER** DCS 3	Contrôle actif modal de la transparence acoustique de double parois légères
15h30 – 16h00	***Pause Café***		
16h00 – 17h30 Présentations	16h00-16h30	**B.FULLERINGER** MSE 3	Modélisation rapide de contacts élasto-plastiques avec frottement
	16h30-17h00	**F. POULY** SMC 3	Modélisation thermique d'un roulement à billes soumis à une interruption de la lubrification
	17h00-17h30	**HP. CAO** TMI 3	Effet papillon sur le comportement d'un contact tribologique. De l'utilisation de modèles rigides vers l'utilisation de modèles déformables
17h30 – 17h45	***Discussions et clôture de la journée : A. Combescure***		

Dynamique non linéaire d'un ensemble câble/gaine sur un parcours issu de grands déplacements – Application aux commandes de boîtes de vitesses

Nadège LEVECQUE

Dynamique et Contrôle des Structures (DCS)

La commande de vitesse est un élément jouant un rôle important dans la qualité du passage de vitesse puisqu'elle constitue l'interface entre le conducteur et le GMP (Groupe Moto-Propulseur). Depuis quelques années, les tringles ont été remplacées par des câbles, plus légers, et qui s'adaptent plus facilement à l'architecture du véhicule.

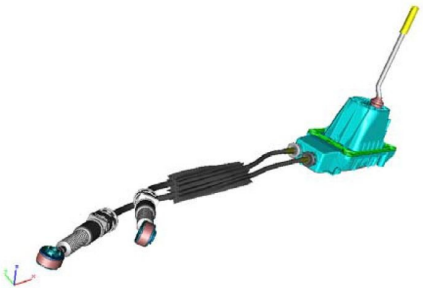


Fig. 1 : Commande externe par câbles

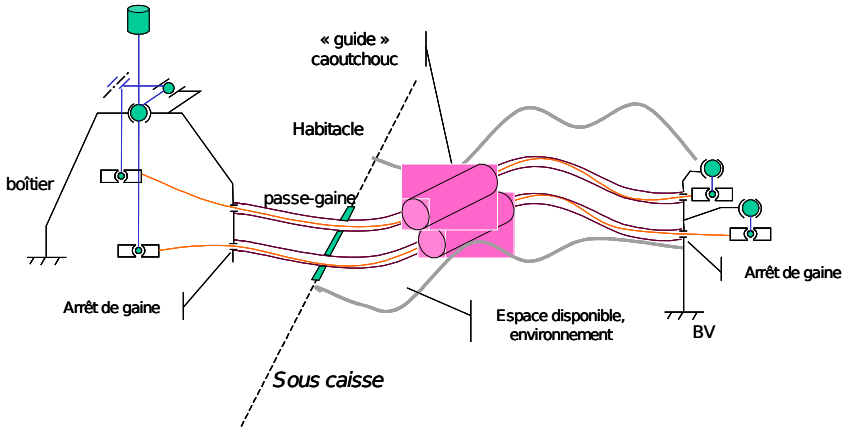


Fig. 2 : Commande à câbles et ses interfaces

Mais deux types de désagrément apparaissent : le frottement du câble à l'intérieur de la gaine, les remontées vibratoires du GMP qui se transfèrent au pommeau et au boîtier. Trop de frottements câble/gaine sont gênants pour le conducteur qui doit appliquer un effort trop important pour passer la vitesse. Le parcours du câble, directement lié à l'architecture du véhicule, a une forte influence sur ces frottements. Le premier objectif est de pouvoir quantifier pour une architecture véhicule les efforts dissipés par frottement lors d'un passage de vitesse. Ceci consiste à prévoir l'effort de traînée et le rendement du câble pour un parcours de câble calculé à partir de points de passage donnés. Le parcours est déterminé à partir d'un calcul éléments finis utilisant la formulation co-rotationnelle, pour résoudre le problème en grands déplacements. L'interaction câble/gaine est prise en compte et les zones de contacts sont déterminées. La position calculée servira alors de base aux calculs en dynamique.

D'autre part, les vibrations du câble et de la gaine peuvent provoquer un phénomène de « fouettement » du câble dans la gaine et créer des nuisances sonores appelées grésillement. Actuellement, ces phénomènes sont détectés assez tard dans le déroulement du projet et des solutions palliatives sont alors appliquées de manière empirique. Ainsi, le second objectif de ce travail est de prévoir le comportement dynamique câble/gaine notamment d'un point de vue vibratoire. Le travail est d'abord réalisé sur un parcours plan avant d'être adapté à un parcours véhicule réel. Les fréquences et les modes sont déterminés autour de la position d'équilibre, considérant les contacts figés, et une étude de stabilité peut également être réalisée. Ensuite les réponses forcées sous excitations harmoniques sont calculées en prenant en compte le décollement du câble dans la gaine. L'intégration temporelle pourra être utilisée pour résoudre les équations du mouvement de l'ensemble câble/gaine.

Etude du comportement à fissuration de différentes nuances d’acier de cuve de réacteur à eau pressurisée dans les conditions d’un accident grave.

Nicolas Tardif

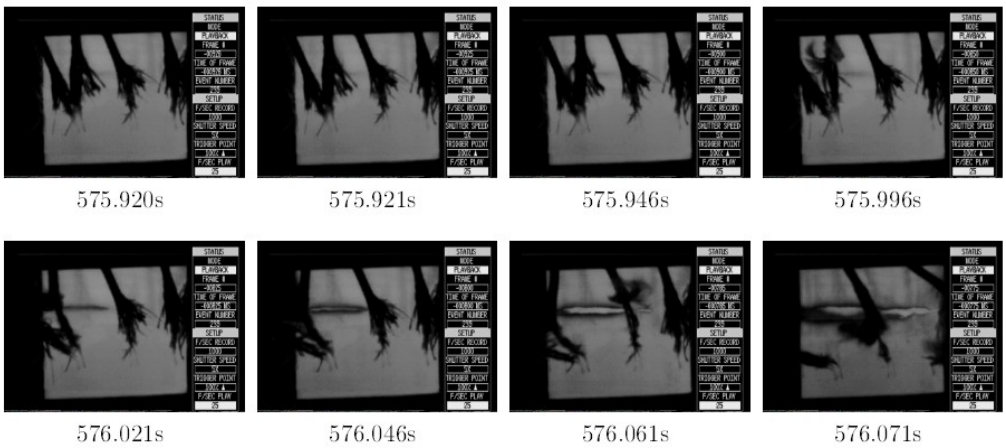
Mécanique des Solides et des Endommagements (MSE)

Dans le cas hypothétique d'un accident de fusion du coeur survenant dans un réacteur nucléaire à eau pressurisée (REP), une quantité importante de corium (mélange des métaux et oxydes fondus) est susceptible de s'amasser dans le fond de cuve. Il y a alors risque de rupture à haute température (900°C à 1000°C) du fond de cuve et épanchement du corium vers l'enceinte de confinement.
La connaissance de l'instant et du mode de rupture du fond de cuve est un élément important vis-à-vis de la mise au point de stratégies de gestion de l'accident en et hors cuve. La position et la taille finale de la brèche sont déterminantes pour le déroulement de l'accident hors cuve (explosion de vapeur, échauffement direct de l'enceinte, interaction corium/radier).

Des essais de rupture sur maquettes de fond de cuve ont montré des modes de rupture et des tailles de brèche très différentes pour des nuances d'acier répondant à la même spécification. Les analyses chimiques et métallurgiques ont suggéré que des éléments présents en trace (MnS, AlN...) sont responsables de cette variabilité de comportement à haute température. Pour prédire le comportement du fond de cuve en cas d'accident grave le critère de rupture doit prendre en compte cette variabilité des propriétés de rupture de l'acier.

A partir de ces observations, une collaboration entre l'IRSN, le CEA et le LaMCoS a été mise en place dans le cadre du projet « cinétique brèches ». Cette collaboration a pour objet de définir le comportement à rupture de différentes nuances du matériau de cuve français (16MND5) dans les conditions de sollicitations accidentelles. Des essais de caractérisation du comportement du matériau associés à une étude de la microstructure, ainsi que des essais de caractérisation de l'énergie de rupture sur éprouvettes CT ont été effectués par le CEA.

De notre côté, nous proposons un modèle expérimental permettant d’analyser la propagation de la fissure dans les conditions de l’accident grave. Un banc d’essai a été conçu dans le but de réaliser des essais bi axiaux (chargement en traction indépendant du chargement en pression interne) à hautes températures (900°C et 1000°C) sur des éprouvettes tubulaires. Le chargement thermique et le chargement mécanique peuvent être réglés pour reproduire l’état de contrainte du fond de cuve hémisphérique soumis à une pression interne. De plus, les essais ont été conçus pour transposer facilement la cinétique de brèche et la dépressurisation à l’aide d’une mise à l’échelle basée sur une méthode énergétique.



Cinétique de brèche lors d’un essai préliminaire sur un acier A60 à 900°C

Analyse théorique et expérimentale de la dynamique d'arbre sur paliers à feuilles

Lamyaa BARZEM

Systèmes Mécaniques et Contacts (SMC)

La turbomachine est un élément indispensable pour le fonctionnement de nombreux systèmes notamment dans l'aérospatiale, elle est généralement constituée d'un rotor et de roues (ventilateur, turbine et compresseur). Cette dernière se doit d'être de plus en plus performante pour des conditions de fonctionnement de plus en plus sévères. En effet, les rotors sont de plus en plus petits, la vitesse de rotation de plus en plus élevée et le jeu entre les roues et la volute (enveloppe de la turbomachine) doit être le plus petit possible pour garantir une bonne performance de la machine. Tout ceci en gardant une rigidité adéquate afin de repousser les modes de flexion de l'ensemble.

Dans l'étude qui nous concerne nous nous intéressons plus particulièrement à l'ensemble rotor - paliers. Le rotor est soutenu, entre autre, par des paliers à feuilles, lubrifié par l'air, qui compensent la masse du rotor et ses vibrations pour tous les mouvements radiaux (Cf. fig. 1). Entre l'arbre et le palier, qui ne sont pas coaxiaux (Cf. fig. 2), il y a un jeu diamétral et donc un possible effet de portance. Lorsque l'arbre est en rotation, une zone de surpression est créée dans le convergent, l'arbre est alors en sustentation. Le film d'air dans le convergent est de l'ordre de 3 à 10 µm, il possède une pression suffisante pour supporter le poids du rotor et toutes les sollicitations extérieures. Les forces générées dans le film permettent au rotor de se maintenir dans sa position d'équilibre, en fonctionnement permanent.

Il s'agit d'étudier ici les paliers à feuilles et l'influence de leurs propriétés sur la trajectoire du rotor de la turbomachine dans le but de maîtriser les vibrations, les pertes de puissance, les critères de fonctionnement limite et les capacités de charge. Pour résumer, pouvoir maintenir le rotor sur film avec une trajectoire dite stable dans les paliers à air en définissant au préalable les bons paramètres.

Pour cela, l'approche privilégiée est l'approche énergétique de manière à prendre en compte fidèlement tous les phénomènes mécaniques du problème : la structure mince des feuilles (coque elliptique – plaque) et les frottements sec, le film fluide mince compressible laminaire et turbulent et enfin le couplage entre les feuilles, le fluide et le rotor indéformable. Au niveau expérimental, un banc d'essais dynamique vient d'être mis en place chez Liebherr Aerospace Toulouse afin d'avoir un modèle expérimental de calage.

La première étape a eu pour but de modéliser les feuilles minces du palier et de valider les résultats avec Abaqus. Puis de mettre en place un modèle de frottement utilisant la loi de Coulomb et la méthode variationnelle du Bipotentiel.

Lors de ce travail, nous avons mis en évidence de nouveaux comportements avec ce modèle en comparaison avec l'ancien modèle 1D. Nous travaillons aujourd'hui à introduire de nouvelles hypothèses dans notre modélisation comme les grands déplacements et la turbulence.

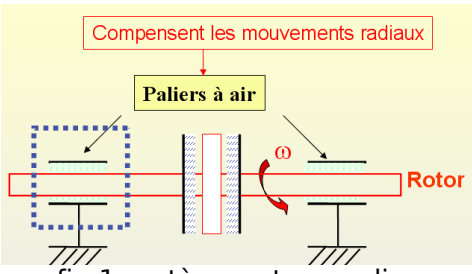


fig.1 système rotor – paliers

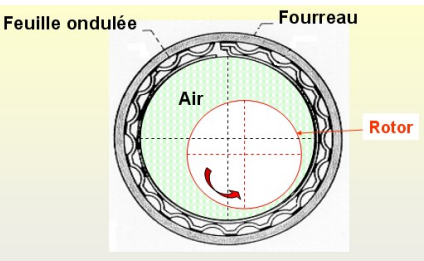


fig.2 Coupe radiale rotor - palier

Étude multi-échelles des matériaux composites Carbone/Carbone de freins aéronautiques sous sollicitations dynamiques

Coumba MBODJ

Équipe Tribologie et Mécanique des Interfaces (TMI)

Introduction

Du fait de leurs propriétés thermomécaniques qui leur permettent de supporter de hautes températures sans dégradation des propriétés mécaniques, les matériaux composites Carbone-Carbone (C/C) sont utilisés dans la fabrication des disques de freins d'avions, des tuyères de systèmes propulsifs ou bien encore des corps de rentrée dans l'atmosphère d'engins hypersoniques. Ces composites sont constitués d'une matrice en pyrocarbone renforcée par des fibres de carbone, disposées en strates aiguilletées entre elles. Cette structure complexe et multi-échelles rend les essais expérimentaux de caractérisation souvent couteux et limités. Par conséquent, il est nécessaire de prédire par simulation numérique le comportement dynamique de ces matériaux sous sollicitations tribologiques, sous entendu pression et cisaillement.

Ce travail s'inscrit dans ce contexte, avec pour objectif de comprendre les mécanismes d'usure de ces composites lors de l'utilisation en freinage aéronautique. Le problème fait intervenir des couplages forts aussi bien entre les différentes échelles du matériau, qu'entre les différents phénomènes (mécanique, thermique et physico-chimiques) mis en jeu. Les outils tels que les approches par éléments finis (E.F.) permettent d'une part de découpler les différents phénomènes et d'autre part de dégager les rôles des différentes échelles du matériau, et ainsi déterminer son comportement dynamique local au contact.

Méthodologie

Si l'échelle macroscopique représente le disque de frein dans son ensemble, l'échelle mésoscopique représente le volume élémentaire représentatif (V.E.R) de cette structure sous conditions de contact frottant. Pour étudier le comportement de ce V.E.R sous sollicitations tribologiques, un premier modèle numérique a été développé, basé sur une approche de dynamique semi-implicite. Cette approche utilise les multiplicateurs de Lagrange pour résoudre le problème de contact et une loi de type Prakash-Clifton pour gérer le frottement local. Cette première approche a permis de relier les régimes d'instabilités à la répartition des « hétérogénéités » au sein de la matrice.

Toutefois des hypothèses fortes ont été faites sur les conditions de contact, notamment sur le contraste entre les propriétés élastiques du V.E.R (hétérogène ou homogène) et celles de la surface de contact (déformable /rigide). Ce contraste de propriétés peut avoir de fortes incidences sur la réponse du matériau et sur les différents régimes d'instabilités.

Ainsi la première partie de cette étude consiste à déterminer l'origine et l'influence de ces incidences en considérant un cas de contact déformable/déformable.

Dans la deuxième partie, l'étude de microstructures régulières est mise en place, en utilisant une méthode d'homogénéisation périodique et une analyse modale d'un volume élémentaire représentatif de cette microstructure régulière.

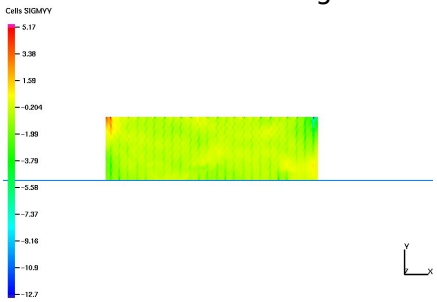


Figure 1 : Champ de contrainte σ_{yy} d'une microstructure régulière pour une pression de 0.5MPa à t=5ms

Dynamique non linéaire des résonateurs NEMS dans les capteurs résonants de type M&NEMS

Najib KACEM

Dynamique et Contrôle des Structures (DCS)

Les systèmes nanoélectromécaniques (NEMS) ont été au centre de la recherche appliquée et fondamentale récente. La plupart des NEMS sont des dispositifs résonnants avec des dimensions submicroniques. A ce niveau de taille, les NEMS ont des fréquences de résonance extrêmement hautes, des masses actives faibles, des constantes de force tolérables et des facteurs de qualité très élevés. Cet ensemble d'attributs rend les NEMS approprié à une multitude d'applications technologiques telles que les capteurs de force ultra-sensible, les capteurs de masse, les filtres à très grande bande passante et les bascules. Cependant, les non-linéarités se produisent rapidement pour les petites structures ce qui réduit leur gamme dynamique. Ainsi, les modèles linéaires incapables de prédire l'amplitude critique, sont inefficaces et la prise en compte des non-linéarités est cruciale dans l'évaluation des performances de ces nanocapteurs.

Quelques designs de capteurs MEMS à base de résonateurs NEMS sont présentés et modélisés en prenant en compte toutes les sources physiques de non-linéarités.
Il s'agit d'un modèle analytique basée sur la décomposition modale par projection de Galerkin sur le mode actif de la structure couplé avec une méthode de perturbation de type moyennisation qui permet l'obtention de deux équations différentielles ordinaires non linéaires qui décrivent la modulation de la phase et de l'amplitude de la réponse fréquentielle du NEMS.

L'analyse analytique des ces deux équations basée sur les points de bifurcations nous a permit de déduire l'amplitude critique ainsi que l'instabilité de Pull-in du nanorésonateur. Ce modèle validé numériquement et expérimentalement offre la possibilité d'optimiser les performances des capteurs MEMS et NEMS à détection fréquentielle par suppression d'hystérésis.

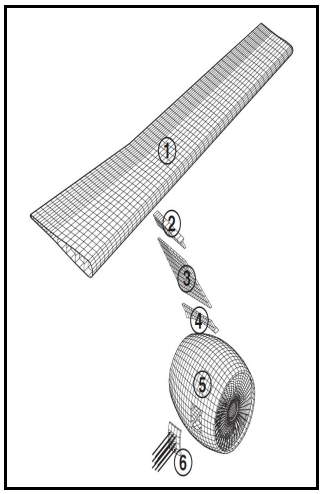
Méthode de couplage de sous-domaines multi-échelles en temps avec schémas numériques hétérogènes

Najib MAHJOUBI

Mécanique des Solides et des Endommagements (MSE)

Le couplage de modèle apparaît comme un défi dans la compréhension des différents mécanismes mises en jeu. Les modèles numériques doivent tenir comptes des différentes échelles spatiales d'un problème. Ainsi le couplage spatial de modèles continus avec des modèles discrets (milieux granulaires, échelle moléculaire, ...) est aujourd'hui un domaine de recherche très actif. Or ces différents modèles mettent en jeu des échelles de temps très différentes et auxquelles il est possible d'associer des schémas numériques en temps adaptés

Dans ce contexte, sous réserve que les modèles en espace sont formalisés dans le cadre d'une méthode de décomposition de domaine de Schur duale (sans recouvrement), nous proposons un cadre unifié pour coupler de grandes classes de schémas numériques en temps avec des échelles de temps éventuellement différentes. Cela amène à diminuer le temps CPU et à maîtriser la précision des simulations sous-domaines par sous-domaines. Cette méthode offre également la possibilité de paralléliser des logiciels éléments finis industriels avec un impact minime sur la structure de leurs codes.



Modélisation du comportement mécanique des engrenages en polymère

Eric LETZELTER

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

Afin de simuler le comportement mécanique sous charge des engrenages, l'équipe SMC du LaMCoS a développé plusieurs modèles numériques qui reposent sur la résolution des équations de compatibilités des déplacements. Ils prennent en compte les déformations de contact sur les flancs des dentures et les déformations de volume de l'ensemble de la structure (dents et support). Cette approche en quasi-statique a été développée sur plusieurs types de géométries comme les engrenages cylindriques, faces, roue et vis sans fin, pignon-crémaillère et les spiro-coniques. Ces méthodes ont montré de bons résultats de simulation sur les engrenages en acier. Elles permettent entre autres d'obtenir le partage de charge, les pressions de contact instantanées, la rigidité d'engrènement et les contraintes en creux de denture.
Mais depuis quelques années, les engrenages en polymère sont de plus en plus utilisés en présence de faibles couples car ils présentent de nombreux avantages comparés aux aciers. Ils possèdent de bonnes qualités d'autolubrification et peuvent fonctionner à sec. Ils permettent également une bonne résistance aux chocs et aux vibrations ce qui permet un fonctionnement plus silencieux et le poids limité est un atout supplémentaire.
Les polymères choisis pour réaliser des engrenages moulés ou taillés sont des semi-cristallins, de type polyamides (nylon). A notre connaissance, il n'existe pas de lois de comportement rendant compte de la réponse visco-élasto ou visco-plastique qui puisse être intégrée dans un formalisme tridimensionnel. Ce manque d'outil mécanique s'explique pour partie par la complexité de leur microstructure dont le comportement mécanique dépend du temps, de la température et dans le cas du matériau étudié, le Polyamide 6-6, de l'humidité.
Pour résoudre le problème de la répartition des charges sur des engrenages en polymère (figure 1), un nouveau modèle a été développé. Pour l'instant cette approche est limitée au domaine linéaire du matériau, c'est-à-dire dans la partie des faibles déformations tout en prenant en compte des propriétés viscoélastiques du matériau. En effet, nous nous sommes donnés comme contrainte de limiter le temps de calcul afin de fournir un outil utilisable en conception d'engrenage. L'outil numérique est divisé en deux parties :
La première consiste à modéliser le déplacement viscoélastique du matériau avec le modèle rhéologique de Kelvin généralisé qui intègre des résultats de spectrométrie mécanique. Cette méthode permet de prendre en compte, dans le modèle de répartition des charges développé, l'influence de la température et de l'humidité (figure 2).
La seconde partie est le calcul de la répartition des charges sur un maillage large avec les équations de compatibilité des déplacements qui intègrent le déplacement viscoélastique. En plus de la répartition des charges calculée, le modèle permet de déterminer l'erreur de transmission et la raideur d'engrènement, résultats intéressant les modèles dynamiques de la transmission.

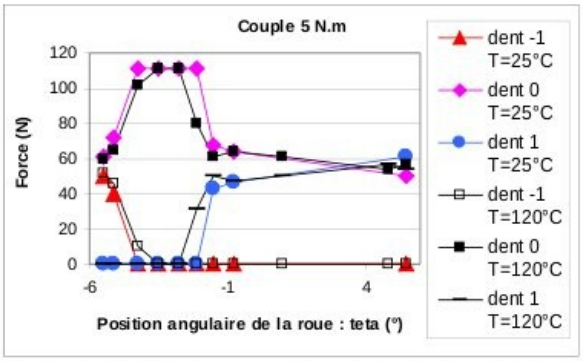


Figure 1 : Modélisation de la répartition des charges sur un engrenage en polymère à différentes températures

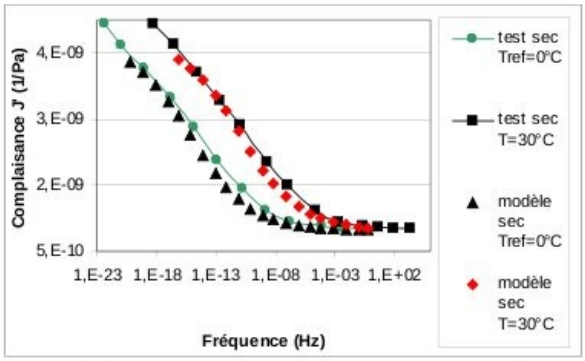


Figure 2 : Courbes maîtresses à sec obtenues par expérience et par modélisation

Numerical Simulation of Friction at the Molecular Scale

Hassan BERRO

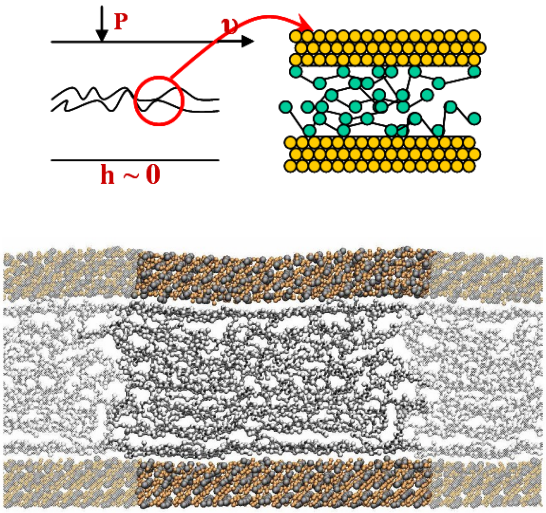
Tribologie et Mécanique des Interfaces (TMI)

Many questions can be asked about the fundamental laws of heat transfer and fluid mechanics in molecular scales. This limit in tribology is referred to as thin film lubrication; the lubricant film may reach thicknesses of the order of only few molecular diameters.

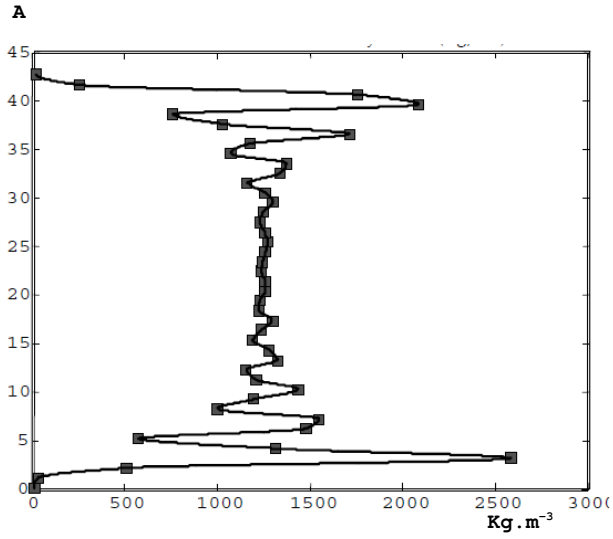
Thin film lubrication exists not only in small-sized components like magnetic storage devices and micro-motors, but also in larger mechanical components like ball bearings where different lubrication regimes including thin film lubrication were shown to coexist.

Our numerical approach to the problem in thin film lubrication is inspired by difficulties associated to both experimental and analytical approaches. Although experimental techniques have greatly evolved during the last three decades with the Surface Force Apparatus (1970's) and the Atomic Force Microscope (Noble Prize in Physics - 1986), their ability to reproduce real working conditions and to access the local mechanisms of friction is still very limited. As for analytical approaches to the thin film lubrication, the work in this area has been almost discontinued since 1958; the film thickness being in the order of few molecular diameters, matter no longer presents a differential continuum. Hence, fundamental laws in physics, mechanics, and large-scale thermodynamics no longer apply and the only solution that remained was to solve the discrete problem from its smallest scale: the molecular scale.

There are still many discrepancies in the molecular simulation work. Several non-applicable hypotheses are still considered in current molecular simulations of friction. Hypotheses range from the physical model of matter to the methods of energy dissipation. This work aims to fill the existing gaps in molecular modelling for tribology where the exigencies of all physical, mechanical, and thermal sciences are combined and only reasonable hypotheses shall be considered. Only then will we be able to light up our numerical microscope and look at the mysteries behind friction at the molecular scale!



Molecular Simulations: The only road to studying thin film lubrication



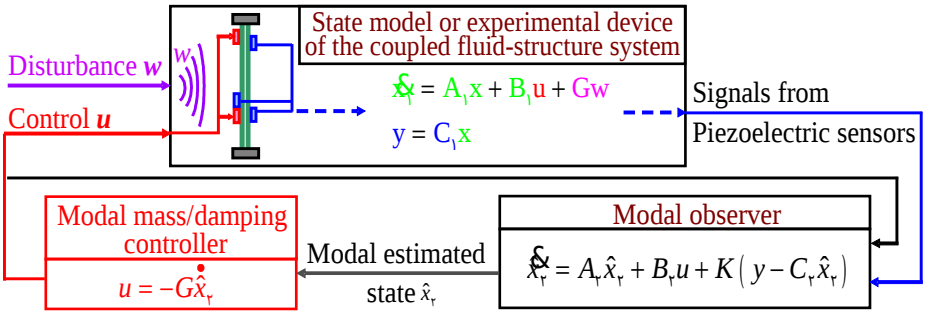
Simulation: density profile of a molecularly thin lubricant film showing interfacial structuring (Molecular Effect)

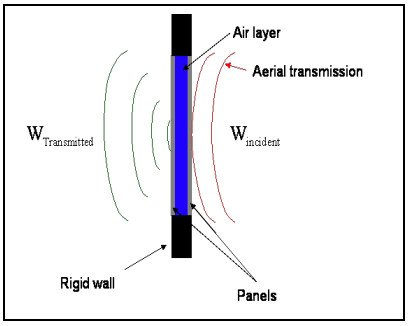
Contrôle actif modal de la transparence acoustique de double parois légères

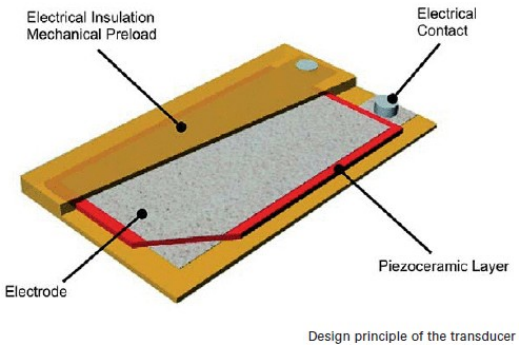
Vincent LHUILLIER

Dynamique et Contrôle des Structures (DCS)
LVA

Lors de la phase de conception de structures, on cherche à réduire les niveaux de vibrations pour prolonger la durée de vie des équipements, mais aussi, on essaie de limiter le rayonnement acoustique créé par les structures vibrantes afin d'améliorer le confort des utilisateurs.
L'utilisation de matériaux passifs à proximité des sources rayonnantes est fréquemment employée de part leur simplicité. Les mousses absorbantes, le capotage des machines, les doubles parois créent un obstacle dans la propagation des ondes et se montrent efficaces à moyennes et hautes fréquences (>500 Hz). En revanche, cette technique se révèle peu performante à basses fréquences lorsque la longueur d'onde acoustique est grande devant l'épaisseur du matériau absorbant.
La faiblesse des méthodes passives à basses fréquences peut être palliée par l'introduction de procédés actifs. Avec le développement de l'électronique ces dernières années, il est désormais envisageable de coupler les techniques passives et actives.
Différentes stratégies de contrôle modal sont étudiées. Dans le cadre de la transparence acoustique d'une double paroi infinie, l'indice d'affaiblissement acoustique est régi par la loi des masses en dessous de la fréquence critique. Lorsque la structure est de dimensions finies, elle a un comportement modal. L'utilisation de masses et d'amortissements modaux actifs permet de rehausser l'indice d'affaiblissement en concentrant l'énergie de commande sur les modes les plus rayonnants. Ce concept est présenté puis mis en place sur une poutre et une double paroi symétrique de petites dimensions équipées d'actionneurs piézoélectriques.







Design principle of the transducer

Modélisation rapide de contacts élasto-plastiques avec frottement

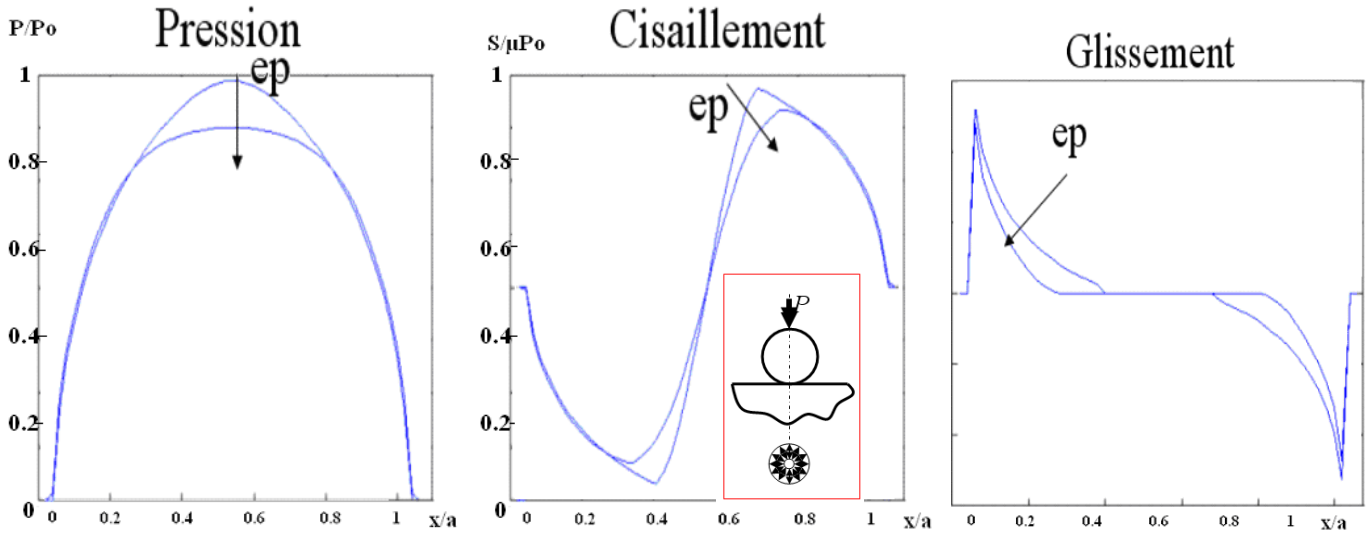
FULLERINGER Benjamin

Mécanique des solides et des endommagements (MSE)

Le phénomène qui définit un contact entre deux surfaces normalement chargées et soumises à un micro-déplacement relatif est dénommé « fretting ». Il constitue une des avaries de surface les plus critiques et se retrouve dans tout les domaines industriels : construction mécanique, aéronautique, automobile, biomédical, nucléaire, génie civil... L'usure par fretting (fretting-wear) des pieds d'aube de soufflantes des turboréacteurs est donc un problème ancien et récurrent. Le motoriste Snecma souhaite lutter contre cet endommagement dont le principal inconvénient est l'augmentation des coûts de maintenance des compagnies aériennes.

Compte tenu du nombre de cycles caractérisants ce phénomène, et des linéarités propre au problème de contact, les principales méthodes numériques sont mises à mal. Des outils rapides et dédiés aux contacts sont donc développés. Jusqu'à présent, ces codes dits semi-analytiques ne permettaient pas une approche élasto-plastique avec frottement. Et c'est pourtant bien ce genre de conditions que l'on retrouve dans le contact aube/disque (μ>0.5).

Des solutions élémentaires en formulation intégrale sont définies par analogie aux solutions définies par Y.P.Chiu (1977). Elles seront exprimées de façon analytique et validées par une méthode numérique indépendante. Ces solutions permettent alors d'améliorer les solveurs existants (élastiques avec frottement ou élasto-plastique sans frottement) afin de traiter le cas plus général de contact élasto-plastiques avec frottement. Les premières simulations de fretting permettront de mettre en évidence l'importance de ces solutions. L'état actuel du code ne permettant pas encore la prise en compte du mode I de fretting, seuls les modes II et III seront analysés.



Résultats comparant une approche élastique à une approche élasto-plastique, dans le cas d'une indentation d'une sphère en diamant sur un plan en acier.

Modélisation thermique d’un roulement à billes soumis à une interruption de la lubrification

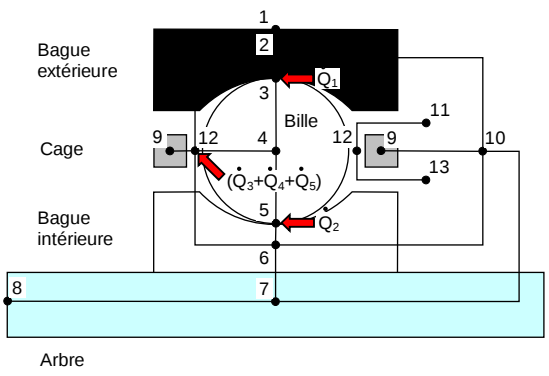
François POULY

Systèmes Mécaniques et Contacts (SMC)

En fonctionnement permanent, les roulements de turbomoteurs sont lubrifiés par un débit d’huile qui permet à la fois la formation d’un film d’huile entre les surfaces en contact et d’évacuer la chaleur générée par le roulement. Dans les phases de vol de l’hélicoptère où l'accélération déplace l’huile dans le réservoir, la pompe à huile peu se désamorcer. L'interruption de la lubrification des roulements ainsi provoquée génère un régime thermo - mécanique transitoire dont la maîtrise permet de lever les risques lors d'essais de développement.

Cette analyse nécessite de coupler deux approches :

- Estimer les pertes de puissance dans le roulement dus aux frottements entre les surfaces en contacts et à la ventilation du brouillard d’huile. Dans cet optique, la cinématique et la distribution de charge sont calculées avec un modèle quasi-statique prenant en compte les effets centrifuges.
- Déterminer la manière dont cette chaleur va être évacuée via les solides et les fluides en présence, et estimer le niveau de température atteint. Pour cela un modèle par réseau thermique basé sur une analogie électrique est mis en place. Celui-ci ne mettant en œuvre qu’un nombre réduit d’éléments, caractéristiques du roulement (bague, bille, …), permet des temps de calculs très rapide.



1. Interface bague extérieure/ carter
2. Bague extérieure : température de masse
3. Contact bague extérieure/ bille
4. Bille
5. Contact bague intérieure/ bille
6. Bague intérieure : température de masse
7. Arbre : localisé au roulement
8. Arbre : localisé au-delà du roulement
9. Cage
10. Air ambiant
11. Huile en entrée
12. Huile au sein du roulement
13. Huile en sortie

Représentation d’un réseau thermique du roulement à billes. A un nœud correspond une température, les liens entre chacun d’eux indiquent un échange de chaleur via une résistance thermique. Les sources de chaleur sont représentées par des flèches rouges.

Effet papillon sur le comportement d'un contact tribologique
De l'utilisation de modèles rigides vers l'utilisation de modèles déformables

Hong Phong CAO

Équipe Tribologie et Mécanique des Interfaces (TMI)

Introduction

Le concept de "triplet tribologique" issue des travaux de Godet et Berthier permet à la fois de dissocier les différents éléments d'un contact tribologique mais aussi d'en souligner l'étroite imbrication. En effet de nombreux travaux ont souligné l'influence de la rhéologie d'une interface sur le comportement des corps en contact et réciproquement.

D'un point de vue "tribologie numérique", les méthodes associées aux différents éléments du triplet sont aujourd'hui bien identifiées: les approches multi-body pour le mécanisme, les approches FEM pour la modélisation de corps en contact et les approches DEM pour la modélisation de l'interface de contact.

Cependant pour franchir une étape supplémentaire dans la compréhension du frottement (causes et conséquences) il faut être capable de pouvoir, si besoin est, faire interagir ces modèles pour tendre vers des modèles quantitatifs ou encore utiliser des descriptions locales plus complexes pour décrire de façon plus réaliste un contact tribologique.

Approche numérique

La méthode utilisée se base sur l'approche Non Smooth Contact Dynamics (NSCD) développée par Moreau et Jean. Cette méthode peut, de façon naturelle, prendre en compte le mixage de formulation déformable et rigide. Lors du couplage des deux descriptions, le raccordement se fait en utilisant un élément hybride, couplant un élément quadratique et un élément rigide permettant ainsi d'introduire une rugosité à l'interface et de transporter les informations obtenues des différents points de contact de l'élément aux nœuds d'intégration.

Étude d'une interface tribologique

En vue de comprendre le comportement d'une interface tribologique, deux axes de recherche ont été développés :

Le premier consiste à étudier le comportement de milieux discontinus microscopiques par des essais mécaniques quasi-statiques. Le but étant de souligner et de déterminer l'influence de la modélisation sur le comportement global du milieu.

Le deuxième axe consiste à étudier une interface tribologique sous sollicitations dynamiques en couplant les deux descriptions afin de prendre en compte l'effet des vibrations des corps en contact sur la rhéologie de l'interface.

Dans les deux cas, les résultats obtenus sont présentés et discuté :

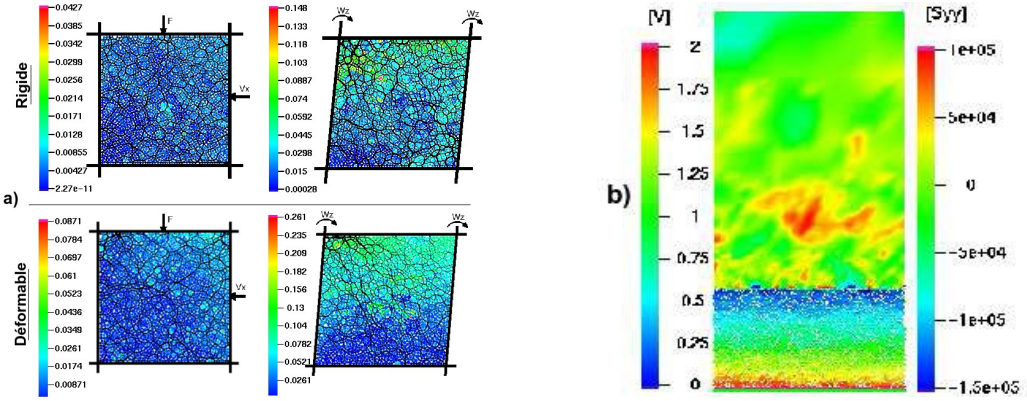
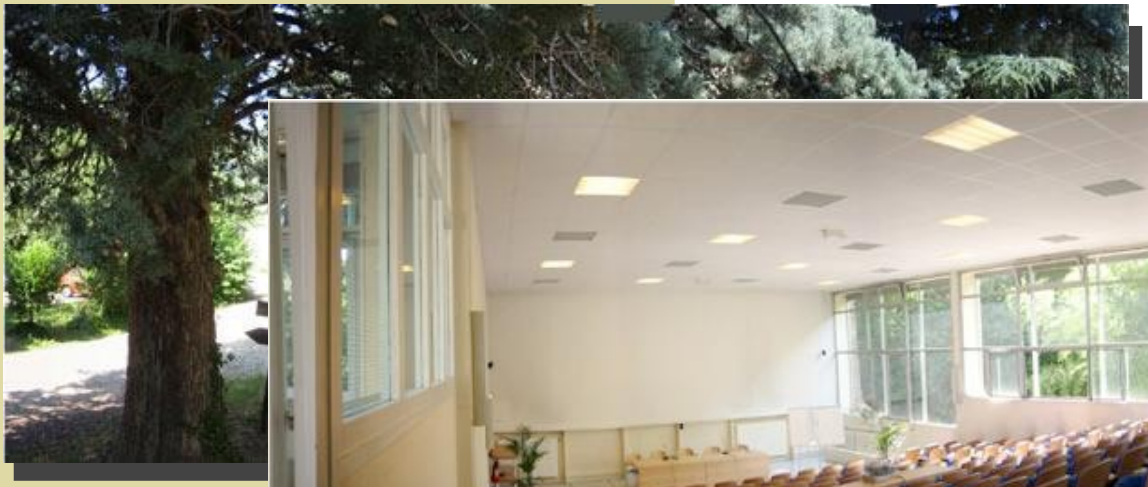


FIG. 1 – *Premier cas : essais de compression bi-axial et de cisaillement sur un échantillon granulaire. Visualisation du champ de vitesse des particules et du réseau des contacts* ***(a)****. Deuxième cas : étude d'une interface tribologique. visualisation du champ de vitesse des particules constituant le troisième corps et du champ de contrainte du premier corps* ***(b)****.*

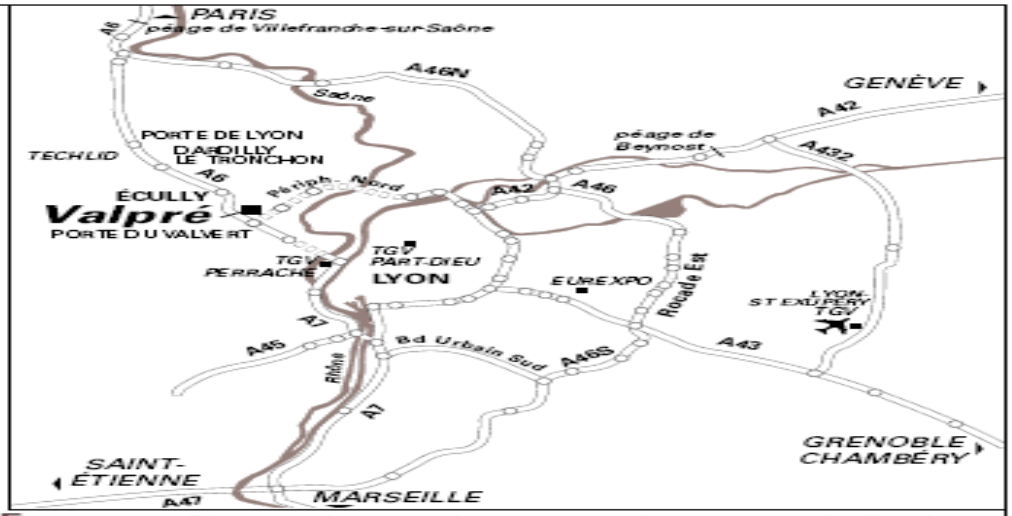
Valpré en images…

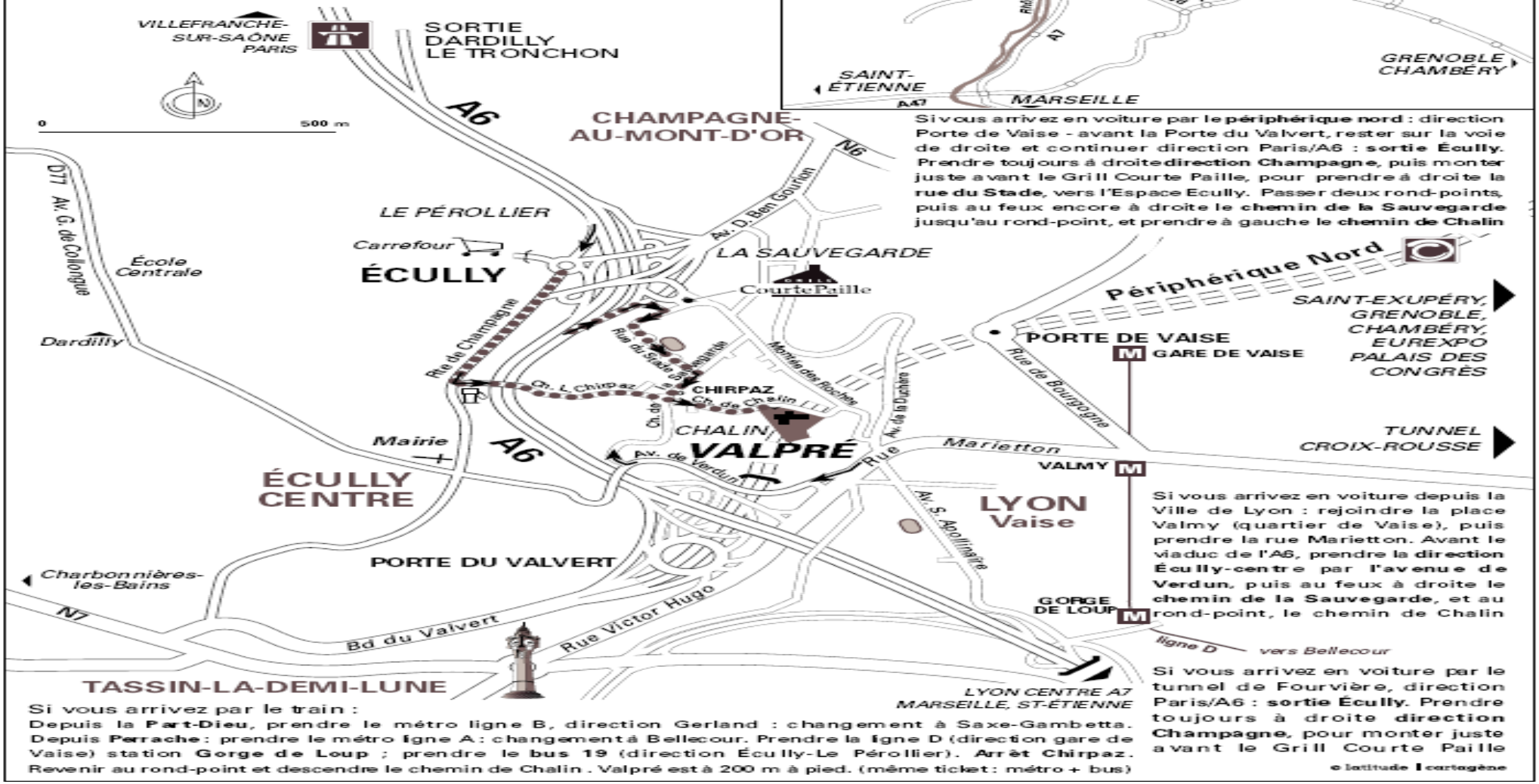


Centre d'accueil de Valpré

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**.





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**

Périphérique Nord
SAINT-EXUPÉRY, GRENOBLE, CHAMBÉRY, EUREXPO PALAIS DES CONGRÈS
PORTE DE VAISE
M GARE DE VAISE
Rue de Bourgogne
TUNNEL CROIX-ROUSSE

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

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 Pérollier). **Arrêt Chirpaz**. Revenir au rond-point et descendre le chemin de Chalin . Valpré est à 200 m à pied. (même ticket : métro + bus)

© latitude cartagène