

Ingénierie Mathématique
Master mention Mathématiques et applications

UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE (PARIS 6)



Responsable : Edwige Godlewski

Laboratoire Jacques-Louis Lions

Barre 15-25 bureau 311

Téléphone : 01 44 27 42 99

Télécopie : 01 44 27 72 00

Email : godlewski@ann.jussieu.fr

Responsable des stages : Marie Postel

Laboratoire Jacques-Louis Lions

Barre 15-25 bureau 313

Téléphone : 01 44 27 54 08

Télécopie : 01 44 27 72 00

Email : postel@ann.jussieu.fr

Résumés des stages en entreprise
effectués par les étudiants du Master IM
parcours Mathématiques Pour l'Entreprise (MPE)
année 2010-2011

<http://www.ljll.math.upmc.fr/MPE>

Secrétariat : Barre 15-25 bureau 107, 4 place Jussieu, 75005 Paris.

Université Pierre et Marie Curie (Paris 6), BC 187, 4 place Jussieu, 75252 Paris cedex 05

Cette brochure constitue la septième édition de la publication des résumés des stages en entreprise effectués par les étudiants de M2 du Master spécialité Ingénierie Mathématique (parcours MPE) de l'Université Pierre et Marie Curie.

Elle fait suite à la publication pendant 16 années consécutives d'une brochure des résumés des stages en entreprise effectués par les étudiants du DESS de Mathématiques Appliquées. Cette formation a changé de nom depuis la rentrée universitaire 2004 à la faveur de la réforme LMD (Licence-Master-Doctorat). Elle est devenue, sous le nom Ingénierie mathématique, parcours Mathématiques pour l'Entreprise (MPE), une spécialité professionnelle du Master Sciences et Technologies, mention Mathématiques et applications, de l'Université Pierre et Marie Curie.

Ce document est destiné aux anciens ou futurs étudiants du Master Ingénierie mathématique, aux responsables de stages en entreprise et aux employeurs. Nous espérons qu'il illustrera, par la diversité et la qualité des sujets abordés, le dynamisme de notre formation et la variété des carrières auxquelles elle conduit.

Pour conclure, signalons la création en 2006 de l'Association des Anciens du MAster d'Ingénierie Mathématique, dont le site internet se trouve à l'adresse

<http://a2maim.free.fr/>

Nous encourageons cette initiative émanant d'anciens du DESS, qui, en favorisant les échanges entre les étudiants des différentes promotions, contribuera à leur insertion professionnelle.

Responsables pédagogiques dans les différentes spécialisations en 2009-2010

Probabilités - statistiques : J. Berestycki et V. Lemaire

Laboratoire de probabilités et modèles aléatoires, site Jussieu, couloir 16-26 1^{er} étage

Téléphone : 01 44 27 70 47, Télécopie : 01 44 27 72 23

Autres intervenants : S. Gaiffas, B. Michel, Z. Shi, L.Zambotti

Analyse numérique - calcul scientifique : E. Godlewski

Laboratoire Jacques-Louis Lions, site Jussieu, couloir 15-25, 3^{me} étage

Téléphone : 01 44 27 42 99, Télécopie : 01 44 27 72 00

Autres intervenants : P. Frey, F. Hecht, X. Juvigny, O. Pironneau, J. Portès, M. Postel, F.-X. Roux, M. Vohralik

Mécanique : A. Monavon

Institut Jean Le Rond d'Alembert, site Jussieu, couloir 55-65

Téléphone : 01 44 27 37 90

Autres intervenants : M. Abbas, A. Ben Hamida, E. Boyère, P. Druault

Options :

C++ : F. Hecht

Excel VBA : R. Cavagnac

Initiation Fluent : Ph. Parnaudeau

Java : N. Lantos

Recherche opérationnelle : E. Balandreau

Responsable des stages

Marie Postel

postel@ann.jussieu.fr

Campus Jussieu, couloir 15-25, 3^{me} étage, 313

Téléphone : 01 44 27 54 08

Secrétariat du Master Ingénierie Mathématique

Francelise Lacrampe

lacrampe@ann.jussieu.fr

Campus Jussieu, couloir 15-25, 1^{er} étage, 107

Téléphone : 01 44 27 51 14

Responsable du Master Ingénierie mathématique

Edwige Godlewski

godlewski@ann.jussieu.fr

Campus Jussieu, couloir 15-25, 3^{me} étage, 311

Téléphone : 01 44 27 42 99

4 place Jussieu, 75005 Paris

CIBC - Canadian Imperial Bank of Commerce
Corporate and Operational Risk Management *

Responsable : Monsieur Dan CACIC

Sujet : Mesure et gestion des risques opérationnels

Étudiant : Marc TOSSA

Résumé

Le Cadre de gestion des risques comprend :

- Les politiques de risques, les procédures et les limites afin d'aligner les activités incluant des prises de risque ;
- Des contrôles réguliers pour identifier et communiquer les niveaux de risque ;
- Un cadre de contrôle indépendant pour identifier et assurer la conformité avec les contrôles clés ;
- Les stress tests pour mesurer les impacts potentiels des changements dans l'environnement économique sur le capital, les liquidités et les revenus ;
- Une surveillance axée sur les risques grâce à des comités et des structures de gouvernance.

En tant que stagiaire associé, risque organisationnel et opérationnel, gestion des risques à la Banque CIBC, j'ai travaillé en équipe et avec les cadres supérieurs. Dans le cadre de mon travail, j'ai préparé des analyses complètes sur une gamme de questions commerciales et financières, y compris par exemple des analyses de la performance opérationnelle et des analyses quantitatives, tout en développant diverses compétences, analytiques entre autres.

Pendant mon stage, j'ai développé un outil logiciel, avec SAS Enterprise Guide, destiné à interroger la base de données de la banque.

*. Adresse de l'entreprise : 25 King St W Toronto, ON, M5L 1A2 Canada

EDF R&D

Laboratoire National d'Hydraulique et d'Environnement *

Responsables : Madame Catalina CIRIC et Monsieur Philippe CIFFROY

Étudiant : Zied BEN KILANI

Sujet : Optimisation sous contraintes des paramètres d'un modèle écologique complexe

Résumé

Ce stage est adossé à une thèse qui a pour but de réaliser une étude sur les effets directs et indirects de substances contaminantes sur la structure et le fonctionnement d'un écosystème aquatique. Cette thèse s'inscrit dans le projet CONCERT d'EDF. Dans ce cadre un modèle complexe a été construit, capable de simuler la dynamique au cours du temps des différents compartiments d'un écosystème aquatique. Une étape clé de l'étude consiste à caler le modèle mathématique à partir des données expérimentales disponibles.

Pour rentrer dans le cadre mathématique, nous avons construit une « métrique » $J(p)$ pour juger de l'adéquation entre les variables simulées par le modèle et celles mesurées sur site ; dès lors la problématique du calage du modèle se résume à la minimisation de la fonction $J(p)$. Les principales difficultés de cette optimisation résident dans le coût élevé en temps d'évaluation ainsi que dans le manque de données et de fiabilité pour certaines variables.

Pour pallier ces contraintes nous avons été amenés à explorer deux pistes pour l'optimisation. Les méthodes déterministes s'appuient sur le calcul d'une direction de recherche généralement liée à la dérivée des sorties du modèle par rapport aux paramètres. Elles ne sont réellement utilisables que dans le cas restreint où le nombre de paramètres à trouver ne dépasse pas une vingtaine, et la solution cherchée est réputée proche d'une solution connue, point de départ de cette recherche.

C'est pour lever cette difficulté que nous avons choisi de nous intéresser au développement et à l'utilisation des méthodes stochastiques et d'étudier leur application dans le cadre de notre problématique. Deux méthodes, Monte-Carlo et recuit simulé ont été implémentées et testées. D'autres méthodes, comme les algorithmes génétiques et la recherche taboue ont été appliquées directement à partir de la toolbox des algorithmes d'optimisation globale de Matlab. Ces méthodes ont la capacité de trouver l'optimum global du problème. Contrairement à la plupart des méthodes déterministes, elles ne nécessitent ni point de départ, ni la connaissance du gradient de la fonction $J(p)$ pour atteindre la solution optimale. Cependant, elles demandent un nombre important d'évaluations de la fonction $J(p)$.

*. Adresse de l'entreprise : 6 quai Watier, 78400 Chatou

EDF R&D

Département AMA (Analyses Mécaniques et Acoustique) *

Responsable : Madame Sylvie AUDEBERT

Étudiante : Fatou FALL-LO

Sujet : Utilisation combinée de la sous-structuration et de l'estimation d'incertitudes par méthode probabiliste

Résumé

La détermination des premières fréquences propres est essentielle pour le dimensionnement d'une structure subissant des charges dynamiques : il s'agit d'éviter le phénomène de résonance où une fréquence d'excitation coïncide avec une fréquence propre de la structure. Les méthodes de sous-structuration peuvent constituer la seule stratégie pour l'analyse dynamique des structures complexes, par exemple dans le cas où le calcul direct n'est pas possible ou lorsqu'on doit effectuer des études probabilistes.

Mon stage consistait, en première partie, à réaliser un calcul modal, sous Code_Aster, par sous-structuration dynamique d'une pompe, assemblage boulonné de huit composants, par démarche progressive en référence au calcul direct. J'ai tout d'abord effectué une validation d'un calcul modal par sous-structuration sur un assemblage de trois composants puis quatre composants de la pompe. J'ai aussi réalisé une comparaison avec les données mesurées pour le second assemblage. Cette étude a révélé plusieurs anomalies notamment un décollement au niveau des interfaces entre deux sous-structures. J'ai aussi réalisé une étude sur la pompe complète, châssis enchâssé dans le béton et en libre-libre, qui a mis en avant un problème lié aux liaisons cyclées. Une solution a été proposée mais elle présente des limites.

La deuxième partie de mon stage consistait à faire une estimation d'incertitudes des caractéristiques modales de la pompe en utilisant un modèle sous-structuré, afin de déterminer le composant le plus influent sur le comportement dynamique de l'assemblage. Les incertitudes sont introduites directement sur les fréquences propres des sous-structures. L'avantage est qu'on tient compte des sources d'incertitudes non paramétriques. Sur un assemblage de deux composants de la pompe, avec 1000 tirages pour chaque fréquence avec une loi uniforme, on retiendra une faible dispersion autour de la moyenne (< 7% sauf pour les deux premières fréquences) par rapport aux incertitudes introduites sur les données (de l'ordre de 13 % pour le support de palier et jusqu'à 60 % pour le châssis).

Cette étude a permis la validation du calcul modal par sous-structuration sous Code_Aster, pour une structure à grand nombre de degrés de liberté, plusieurs fiches d'anomalies ont été émises. La détermination du nombre optimal de modes d'interfaces est un problème en cours de résolution ; une étude de sensibilité est donc nécessaire. On relèvera, de plus, que la convergence de l'erreur fréquentielle vers 0 n'est pas toujours obtenue en augmentant le nombre de modes d'interfaces.

*. Adresse de l'entreprise : 1 avenue du Général De Gaulle, 92141 Clamart Cedex

EDF - R&D

Département THEMIS - Technologies et modélisation des infrastructures du système électrique *

Responsable : Monsieur Valentin COSTAN

Étudiant : Jérôme ESBRAT

Sujet : Simulation de la réponse des sondes par courant de Foucault en présence de défauts dans les tubes générateurs de vapeur

Résumé

Dans le cadre de ses études d'ingénierie, EDF a besoin d'évaluer les performances des sondes utilisées dans l'inspection des tubes générateurs de vapeur. La réponse des différentes sondes se base sur les courants de Foucault. Ces derniers découlent des équations de l'électro-magnétisme, celles de Maxwell. Co-developpé par EDF - R&D, le code de calcul Code_Carmel3D permet de les résoudre en fréquentiel et prochainement en temporel.

S'appuyant sur la simulation numérique afin de qualifier la réponse des sondes, le premier objectif de mon stage a été de trouver une "sonde numérique moyenne" qui satisfasse différents critères selon les configurations testées. Le second consistait à déterminer la réponse des sondes en fonction de divers paramètres.

La première étape consistait à apprendre le langage python (conjugué au logiciel de CAO Salome[†]), pour d'une part créer des géométries facilement paramétrisables, et d'autre part générer un maillage adapté à la prise en compte des phénomènes électro-magnétiques. Ce maillage est ensuite passé comme une des données d'entrée au code de calcul Code_Carmel3D.

Après vérifications de quelques grandeurs, les différentes séries de calcul ont été lancées avec une sonde non-modifiée ; les premiers résultats coïncident globalement avec ceux obtenus en laboratoire. De plus, les résultats ont été croisés avec d'autres outils de simulation, ces derniers corroborant les premiers calculs. D'autres simulations ont été effectuées avec une sonde modifiée (paramètres géométriques) afin de trouver la "sonde moyenne".

La seconde partie, plus orientée recherche, a pour but de simuler la réponse des sondes en présence de défauts dans des géométries plus complexes. Outre une discussion sur les données d'entrée, l'interprétation des résultats est plus compliquée : à une réponse peut correspondre deux défauts.

Dans le cadre du projet global dans lequel s'est déroulé mon stage et en prévision de futurs travaux concernant la qualification des sondes, une note technique portant sur ce procédé de détection a été rédigée.

*. Adresse de l'entreprise : 1 avenue du Général de Gaulle, 92141 Clamart Cedex

†. Site internet : www.salome-platform.org

GDF Suez

DSI - CESA - Département SYMPHONIE *

Responsable : Monsieur Philippe POINSARD

Étudiante : Marlène PREIRA

Sujet : Développement d'une base documentaire et participation à la mise en place d'une convention de service

Résumé

L'objectif principal de ce stage, au sein du pôle Qualité Gestion du département SYMPHONIE, a été de concevoir et déployer une base de documentation Sharepoint commune au département SYMPHONIE. Elle a permis d'harmoniser l'archivage des informations sur une structure pérenne.

La première étape a consisté à analyser le fonctionnement des bases existantes afin de préparer au mieux les entretiens avec les différents chefs de pôles pour connaître leurs besoins et attentes sur cette nouvelle base. Ensuite, nous avons conçu la base de manière théorique. Après de multiples échanges pour valider la théorie, nous sommes passés à la création puis à la diffusion et à la mise en place de cette base (ces dernières étapes comprenant la gestion des conditions d'accès aux différents documents de la base et les premières actions visant à faire connaître la base parmi les équipes).

Ma deuxième mission, pour ce stage, était de participer à la mise en place d'une convention de service entre SYMPHONIE et son client la BU CHP (Client Habitat et Professionnels). Elle a débuté par la préparation et la participation à des ateliers ayant pour but de connaître les besoins Métier pour ensuite les traduire en demandes de service. Elle s'est poursuivie par l'analyse des incidents de production pour connaître les principales causes de dysfonctionnement des applications utilisées par SYMPHONIE et ainsi permettre la mise en place des niveaux de services.

*. Adresse de l'entreprise : 23 rue Philibert Delorme, 75017 Paris

GDF SUEZ Trading

Département Market Risk & Liquidity *

Responsable : Monsieur Badr KEBAILI

Étudiant : Hamza TOUAHMIA

Sujet : Méthodologie de la Value-at-Risk (VaR)

Résumé

L'objectif de ce stage a été, dans un premier temps, d'étudier l'environnement de production de la VaR afin de proposer des axes d'améliorations pour corriger les éventuels biais. Après l'étude, de nouveaux facteurs de risque dans le modèle de la VaR seront intégrés pour mesurer le risque associé au développement du Business Option, tels que les courbes smiles.

Il m'a fallu faire un travail de documentation afin de me familiariser avec la politique de risques de marché de GDF SUEZ Trading, et avec la méthodologie de calcul des différents indicateurs de risque. Ensuite j'ai effectué un travail d'audit des chocs (variations des prix ou des volatilités d'un jour sur l'autre), ce qui a conduit à la production d'une note résumant leurs générations et la méthode d'applications de ces chocs pour le calcul quotidien de la VaR.

J'ai aussi travaillé sur un indicateur de régulation, la Stress VaR. Le but de la Stress VaR est d'estimer le risque de marché d'un portefeuille en se basant sur une période historique qui représente un stress fort mais réaliste pour le type de portefeuille que l'entreprise détient. Un projet a été monté pour étendre la méthodologie de la SVaR pour permettre la prise en compte de l'impact de l'utilisation de "proxies".

Le calcul quotidien de la VaR a révélé des incohérences dans les prix historiques de l'électricité, j'ai donc développé une méthode de correction des courbes de prix (en VBA) en utilisant une spline d'interpolation cubique, et en prenant en compte les corrélations entre les marchés. L'idée générale de cette méthode est de trouver un intervalle de confiance pour les chocs sur une période d'un an, et de corriger les prix aux dates où les chocs sortent de cet intervalle. Cette méthode sera utilisée sur tous les prix historiques des sous-jacents électricité.

Mon travail quotidien a également compris le suivi des limites opérationnelles imposées aux traders, et le signalement des dépassements éventuels.

*. Adresse de l'entreprise : 1 place Samuel de Champlain, 92930 Paris La Défense Cedex

IFP Énergies nouvelles

Direction Technologie, Informatique et Mathématiques Appliquées *

Responsable : Madame Delphine SINOQUET

Étudiante : Fadhila BELKACEM

Sujet : Optimisation non linéaire combinant des simulateurs de complexité différente

Résumé

Beaucoup d'applications industrielles peuvent se formaliser sous forme d'un problème d'optimisation, que ce soit des problèmes inverses en géosciences, des problèmes d'aide à la conception ou des problèmes de réglages de systèmes expérimentaux. Des difficultés récurrentes pour la résolution de ces problèmes concernent souvent le temps de calcul dû à des simulateurs de plus en plus complexes.

L'objectif du stage est d'évaluer et de développer des techniques d'optimisation permettant de combiner des simulateurs précis mais coûteux avec des simulateurs simplifiés (maillages plus grossiers, simplification des phénomènes physiques pris en compte ...) au cours de la boucle d'optimisation afin d'améliorer les performances tout en conservant une précision suffisante pour converger vers un optimum réaliste.

On s'intéresse particulièrement à la méthode Space Mapping. L'idée principale de cette méthode est d'utiliser le modèle simplifié pour obtenir des informations sur le modèle fin. Ainsi, le Space Mapping est un opérateur de transformation dans l'espace des paramètres qui permet de faire coïncider au mieux le modèle simplifié et le modèle fin.

Cette méthode est évaluée sur des cas tests simples et un cas d'application en ingénierie du réservoir. Les premiers résultats obtenus montrent que cette méthode peut être performante comparée aux méthodes d'optimisation classiques si le modèle simplifié est bien choisi.

Cependant, il a été montré que le choix du modèle simplifié est crucial : ainsi, un modèle imprécis mais nettement moins coûteux que le modèle fin peut donner des performances très intéressantes.

*. Adresse de l'entreprise : 1 & 4, avenue de Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison Cedex

IFP Énergies nouvelles

Direction Technologie, Informatique et Mathématiques Appliquées *

Responsable : Monsieur Jean BRAC

Étudiante : Caroline GARDET

Sujet : Modélisation et simulation du séchage d'un catalyseur en milieu déformable

Résumé

Le stage fait parti du projet SEPAL financé par l'ANR, qui vise à modéliser un lit de séchage de catalyseur pour minimiser les pertes par fissuration.

L'objectif de ce stage a été de modifier le modèle préexistant de séchage d'un extrudé de catalyseur pour que les simulations tournent en conditions industrielles et de développer un modèle de lit de séchage sur la base du modèle d'un extrudé.

Dans un premier temps, il a fallu effectuer un travail minutieux de compréhension globale des phénomènes physiques et des paramètres sensibles du système puis modifier le modèle pour qu'il converge même à haute température et faible humidité relative.

Le modèle ainsi obtenu a été simulé en deux et trois dimensions, avec plusieurs matériaux différents, les résultats ont été présentés et commentés.

En fin de stage, a été abordée la construction d'un modèle du procédé de lit. Les difficultés rencontrées ne m'ont pas permis de la terminer et d'en tirer des résultats probants.

Un important travail de bibliographie a été effectué sur l'eau et le séchage. Il a fallu prendre en compte la variation des propriétés de l'eau sous pression négative. Et pour une meilleure compréhension du modèle existant il a fallu comprendre les modèles antérieurs. Une revue non-exhaustive des différents modes de fissurations a également permis de mieux appréhender la physique du sujet.

Les premiers résultats obtenus montrent que dans les conditions testées l'extrudé a plus de probabilité de se fissurer en début de séchage et lorsque les gradients (de température, de concentration de vapeur,..) sont importants. De plus la zone de fissuration se trouve dans les zones en traction et non en compression c'est-à-dire dans les zones à l'opposé de l'injection d'air chaud.

Ces résultats seront utilisés dans la suite du projet pour finaliser le modèle du lit et trouver des profils de température et d'humidité relative pour minimiser la fissuration.

*. Adresse de l'entreprise : 1 & 4 avenue de Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison Cedex

IFP Énergies nouvelles

Direction Technologie, Informatique et Mathématiques Appliquées *

Responsable : Madame Delphine SINOQUET

Étudiante : Claire LIZON

Sujet : Optimisation non linéaire mixte en variables entières et réelles : application au problème de placement des puits en ingénierie de réservoir

Résumé

Les problèmes d'optimisation non linéaire mixte en variables entières et réelles (MINLP) sont considérés comme des problèmes particulièrement difficiles : cette complexité provient de l'aspect fortement combinatoire induit par les variables entières et des non-linéarités de la fonction objectif et des contraintes. Bien que l'optimisation MINLP ait bénéficié des grandes avancées des trente dernières années en optimisation non linéaire et en optimisation mixte linéaire, la taille des problèmes de ce type solubles en un temps de calcul acceptable par les méthodes actuelles reste limitée, le temps de résolution augmentant exponentiellement avec le nombre de variables entières.

Dans un premier temps, nous avons étudié différentes méthodes de résolution pour les problèmes MINLP les plus classiques. Ces méthodes sont applicables et efficaces dans un cadre et pour des propriétés ne correspondant pas aux problèmes d'optimisation dans la pratique et le monde industriel. Nous avons alors approfondi notre étude bibliographique pour examiner des méthodes de résolution plus adaptées au cadre des applications visées.

Une partie de ce stage a été consacrée à l'étude d'un solveur MINLP déjà existant, mais dont les conditions d'utilisation ne correspondent pas aux applications à IFPEN. Nous avons alors implémenté notre propre solveur, permettant la résolution de problèmes MINLP dont la contrainte entière peut être relâchée, et nous avons comparé ses performances avec celle du solveur précédemment étudié. Le solveur implémenté pourra être utilisé dans la résolution de sous-problèmes intermédiaires dans le cadre d'un algorithme adapté à des problèmes MINLP plus généraux.

Les études effectuées au cours de ce stage sont destinées au développement d'une méthode adaptée aux problèmes d'optimisation du dispositif d'injection ou de production en ingénierie de réservoir pour le stockage de CO₂ ou la production d'hydrocarbures.

*. Adresse de l'entreprise : 1 & 4 avenue de Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison Cedex

IFSTTAR

Groupe MAT2-CEM3 Comportements expérimentaux et modélisation en mécanique des matériaux*

Responsable : Monsieur Jean-Louis TAILHAN

Étudiant : Josquin FOULLIARON

Sujet : Parallélisation d'un modèle probabiliste de fissuration pour le calcul fiable de structures en béton

Résumé

L'équipe développe un ensemble d'outils de simulation numérique dédiés au comportement mécanique des structures en béton, béton armé, béton précontraint, dans les domaines du Génie Civil et du Génie Urbain. Des modèles de comportements non-linéaires sont développés dans le cadre de la méthode des éléments finis et également dans le contexte d'approches probabilistes : ils sont alimentés par des données d'entrée aléatoires afin, principalement, de rendre compte de l'hétérogénéité naturelle du matériau. L'ensemble de ces outils constitue un code de calcul, programmé initialement en Matlab puis en Fortran 90, et appelé FIDES (FIssuration DEs Structures).

Le principal objectif du stage était de travailler à l'amélioration des performances de calcul du code dans le but :

- de simuler le comportement de structures complexes (complexité liée à leur géométrie, à leurs dimensions, à la diversité de leurs matériaux constitutifs, ...)
- de réaliser des simulations à partir d'une approche de type Monte Carlo et aboutir à une vision fiable du comportement de structures.

Le travail a donc conduit à une parallélisation du code, dans le but d'exploiter au mieux la puissance de calcul de tous les ordinateurs disponibles. Il s'est divisé en trois parties :

- Apprentissage rapide du langage Fortran et familiarisation avec la mécanique des structures
- Analyse du code séquentiel existant et mise en place théorique d'un algorithme parallélisé
- Programmation du nouvel algorithme et validation de la programmation.

A l'issue de ces travaux, un gain notable de vitesse a été constaté sur des calculs pouvant être jusqu'à vingt fois plus rapides. Par exemple, pour un problème à 48909 éléments et 42909 degrés de liberté : temps par itération en séquentiel 53 s - temps par itération en parallèle avec 7 processeurs 2.3 s.

*. Adresse de l'entreprise : 58 Boulevard Lefebvre, 75015 Paris

Institut National de la Recherche en Informatique et Automatique
Equipe Biologie Analyse Numérique et Géophysique BANG *
Responsable : Monsieur Emmanuel AUDUSSE

Étudiante : Tassadit ASMAA

Sujet : Schémas à grands pas de temps

Résumé

Le stage s'est déroulé à l'INRIA (site de Rocquencourt) au sein de l'équipe - projet BANG qui travaille notamment sur l'analyse numérique et la simulation des écoulements géophysiques, c'est dans cette thématique que s'inscrit ce mémoire.

Ces dernières années la simulation numérique des écoulements géophysiques s'est accrue dans le monde entier, parce que les applications sont nombreuses et préoccupent de plus en plus notre société : climat, pollution, couplage hydro/biologique ou hydro/sédimentaire ...

Les équations de Navier-Stokes à surface libre peuvent être utilisées pour modéliser ces écoulements. On leur préfère pourtant un système plus simple, celui de Saint-Venant. Ce système est obtenu par intégration des équations de Navier-Stokes selon la verticale, et il les approche de manière satisfaisante dans les cas qui nous intéressent tout en réduisant les difficultés numériques rencontrées.

Les modèles étudiés sont de type hyperboliques et sont souvent résolus par des schémas volumes finis, explicites en temps. Cela représente un inconvénient majeur car pour être stables ils sont contraints par une condition de type Courant-Friedrichs-Lewy (CFL) qui limite le pas de temps en fonction du pas choisi en espace et des valeurs propres du système. Cette condition CFL implique entre autres des effets gravitationnels et est très restrictive, alors que les ondes de surface ne sont pas toujours significatives.

L'objectif du stage est l'étude de stratégies alternatives pour la discrétisation en temps dans le but de résoudre numériquement le système de Saint-Venant en utilisant des grands pas de temps. Dans un premier temps il a fallu expliciter les schémas pour des équations scalaires : dans notre cas il s'agissait de l'équation de transport et de Burgers. Puis nous avons regardé des schémas implicites pour le système de Saint-Venant par des méthodes classiques ou plus originales.

*, Adresse de l'entreprise : Domaine de Voluceau, Rocquencourt - BP 105, 78153 Le Chesnay Cedex

ISA Software

Bureau d'études et d'analyse *

Responsable : Monsieur Ian CROOK

Étudiant : Jean-Denis BLONDOT

Sujet : Complexité du trafic aérien

Résumé

Mon stage s'est déroulé à ISA Software, une entreprise d'aéronautique réalisant des études et des simulations dans le domaine aérien. L'objectif de ce stage était de faire des recherches sur la complexité du trafic aérien et d'intégrer une méthode de complexité jugée pertinente.

Dans un premier temps, j'ai dû faire un état de l'art des méthodes existantes. Ce travail de bibliographie m'a permis de bien comprendre l'enjeu et le rôle important de la complexité dans le travail des contrôleurs aériens. Après avoir lu de nombreux articles scientifiques souvent présentés lors de conférences internationales, j'ai choisi d'extraire les méthodes qui me semblaient les plus novatrices et judicieuses pour m'y intéresser plus en détail. J'ai décidé d'en garder deux qui possédaient chacune leurs avantages. Il a fallu que je m'assure d'en avoir une bonne compréhension afin de me les approprier.

La première méthode que j'ai choisie est basée sur les systèmes dynamiques et a finalement été mise de côté après avoir rencontré des difficultés inattendues. Je me suis donc entièrement consacré à la deuxième méthode basée sur la modélisation de l'incertitude des trajectoires des aéronefs à l'aide d'un mouvement brownien. J'ai dès lors réalisé mon travail par étapes sur le logiciel matlab en commençant par le cas le plus simple en 2D de trajectoires constituées d'un seul segment. J'ai ensuite étendu la méthode au cas 3D pour des trajectoires composées de plusieurs segments.

Après m'être assuré de la justesse des mes résultats, j'ai programmé la méthode dans un autre langage, en l'occurrence C++, en vue d'une future intégration à un logiciel de simulation développé par l'entreprise ISA Software.

*. Adresse de l'entreprise : 38 rue des Gravilliers, 75003 Paris

Ministère de la culture et de la communication

Département des études de la prospective et des statistiques - DEPS *

Responsable : Madame Sylvie OCTOBRE

Étudiante : Islah BAHIRI

Sujet : Analyse des trajectoires des pratiques culturelles d'un panel d'enfants suivis de 11 ans à 17 ans de l'enquête Univers culturels

Résumé

Il s'agit d'un travail de recherche dont le but est d'analyser les trajectoires des pratiques culturelles d'un échantillon de 3900 individus issus d'observation (par voie d'enquête) longitudinale qui comporte quatre vagues d'interrogation, respectivement aux printemps 2002, 2004, 2006 et 2008.

L'observation longitudinale a permis d'appréhender l'évolution des univers culturels au fil de l'avancée en âge afin de comprendre les itinéraires de pratiquants, et l'évolution du rapport aux pratiques.

La première étape de l'étude a été la compréhension et la constitution des bases de données sous SAS. Celles-ci concernaient onze pratiques et consommations culturelles pour ensuite déterminer une méthodologie permettant pour chacune :

- d'élaborer une typologie des trajectoires culturelles simplifiées : l'analyse des correspondances multiples et la classification ascendante hiérarchique va nous permettre de réaliser cette première partie du projet.
- la mise en regard de la typologie obtenue et des éléments de contexte (environnement social et caractéristique de l'enfant).
- identifier et hiérarchiser l'influence des principales instances de socialisation sur la définition des trajectoires obtenues : la famille bien sûr (profession du chef de famille, diplôme de la mère, climat familial..), l'école, le groupe des pairs (liaison avec la sociabilité).

La régression logistique va nous permettre de choisir un modèle final explicatif des trajectoires pour chaque pratique culturelle.

*. Adresse de l'entreprise : 182 rue Saint-Honoré, 75033 Paris cedex 01

ONERA

Département de Simulation Numérique des Ecoulements et Aéroacoustique *

Responsables : Messieurs Raphael LEGER et Christophe PEYRET

Étudiante : Alexandra CHRISTOPHE

Sujet : Etude d'un schéma d'interpolation en temps pour un solveur hybride en aéroacoustique numérique

Résumé

La simulation en aéroacoustique fait appel à différentes méthodes numériques, qui, dans un contexte d'applications industrielles, sont tenues de remplir des exigences strictes. En particulier, les schémas doivent pouvoir prendre en compte des géométries complexes tout en faisant preuve d'un ordre de précision élevé. Parmi ces méthodes, les schémas aux différences finies (DF) et les schémas de Galerkin discontinus (DG) sont amplement utilisés. L'Onera étudie et développe actuellement un solveur hybride différences finies (en grille cartésienne) / Galerkin discontinu (en maillage non structuré) pour la simulation des phénomènes de propagation acoustique. La finalité d'une telle approche est de pouvoir résoudre les zones à géométries complexes par une méthode de Galerkin discontinue en maillage non structuré d'une part, et le reste du domaine grâce à une méthode de différences finies en maillage cartésien d'autre part. La motivation essentielle de cette approche réside dans l'économie en terme de ressources machine qui en découle.

Le but de ce stage était de définir et d'étudier plusieurs techniques d'interpolation en temps permettant de lever les restrictions liées à l'hypothèse d'une avancée en temps identique. Ce qui n'est pas le cas a priori puisque chaque solveur ne possède pas le même maillage, le même schéma ou encore la même CFL. L'étude des schémas de Runge-Kutta a montré qu'il n'était pas toujours possible d'associer des temps physiques à chacune des sous-étapes. Ceci implique, dans notre cas, d'échanger des valeurs à la première des sous-itérations, munie quant à elle d'un temps physique identifiable. Par ailleurs, la non-conformité temporelle implique la mise en oeuvre d'interpolations entre pas de temps, de sorte de pouvoir reconstruire des valeurs du champ solution à un instant quelconque. Dans cette situation, une étude théorique des schémas de RK a montré qu'il n'était pas possible d'atteindre un ordre supérieur à 1.

Deux méthodes d'interpolation (constante par pas de temps et linéaire) ont été implémentées. Des expériences numériques ont notamment montré la supériorité de l'interpolation linéaire en terme de stabilité en temps long.

Finalement, cette méthode a été éprouvée dans le cadre de cas tests acoustiques munis d'une solution analytique. Elle a permis d'obtenir des résultats très satisfaisants en terme de précision ainsi qu'un gain net en terme de temps CPU.

*. Adresse de l'entreprise : 29 boulevard de la Division Leclerc, 92322 Châtillon Cedex

ONERA

Département de Conception et d'évaluation des Performances des Systèmes *

Responsables : Madame Hélène PIET-LAHANIER et Monsieur Julien MARZAT

Étudiant : Sami NAAMANE

Sujet : Synthèse de loi de guidage optimale par métamodèle stochastique à base de krigeage

Résumé

L'objectif de ce stage a été de déterminer des lois de guidage de type commande optimale pour des avions. Pour cela, nous avons proposé une alternative aux méthodes classiques en utilisant l'algorithme d'optimisation Efficient Global Optimization (EGO). Celui-ci tire parti des propriétés d'un métamodèle à base de krigeage, pour rechercher la valeur optimale d'une fonction évaluée par simulation numérique.

Dans ce contexte, il a fallu effectuer une recherche bibliographique sur la navigation en aéronautique, sur l'automatique, sur le krigeage et sur les méthodes d'optimisation stochastique. Nous avons fait le choix de travailler en C++, en nous appuyant sur une bibliothèque de l'ONERA, pour une question de rapidité des calculs. Les premiers résultats obtenus pour un modèle simplifié de drone sont encourageants. En effet, le véhicule parvient à rejoindre sa destination avec un temps de calcul raisonnable.

Mots clés : Efficient Global Optimization, Expected Improvement (espérance de l'amélioration), kriging (krigeage), Adaptive Random Search, Latin Hypercube Sampling, guidance law (loi de guidage), optimal control (commande optimale), Model Predictive Control (commande prédictive).

*. Adresse de l'entreprise : Chemin de la Hunière, BP 80100, 91123 Palaiseau

Laboratoire PRISME

Département Risque Explosion Structure *

Responsable : Monsieur Nicolas GASCOIN

Étudiante : Stéphanie DESCHAMPS

Sujet : Validation et optimisation d'un code de calcul CFD pour la propulsion aérospatiale

Résumé

La propulsion hybride, étudiée dans les années 1970, est une technologie qui trouve aujourd'hui un marché. Cette technologie est une évolution considérable dans le domaine de la propulsion aérospatiale.

Au laboratoire PRISME, des recherches sont effectuées sur ce thème. Elles comprennent un développement de codes numériques et des expériences sur bancs d'essais.

Une thèse sur le sujet "Etude et modélisation d'une chambre de propulseur hybride" est actuellement réalisée par Alexandre MANGEOT et co-financée par le CNES. Elle est le cadre du développement d'un code de calcul CFD en 2D sous Matlab.

En soutien à ce travail de thèse, le stage a contribué à l'étude et à la conception d'un démonstrateur hybride, puis à la compréhension des phénomènes se produisant lors de la combustion hybride.

Parmi ces phénomènes, il y avait la pyrolyse et la combustion ; les nomenclatures des espèces chimiques pour ces deux processus ont été traduites puis reliées l'une à l'autre. Cette interface a ensuite été intégrée au code CFD.

D'autres phénomènes décrivaient la poussée obtenue en sortie de tuyère. Cette poussée a fait l'objet d'un code de calcul 0D. Il retournait des arguments d'entrée nécessaires au code CFD.

L'axe principal du stage était de faire une recherche de cas test dans les banques de données dédiées aux sciences de l'ingénieur. Ces articles serviront à la validation de points de simulation du code sur des phénomènes physiques précis.

Enfin, la recherche de solutions pour la réduction du temps de calcul nous a amenés à l'implémentation d'une bibliothèque de parallélisation sous Matlab et par la suite à une automatisation du code CFD en fin de développement.

*. Adresse de l'entreprise : IUT de Bourges, 63 avenue de Lattre de Tassigny, 18000 Bourges

Les étudiants de l'année 2010-2011

Nom	Prénom	Entreprise	Parcours	Page
Asmaa	Tassadit	INRIA	MPE ps	13
Bahiri	Islah	Ministère de la Culture	MPE ps	15
Belkacem	Fadhila	IFP Energies nouvelles	MPE ps	9
Ben Kilani	Zied	EDF R&D	MPE ps	4
Blondot	Jean-Denis	ISA Software	MPE m	14
Christophe	Alexandra	ONERA	MPE m	16
Deschamps	Stéphanie	Institut Prisme	MPE m	18
Esbrat	Jérôme	EDF R&D	MPE m	6
Fall	Fatou	EDF R&D	MPE m	5
Foulliaron	Josquin	IFSTTAR	MPE ps	12
Gardet	Caroline	IFP Energies nouvelles	MPE m	10
Lizon	Claire	IFP Energies nouvelles	MPE m	11
Naamane	Sami	ONERA	MPE ps	17
Preira	Marlène	GDF Suez	MPE ps	7
Tossa	Marc	CIBC	MPE ps	3
Touahmia	Hamza	GDF Suez Trading	MPE ps	8

Les résumés sont classés dans la brochure par ordre alphabétique de l'entreprise.

Sigles des parcours :

MPE ps : Mathématiques Pour l'Entreprise - analyse numérique, calcul scientifique et probabilités, statistiques

MPE m : Mathématiques Pour l'Entreprise - analyse numérique, calcul scientifique et mécanique