

**Ingénierie Mathématique**  
**Master mention Mathématiques et applications**

UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE (PARIS 6)



---

Responsable : Edwige Godlewski  
Laboratoire Jacques-Louis Lions  
Couloir 15-25 bureau 311  
Téléphone : 01 44 27 42 99  
Télécopie : 01 44 27 72 00  
Email : edwige.godlewski@upmc.fr

Responsable des stages : Marie Postel  
Laboratoire Jacques-Louis Lions  
Couloir 15-25 bureau 313  
Téléphone : 01 44 27 54 08  
Télécopie : 01 44 27 72 00  
Email : marie.postel@upmc.fr

**Résumés des stages en entreprise**  
effectués par les étudiants du Master IM  
parcours Mathématiques Pour l'Entreprise (MPE)  
**année 2013-2014**

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

Secrétariat : Couloir 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 dixième 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 les activités de l'Association des Anciens du MAster d'Ingénierie Mathématique, dont le site internet se trouve à l'adresse

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

Cette association créée en 2006 à l'initiative d'anciens du DESS, favorise les échanges entre les étudiants des différentes promotions et contribue à leur insertion professionnelle, par exemple en diffusant des offres de stages et d'emploi.

## **Responsables pédagogiques dans les différentes spécialisations en 2013-2014**

Probabilités : J. Berestycki, V. Lemaire

Laboratoire de probabilités et modèles aléatoires, site Jussieu, couloir 16-26 1<sup>er</sup> étage

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

Autres intervenants : O. Bardou, M. Rosenbaum, R. Roux, Z. Shi, E. Schertzer

Statistiques : B. Michel

Laboratoire de Statistique Théorique et Appliquée, site Jussieu, couloir 15-25, 2<sup>e</sup> étage

Téléphone : 01 44 27 85 62, Télécopie : 01 44 27 46 70

Autre intervenant : J.-P. Baudry

Analyse numérique - calcul scientifique : E. Godlewski

Laboratoire Jacques-Louis Lions, site Jussieu, couloir 15-25, 3<sup>e</sup> étage

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

Autres intervenants : T. Chacon, P. Frey, F. Hecht, X. Juvigny, J. Portès, M. Postel, F.-X. Roux

Mécanique : A. Monavon et P. Druault

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

Téléphone : 01 44 27 37 90

Autres intervenants (Code\_Aster) : M. Abbas, E. Boyère, J. Delmas

Options :

C++ : F. Hecht

Excel VBA : M. Pelletier

Initiation Fluent / Code\_Saturne : Ph. Parnaudeau

Java : N. Lantos

### **Responsable des stages**

Marie Postel

Marie.Postel@upmc.fr

Campus Jussieu, couloir 15-25, 3<sup>e</sup> étage, 313

Téléphone : 01 44 27 54 08

### **Secrétariat du Master Ingénierie Mathématique**

Francelise Hardoyal

Francelise.Hardoyal@upmc.fr

Campus Jussieu, couloir 15-25, 1<sup>er</sup> étage, 107

Téléphone : 01 44 27 51 14

### **Responsable du Master Ingénierie mathématique**

Edwige Godlewski

Edwige.Godlewski@upmc.fr

Campus Jussieu, couloir 15-25, 3<sup>e</sup> étage, 311

Téléphone : 01 44 27 42 99

4 place Jussieu, 75005 Paris

## **Accenture**

Accenture Technology Solutions \*

**Responsable : Monsieur Amadou THIAW**

**Étudiant : David NERIN PEÑA**

**Sujet : Analyse, gestion et collecte de données d'un client du secteur public**

### **Résumé**

J'ai fait mon stage de fin d'études chez Accenture pour un projet de mise en place d'un progiciel de gestion des ressources humaines pour les chambres françaises de commerce et d'industrie. Le projet consiste à mettre en place un progiciel unique de paie pour la totalité des Chambres de Commerce et d'Industrie. Le déploiement se déroule sur plusieurs années et couvre plus de 170 chambres.

Lors de mon stage, j'ai intégré l'équipe déploiement du projet et travaillé sur la reprise des données d'une dizaine de chambres qui seront déployées en janvier 2015. Dans une première partie du stage, j'ai été en charge du paramétrage des référentiels régionaux. En deuxième partie, j'ai travaillé sur la reprise, l'analyse, la fiabilisation et l'injection dans le système cible des données des salariés. Enfin, j'ai participé à l'évolution d'un outil VBA de collecte et à des ateliers de reprise des données en région.

---

\*. Adresse de l'entreprise : 125 Avenue de Paris 92320 Châtillon

**AXA Life Invest**

Hedging Team \*

**Responsable : Madame Malika MACHROUH**

**Étudiante : Yongqing SU**

**Sujet : Couverture de risque de "Variables Annuités"**

### **Résumé**

Les variables annuités sont des options exotiques. Ce sont des produits financiers très techniques et innovants. Ils mélangent à la fois des notions actuarielles classiques que nous retrouvons dans tous les produits d'assurance et des outils financiers qui permettent de les "pricer" (leur donner un prix) et d'assurer leur couverture. L'équipe de "hedging" (couverture de risque) chez Axa Life Invest où j'ai effectué mon stage suit le processus de "hedging" quotidiennement pour les variables annuités. Elle lance le calcul des sensibilités de marché, suit le "P&L" (profit and loss) quotidien. Elle surveille le mouvement de marché et recommande des "trades" (échanges) si nécessaire pour ajuster le portefeuille de couverture. Durant ce stage de fin d'étude, j'ai pu beaucoup apprendre sur les notions et pratiques des produits structurés et de couverture. En effet, contrairement aux produits structurés proposés par les banques, les variables annuités sont des produits à maturités très longues. Avec le champ libre à beaucoup d'améliorations, ces produits nous offrent des perspectives très intéressantes. En outre, faisant partie de l'équipe Hedging Services d'AXA Life Invest, j'ai participé au développement de l'outil Inforce Analysis Tool, pour lequel il m'a fallu mettre en pratique mes connaissances de C++. D'ailleurs, par cela j'ai pu prendre conscience de l'importance du travail d'équipe. Ce stage m'a donné une expérience très riche et importante avant de rentrer dans la vie professionnelle et m'a aidé à m'adapter à un environnement d'entreprise financière.

---

\*. Adresse de l'entreprise : 100 esplanade Général de Gaulle, 92932 Paris La Defense Cedex

## **Credit Agricole Corporate and Investment Bank**

Global IT\*

**Responsable : Monsieur Mickael ABID**

**Étudiant : Ryad STAMBOUL**

**Sujet : Automatisation des processus de reporting du programme de transformation de la Direction des Systèmes d'Information**

### **Résumé**

L'équipe ITO-TSR du département informatique (Global IT) est en charge du pilotage d'une trentaine de projets permettant à la banque de réduire ses coûts tout en maintenant un service de qualité ; ces projets constituant le coeur du programme de transformation FOCUS GIT 2016. Le rôle d'ITO-TSR consiste plus précisément en un accompagnement opérationnel de l'ensemble de ses collaborateurs, un suivi des investissements et un suivi des économies réalisées par chaque projet. Dans ce cadre, j'ai intégré cette équipe pour une durée de cinq mois, et l'objectif de mon stage consistait à automatiser au maximum la circulation d'information entre les différents acteurs du plan de transformation.

Dans un premier temps, j'ai participé au développement d'un nouveau tableau de bord. J'étais en charge de son amélioration continue, de son suivi et de son déploiement mensuel. C'est autour de cet outil instancié sur chaque projet que s'effectue la circulation du flux de données (avancement du projet, coûts, économies générées) entre notre équipe et les différents chefs de projet.

J'ai également développé plusieurs outils de reporting, qui avaient comme spécificité le fait d'importer certaines données de l'ensemble des tableaux de bord, pour par la suite les regrouper sous différents formats (PDF ou PowerPoint). Les fichiers obtenus étaient en général présentés comme des documents de synthèses d'avancement à l'ensemble des collaborateurs du programme de transformation.

Afin de mettre en place ces outils, j'ai progressivement approfondi mes connaissances en Excel VBA et ai appris le langage SQL. Mon travail a permis aux collaborateurs du plan de transformation de disposer au final d'un tableau de bord plus ergonomique ; tandis que les différentes consolidations de synthèses d'avancement leur assurent à présent un gain de temps non négligeable.

---

\*. Adresse de l'entreprise : 25 Quai du Président Paul Doumer, 92920 Paris La Défense

## **Crédit Foncier de France**

Direction des Risques - Service Analyses Quantitatives du Risque\*

**Responsable : Madame Anne LARDIN**

**Étudiant : Youssef BENOSMAN**

### **Sujet : Production et développement de statistiques de sinistralité**

#### **Résumé**

Le Crédit Foncier de France est un organisme de crédit à l'échelle nationale qui a bâti son savoir-faire sur 160 ans d'expertise immobilière. J'ai été accueilli par l'équipe Analyses Quantitatives du Risque qui intervient principalement sur des études quantitatives au sein de la Direction des Risques. L'activité du service se concentre sur trois thématiques :

- l'évaluation du risque de crédit,
- le calcul de statistiques utilisées dans le cadre du refinancement,
- la maîtrise du risque à l'octroi des crédits.

Au cours des six mois passés dans ce service, ma mission a été de développer et d'automatiser la production de statistiques de risque dans le domaine des crédits immobiliers.

Dans un premier temps, j'ai travaillé sur la sinistralité qui est l'étude des taux de défaut. Ces premiers travaux sur ce sujet m'ont apporté beaucoup de connaissances « métier » sur le risque de crédit immobilier. D'un point de vue technique, ils m'ont aussi permis d'approfondir mes connaissances du langage SAS et plus précisément du langage macro. Des travaux complémentaires ont été effectués afin de prédire le taux de défaut. Ma participation a consisté à effectuer des recherches sur quelques modèles de prévision tel que le « Lissage exponentiel de Holt ».

Dans un deuxième temps, j'ai étudié un modèle de calcul de provision élaboré par la BCE (Banque Centrale Européenne) dans le but de tester le calcul des provisions des organismes bancaires européens. Ma contribution avait pour objectif de comprendre et d'appliquer le modèle sur le périmètre des prêts aux particuliers.

Dans un dernier temps, j'ai réalisé plusieurs statistiques (taux de défaut, d'impayé, de remboursement anticipé et de recouvrement) pour les agences de notations, dans le cadre de l'opération de titrisation.

---

\*. Adresse de l'entreprise : 4, quai de Bercy, 94220 Charenton-le-Pont

## **Dassault Systèmes**

R& D Technologie, Service du Modeleur Géométrique \*

**Responsables : Madame Eve-Marie DUCLAIROIR et Monsieur Jean SALOUX**

**Étudiant : Wilfried DOMTCHUENG TCHUENCHE**

**Sujet : Développement d'un logiciel interactif de calcul formel**

### **Résumé**

Ce stage a été effectué au sein du service Géométrie du département R&D technologie de Dassault Systèmes. Dassault Systèmes est une entreprise spécialisée dans l'édition de logiciels à environnement 3D.

Dassault Systèmes dispose d'une infrastructure de calcul formel appelée WhiteBox. Cette dernière permet de manipuler des expressions mathématiques et d'y appliquer certains opérateurs mathématiques tels que : les opérateurs arithmétiques, la dérivation, l'évaluation, la simplification, . . . . Un des objectifs du stage était de doter cette librairie (WhiteBox) d'outils permettant le calcul exact de primitives. Le second objectif de ce stage était d'améliorer l'expérience utilisateur et les fonctionnalités de l'application web associée. Cette application permet à l'utilisateur de bénéficier des méthodes de la librairie.

Afin de mettre en place l'intégration formelle, nous avons implémenté des algorithmes d'intégration obtenus grâce à une recherche bibliographique. Puis, l'intégration de ces algorithmes à la librairie a nécessité des développements supplémentaires spécifiques. Nous avons travaillé sur les algorithmes d'intégration suivants : l'intégration des fonctions usuelles, l'intégration par changement de variables et l'intégration de fonctions rationnelles simples. Parallèlement à notre travail sur l'intégration, nous avons d'une part, amélioré l'interface utilisateur de notre application web grâce aux langages Html, CSS et JavaScript, d'autre part, nous avons apporté de nouvelles fonctionnalités en ajoutant de nouvelles commandes. Cette dernière tâche a été réalisée à l'aide de Bison et Flex.

Le travail effectué permet, d'une part, à la librairie WhiteBox de disposer de méthodes permettant le calcul exact d'intégrales et d'autre part, à l'application web d'avoir une interface plus agréable, plus ergonomique et plus facile d'utilisation.

---

\*. Adresse de l'entreprise : 10 rue Marcel Dassault, 78140 Vélizy-Villacoublay

**EDF R&D**

Département Management des Risques Industriels (MRI) \*

**Responsables : Monsieur Valentin RYCHKOV**

**Étudiant : John CHARBIT**

**Sujet : Visualisation de fonctions scalaires multi dimensionnelles**

**Résumé**

Dans le cadre de ma formation en ingénierie mathématique, j'ai réalisé mon stage de fin d'études au sein de la société EDF R&D dans le département Management des Risques Industriels (MRI). Le but de mon stage était la visualisation des fonctions scalaires multi dimensionnelles, à l'aide d'un logiciel développé par l'Université de l'Utah. L'application de ce logiciel de visualisation pour EDF R&D avait pour but d'observer et d'analyser les probabilités de défaillances des vannes d'évacuations de l'eau dans un barrage hydraulique afin d'éviter le risque de débordement du système. Pour cela j'ai dû réaliser des traitements de bases de données générées par la méthode de Monte Carlo, mettre en place des probabilités de défaillances à partir des bases et calibrer les paramètres du logiciel de visualisation afin d'obtenir une représentation des bases de données la plus fiable possible. Pour finir, je devais analyser les graphes obtenus et proposer une stratégie pour éviter les situations de débordements.

---

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

# École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris (ESPCI Paris-Tech)

Institut Langevin \*

**Responsables : Messieurs Alexandre AUBRY et Arnaud DERODE**

**Étudiant : Thibaud BLONDEL**

**Sujet : Application de l'approche matricielle de propagation des ondes en milieux complexes à la géophysique**

## Résumé

Ce stage a consisté en une collaboration entre l'Institut Langevin, et l'Institut des Sciences de la Terre (ISTERRE) de Grenoble. Une méthode matricielle d'étude de la propagation des ondes ultrasonores en milieux complexes a été mise au point à l'Institut Langevin il y a quelques années, et l'objectif de ce stage était d'appliquer cette méthode aux ondes sismiques en géophysique.

Un milieu complexe est un milieu hétérogène désordonné dans lequel une onde qui se propage est susceptible de subir de nombreuses diffusions. Ce type de milieu est étudié au moyen d'une source et d'un récepteur placés en vis-à-vis du milieu considéré. L'onde émise par la source et reçue par le récepteur comporte deux composantes :

- une composante de diffusion simple, qui est la somme de toutes les ondes partielles n'ayant été diffusées que par un seul diffuseur lors de leur trajet entre la source et le récepteur
- une composante de diffusion multiple, qui est la somme de toutes les ondes partielles ayant subi plusieurs événements de diffusion entre la source et le récepteur

La contribution de diffusion simple est celle utilisée en échographie ou en radar pour construire une image de la réflectivité du milieu ; il y a en effet une équivalence directe entre le temps d'arrivée de chaque écho et la distance séparant le capteur et le diffuseur ayant engendré cet écho. En revanche, dès qu'il y a diffusion multiple, cette équivalence n'est plus valide. Il n'est alors plus possible de construire des images fiables du milieu selon les techniques classiques. Par contre l'intensité multiplement diffusée peut être étudiée sous une approche probabiliste. Cela permet de mesurer des paramètres statistiques de la propagation de l'onde dans le milieu.

Un premier travail de bibliographie m'a permis de comprendre comment caractériser matriciellement la propagation de l'onde dans un milieu complexe lorsqu'on dispose d'un réseau de capteurs placé en vis-à-vis du milieu. En acoustique, ces capteurs peuvent fonctionner à la fois en émission et en réception et se présentent sous la forme d'un réseau à une dimension. La matrice caractéristique du milieu s'obtient de la façon suivante :

- on émet, à partir d'un capteur donné du réseau, une impulsion brève
- on reçoit, sur l'ensemble des capteurs du réseau, le signal retrodiffusé par le milieu. Cette réponse du système lorsque l'excitation est une impulsion localisée dans le temps et l'espace s'appelle la fonction de Green.
- on réitère l'opération en considérant tous les autres capteurs du réseau comme émetteurs, chacun leur tour

Si le réseau comporte  $N$  capteurs, on construit alors une matrice  $N \times N$  dite matrice de Green, caractéristique du milieu étudié.

Par ailleurs, en géophysique, les matrices de Green peuvent être mesurées, non plus en utilisant des sources ponctuelles (les séismes, qui sont incontrôlables), mais en utilisant les corrélations croisées

---

\*. Adresse de l'entreprise : 1 rue Jussieu, 75005 Paris

du bruit sismique ambiant (qui provient du vent, des courants marins ou de l'activité humaine, et dans lequel baigne chaque point de la Terre à tout instant) mesuré en chaque capteur du réseau. Ceci a été réalisé par les géophysiciens d'ISTERRE (Julien Chaput, Michel Campillo) pour un réseau de géophones placés à la surface du volcan Erebus en Antarctique.

Enfin la matrice de Green présente des propriétés différentes en régime de diffusion simple et multiple, ce qui a pu être exploité en acoustique pour construire un radar intelligent capable de séparer les composantes de diffusion simple et multiple, et ainsi permettre d'imager des cibles enfouies dans des milieux particulièrement diffusants.

Afin d'appliquer cette méthode de filtrage au cas du volcan Erebus, j'ai dû interpoler le champ mesuré par chacun des géophones sur les points d'un maillage 2D régulier. J'ai dû ensuite adapter le formalisme matriciel existant pour les réseaux 1D au réseau 2D constitué par le maillage d'interpolation.

A partir de la matrice de Green obtenue, j'ai pu appliquer les techniques classiques d'imagerie pour tenter de retrouver la présence d'un lac de lave sous le volcan. Ces dernières échouent du fait de la diffusion multiple importante induite par les hétérogénéités du volcan. En revanche, en filtrant préalablement la diffusion simple, j'ai pu retrouver la présence d'un diffuseur particulièrement échogène à la position attendue pour le lac de lave.

Une autre partie de mon travail a consisté à étudier la diffusion multiple dans le milieu et a conduit à une estimation du libre parcours moyen de l'ordre de quelques centaines de mètres à un kilomètre, estimation en accord avec les mesures effectuées par les géophysiciens.

**École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris (ESPCI Paris-Tech)**

Institut Langevin \*

**Responsable : Monsieur Emmanuel BOSSY**

**Étudiante : Anisia POPESCU**

**Sujet : Génération d'ondes photoacoustiques par une nanoparticule d'or**

**Résumé**

L'Institut Langevin est un laboratoire de Recherche de L'ESPCI. Les recherches menées au sein du laboratoire portent sur la propagation de différents types d'ondes (mécaniques, électromagnétiques et optiques) dans des milieux complexes. Elles mènent à la conception d'instruments originaux pour la manipulation de ces ondes et l'imagerie de ces milieux.

Le stage, effectué au sein de l'équipe Ondes et Images / Physique des Ondes pour la Médecine et la Biologie (POM), a porté sur une technique d'imagerie récente multi-ondes qui regroupe les principes de l'imagerie optique et ultrasonore. Le phénomène étudié a été la génération d'ondes photoacoustiques par un absorbeur exogène, une nanoparticule d'or. Le principe de l'imagerie photoacoustique consiste en l'envoi d'un pulse laser d'une durée de l'ordre de la nanoseconde sur un absorbeur. L'énergie optique est transformée en énergie thermique. L'échauffement de la nanoparticule entraîne une dilatation thermique qui à son tour entraîne la création d'une onde de pression. Le signal ultrasonore résultant est ensuite capté grâce à des transducteurs positionnés au bord de l'objet.

L'objectif de ce stage était de modéliser le phénomène photoacoustique et de déterminer l'influence de plusieurs paramètres sur la qualité du signal photoacoustique résultant.

Après une étude bibliographique qui a permis la compréhension du problème posé il a fallu appliquer des schémas de discrétisation ainsi que des méthodes numériques diverses implémentées en Matlab. Les résultats obtenus vont permettre la mise en oeuvre d'expériences dans le laboratoire.

---

\*. Adresse de l'entreprise : 1 rue Jussieu, 75005 Paris

**Eurodécision \***

**Responsable : Monsieur Benoît ROTTEMBOURG**

**Étudiant : Adrien GAULTIER**

**Sujet : Optimisation du dimensionnement et des transports d'une flotte de véhicules pour une entreprise de location de voitures**

### **Résumé**

Le but du stage effectué était de créer un outil-prototype capable d'apporter un gain en marge (chiffre d'affaires - coûts logistiques) à une entreprise de location de voitures opérant sur un territoire national. Ceci par le "juste" dimensionnement de la flotte, par le positionnement optimal (géographiquement et temporellement) des véhicules, et par l'optimisation des déplacements dans le réseau.

Le stage s'est déroulé en plusieurs étapes : Dans un premier temps, il a fallu élaborer un modèle représentant les coûts et profits et créer des jeux de données à partir de données réelles. Par la suite il a fallu trouver un mode de résolution pour le problème déterministe (demande estimée par une valeur moyenne) et le formuler rigoureusement mathématiquement et algorithmiquement. Les cas de stock global à injecter dans le réseau connu à l'avance ou à déterminer ont été traités. Une approche par programmation linéaire a été effectuée. Il a enfin fallu trouver des solutions entières au problème (optimales ou sous-optimales) et les étendre à des situations de demandes incertaines via différents scénarios. La robustesse des solutions a été testée, et un moyen de restitution-visualisation de ces dernières a été trouvé.

Tout au long du stage un outil informatique permettant la résolution du problème et la restitution des solutions a été développé. Il a été codé en C++ sous VisualStudio et la restitution des solutions s'est faite via l'IHM Qlikview.

Les résultats obtenus ont été satisfaisants et apportent un gain en marge significatif. Un prolongement du stage avec l'intégration d'une contrainte de déplacement des véhicules "par paquets" dans des camions peut être envisagée.

---

\*. Adresse de l'entreprise : 9 rue de la Porte de Buc, 78000 Versailles

## **IFP Énergies Nouvelles**

Direction Technologie, Informatique et Mathématiques Appliquées \*

**Responsables : Monsieur Jean-Marc GRATIEN**

**Étudiant : Omar MOKHTARI**

### **Sujet : Étude des méthodes de décomposition de domaine multi-niveaux dans le contexte des Volumes-Finis**

#### **Résumé**

La résolution de grands systèmes linéaires creux constitue souvent la partie la plus coûteuse des simulations d'écoulements en milieux poreux. Le recours à des machines aux moyens de calcul puissants, offrant un nombre important d'unités de calculs s'avère donc d'un grand intérêt pour la résolution de ces systèmes et l'amélioration des performances des simulateurs.

L'objectif de ce stage est d'implémenter un solveur linéaire basé sur des méthodes de type décomposition de domaine qui, dans l'optique d'avoir une méthode adaptée aux machines massivement parallèles, semblent être une bonne option.

En premier lieu, il a fallu implémenter la méthode de Schwarz additive (ASM) qui, bien que très connue, n'a pas encore été intégrée au MCGSolveur, solveur linéaire de l'IFP. Il s'agit donc là d'une bonne occasion de revoir l'algorithme et de constater le manque connu de scalabilité de ce type de méthode : le nombre d'itérations nécessaire pour converger explose avec le nombre de sous-domaines considérés. Une solution consiste alors à introduire un système global, moins précis (grossier) qui permet de favoriser la communication entre les sous-domaines et ainsi de limiter le nombre d'itérations : c'est le principe des méthodes multi-niveaux.

Le premier système grossier que l'on a testé est celui basé sur l'opérateur de Nicolaidis qui consiste à ne considérer qu'un seul vecteur propre par sous-domaine, le vecteur propre constant. La méthode qui en découle, facile à mettre en œuvre, s'avère donner de bons résultats pour des problèmes homogènes mais manque de robustesse face aux hétérogénéités et est donc inadaptée à la résolution des problèmes que l'on peut rencontrer à IFP Énergies nouvelles.

Nous avons donc testé un autre système grossier, basé cette fois sur l'opérateur GenEO qui a été introduit dans de récents travaux. La méthode consiste à résoudre, pour chaque sous-domaine, un certain problème aux valeurs propres généralisé et à incorporer au système grossier les plus faibles modes, responsables de la stagnation de la convergence. Malheureusement, cette méthode a été établie dans le cadre des élément-finis et il a donc fallu l'adapter à celui des volumes-finis, plus répandus à l'IFP pour les applications en géosciences. Nous avons donc pu adapter la méthode en nous limitant à un cas simple de volumes-finis centrés pour lequel on obtient d'excellents résultats, encourageants pour la suite.

Les travaux de ce stage constituent le point de départ d'une prochaine thèse qui aura pour but de coupler la méthode à l'utilisation d'accélérateurs de type GPU, permettant ainsi de tirer pleinement profit des architectures parallèles de demain. Mais avant, il faudra tenter de généraliser notre adaptation à un cadre moins restreint de volumes-finis.

---

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

**ONERA**

Département Traitement de l'information et modélisation \*

Responsables : Monsieur François-Xavier ROUX et Madame Juliette RYAN

Étudiant : Xavier YAU

Sujet : Optimisation et parallélisation des méthodes de résolution type GMRES

### Résumé

Le but de ce stage consiste en l'optimisation et la parallélisation d'un solveur itératif type GMRES afin de réduire de manière efficace le temps de calcul. La première partie de mon stage consistait en la parallélisation par OpenMP de l'algorithme du GMRES sur un système à mémoire partagée. Par conséquent, une analyse bibliographique concernant ces sujets a été utile avant l'étape informatique. La deuxième partie du stage me demandait de reformuler l'algorithme du GMRES

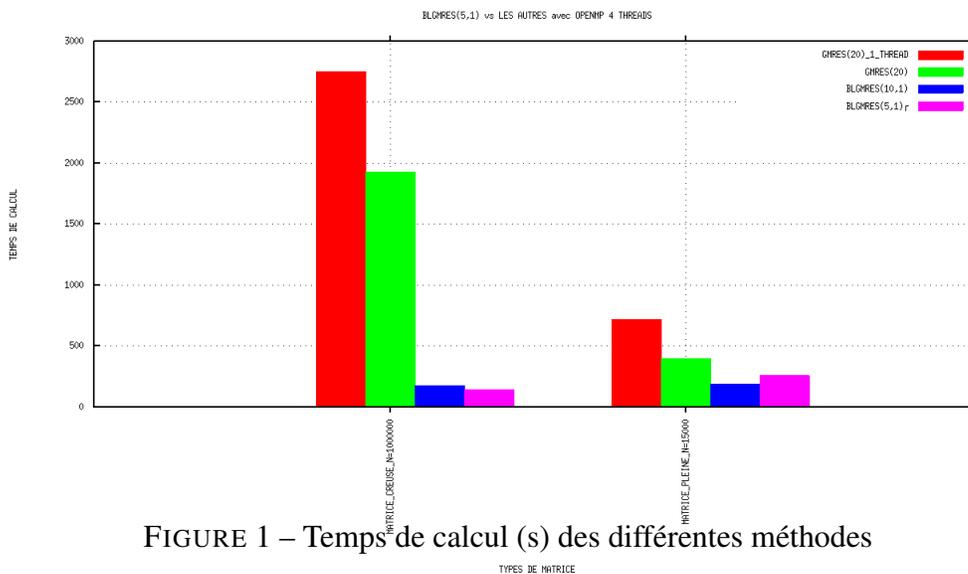


FIGURE 1 – Temps de calcul (s) des différentes méthodes

pour diminuer le nombre d'échanges collectifs. Une méthode itérative par bloc a ainsi été étudiée pour résoudre un système linéaire à plusieurs seconds membres. Pour cela, une recherche bibliographique fut encore une fois nécessaire afin de l'implémenter de façon optimale de telle sorte à accélérer la convergence par la même occasion. Après optimisation de l'algorithme séquentiel, sa parallélisation fut entamée afin de continuer les améliorations concernant le temps de calcul. La dernière partie de mon stage consistait en l'intégration des améliorations obtenues pour le solveur mono-domaine dans un solveur multi-domaines parallélisé avec MPI.

Le résultat majeur a été une optimisation efficace après avoir avoir modifié la méthode itérative séquentiel de base en une méthode itérative par bloc parallèle. Ainsi, pour une matrice creuse provenant de la discrétisation par différences finies de l'équation de Poisson en 2D, on passe de 2749s (temps GMRES(20)\_1\_THREAD en rouge) à 141s (temps BLGMRES(5,1)r en rose).

\*. Adresse de l'entreprise : Chemin de la Hunière et des Joncherettes 91123 PALAISEAU

## **Orange Labs**

Equipe RES (Radio Engineering and Support) \*

**Responsable : Monsieur Salah-Eddine EL AYOUBI**

**Étudiant : Thomas CHERION**

**Sujet : Développement et validation de modèle de capacité pour les réseaux mobiles 3G/4G**

### **Résumé**

Orange Labs est le pôle de Recherche et Développement d'Orange. L'équipe RES travaille sur l'optimisation et le dimensionnement du réseau mobile. Monsieur Salah-Eddine EL AYOUBI est plus spécifiquement spécialisé dans le dimensionnement du réseau mobile. Le dimensionnement du réseau consiste à développer des modèles permettant de simuler le réseau au mieux pour pouvoir en estimer certaines performances (comme par exemple le nombre d'utilisateurs servis) et ainsi l'adapter au mieux à la demande.

Le stage consistait à développer des modèles probabilistes permettant d'estimer certains indices de performance d'une cellule parmi lesquels le nombre moyen d'utilisateurs actifs ou encore le pourcentage de temps durant lequel cette cellule contient au minimum un client actif. Les travaux effectués durant le stage ont fait suite à des recherches commencées et non encore conclues sur deux sujets. Il a donc fallu pour chaque tâche implémenter, adapter (par exemple en incluant des paramètres permettant de gérer l'impatience ou bien la mobilité) puis valider les modèles grâce à des simulations. Dans un premier temps le travail s'est concentré sur des modèles de capacité pour le trafic élastique (transfert de données telles que des mails ou des images), puis dans un deuxième temps pour le trafic voix dans les réseaux mobiles LTE. Ce dernier travail a donné lieu à la finalisation d'un article auquel j'ai pu participer.

Les principaux outils mathématiques utilisés pour ce stage ont été les modèles aléatoires, c'est à dire les chaînes de Markov et les files d'attente. Tout le travail de développement s'est fait sous le logiciel Matlab et les différents comptes rendus sous LaTeX.

Bien entendu, en début de stage, un travail de bibliographie m'a permis d'intégrer et de comprendre les principaux aspects et notions de télécommunication utiles pour traiter mon sujet. Un travail de bibliographie m'a aussi été utile et nécessaire durant toute la suite de mon stage pour pouvoir comprendre certaines notions ou encore enrichir nos modèles avec de nouvelles méthodes ou nouveaux paramètres. Ce stage m'a également permis d'approfondir mes connaissances sur les modèles aléatoires en découvrant de multiples applications dans le domaine de la télécommunication et aussi certains types de modèles spécifiques parmi lesquels : les réseaux de Whittle, les réseaux de Kelly, ou encore les MMPP (Markov Modulate Poisson Process).

---

\*. Adresse de l'entreprise : 38-40 rue du Général Leclerc - 92130 Issy Les Moulineaux

**Société Générale**

SGCIB\OPER\TSU\LPG \*

**Responsable : Madame Virginie PITARCH****Étudiant : Mamadou GUEYE****Sujet : Commando Middle Office****Résumé**

Mon stage de fin d'étude s'est déroulé au sein de l'équipe Liquidity Providing Group (LPG), dirigée par Virginie PITARCH, du 13 Novembre au 13 Mai 2014. La LPG Team est une équipe de middle office dont la mission est d'assurer la liquidité des instruments financiers. Outre ses missions de "Liquidity Providing", la LPG Team est chargée de l'exécution de procédures assurant le bon fonctionnement des ordres de marché initiés par l'équipe Front Office à laquelle elle est rattachée, jouant ainsi un rôle d'intermédiaire entre le Front Office et les autres équipes internes.

Mes missions Commando Middle Office consistaient essentiellement à implémenter des outils d'aide de suivi des positions, à automatiser des procédures utilisées dans la gestion des tâches quotidiennes et à optimiser des macros. Parallèlement à ces missions, je m'occupais des procédures transversales comme la couverture des positions Short initiées par le Front Office, la gestion des Breaks sur les contrats Futures, la gestion des Events, des Assignations, des Expirations...

Intégrer l'équipe LPG m'a permis non seulement de découvrir le métier de Trading Support Unit mais aussi de bénéficier de formations internes sur différents instruments financiers et sur divers marchés notamment le Forex. Ce stage polyvalent, en définitive, tout en me confortant dans mes ambitions professionnelles, m'a permis d'approfondir mes connaissances sur la finance de marché, de perfectionner ma maîtrise de la programmation orientée objet, et surtout de me familiariser avec l'ingénierie quantitative.

---

\*. Adresse de l'entreprise : Cours Valmy 17. Tour Société Générale 92897 Paris La Défense.

## **Université de Versailles Saint-Quentin**

Laboratoire de Mathématiques de Versailles (LMV)\*

**Responsable : Monsieur Laurent DUMAS**

et

**IFP Énergies Nouvelles**

Direction Technologie, Informatique et Mathématiques Appliquées †

**Responsable : Monsieur Frédéric DELBOS**

**Étudiant : Uyhour TAN**

### **Sujet : Amélioration d'un algorithme d'optimisation globale basé sur les Sparse Grid**

#### **Résumé**

Dans le contexte de l'industrie pétrolière, de nombreux problèmes peuvent s'écrire sous la forme d'un problème d'optimisation globale. Il existe de nombreuses méthodes d'optimisation, cependant l'expression de la fonction objectif n'est pas forcément connue, rendant impossible l'utilisation des méthodes utilisant les dérivées. Du côté des méthodes sans dérivées, les méthodes stochastiques sont très coûteuses, tout en ayant une faible vitesse de convergence.

Afin de faire face à ces contraintes, l'utilisation d'une méthode de surface de réponse est adaptée. Une surface de réponse est un remplaçant de la fonction objectif, utilisé lors des étapes de minimisation. Dans le cadre de ce stage, nous nous intéressons à une méthode d'interpolation appelée *Sparse Grid*. Cette méthode est caractérisée par son approche hiérarchique, et sur une grille d'interpolation creuse. La méthode d'optimisation globale qui en découle est appelée *GOSGrid* (*Global Optimization based on Sparse Grid*). Outre l'étape de minimisation globale, elle est particularisée par une étape de raffinement autour des points les plus prometteurs.

Ce stage reprend les travaux entrepris par Eugenio Echague lors de sa thèse, et notamment l'implémentation de l'algorithme *GOSGrid* en MATLAB. Il est articulé autour de trois grandes tâches :

- une étude bibliographique sur les méthodes d'optimisation sans dérivées, le modèle d'interpolation *Sparse Grid* ainsi que les applications l'utilisant
- la simplification et l'optimisation de la toolbox MATLAB, dans l'optique d'une publication. Une documentation a ainsi été rédigée.
- l'amélioration de l'algorithme *GOSGrid*, avec l'ajout de niveaux intermédiaires et l'implémentation d'une procédure de raffinements multiples.

D'autres stages reprendront le flambeau de celui-ci, afin de proposer d'autres améliorations, à l'instar d'un couplage avec des algorithmes d'optimisation locale sans dérivées.

---

\*, Adresse de l'entreprise : 45 avenue des Etats-Unis, 78035 Versailles Cedex

†. Adresse de l'entreprise : 1 & 4 avenue du Bois-Préau , 92 852 Rueil-Malmaison Cedex

## Les étudiants de l'année 2013-2014

Nom	Prénom	Entreprise	Parcours	Page
BENOSMAN	Youssef	Crédit Foncier de France	MPE ps	6
BLONDEL	Thibaud	ESPCI ParisTech	MPE ps	10
CHARBIT	John	EDF R&D	MPE ps	8
CHERION	Thomas	Orange Labs	MPE ps	15
DOMTCHUENG TCHUENCHE	Wilfried	Dassault Systèmes	MPE ps	7
GAULTIER	Adrien	Eurodécision	MPE ps	12
GUEYE	Mamadou	Société Générale CIB	MPE ps	16
MOKHTARI	Omar	IFPEN	MPE m	13
NERIN PENA	David	Accenture	MPE ps	3
POPESCU	Anisia	ESPCI ParisTech	MPE m	11
STAMBOUL	Ryad	Crédit Agricole CIB	MPE ps	5
SU	Yongqing	AXA	MPE ps	4
TAN	Uyhour	UVSQ et IFPEN	MPE m	17
YAU	Xavier	ONERA	MPE m	14

Nous rappelons au souvenir de ses camarades et professeurs **Janet Traore**, décédé pendant son stage de fin d'études.

*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*