

### **0.0.1 Étudiant : Hicham ABIDI**

#### **Sujet : Modélisation inverse de tests de puits pour la caractérisation des réservoirs fracturés**

**Résumé :** Dans le milieu pétrolier, la caractérisation des propriétés statiques (géométrie/topologie du sous-sol, identification des faciès, porosités associées ...) et dynamiques (distribution des perméabilités ...) d'un réservoir ou d'un aquifère donné est essentielle afin d'optimiser l'exploitation du champ. Les propriétés dynamiques ne sont, en général, pas directement mesurables et leur identification repose notamment sur les tests de puits : il s'agit de perturber l'écoulement dans le sous-sol, de mesurer ces perturbations et, en les corrélant à un modèle d'écoulement dans le sous-sol, de mesurer ces propriétés dynamiques. Il s'agit donc d'un problème inverse d'écoulement où les paramètres à inverser sont les propriétés dynamiques, obtenues en minimisant une fonction objectif, par exemple la différence entre les tests de puits simulés et ceux mesurés.

L'objectif de ce stage est double : (1) développer une méthodologie de calage adaptée aux réservoirs fracturés ; (2) coupler un simulateur d'écoulement déjà existant, adapté aux réservoirs fracturés, à un algorithme d'optimisation afin de caractériser les perméabilités matricielles par faciès ainsi que la distribution des conductivités de fractures via calage de tests de puits. Il faudra estimer l'aptitude des algorithmes à résoudre les problèmes inhérents à l'inversion des tests de puits : paramétrisation optimale, flexibilité de la procédure d'inversion. Après un long travail de bibliographie sur les méthodes d'optimisation susceptibles d'être adoptées pour résoudre notre problème inverse, nous avons décidé d'une méthode d'optimisation basée sur un algorithme de gradient conjugué. Ce choix s'explique par la possibilité d'obtenir des résultats satisfaisants et moins gourmands en temps de calcul, car la fonction objectif que nous allons utiliser présente moins d'irrégularités dans le cas d'un réseau de fracture Warren & Root en milieu simple. De plus, le calcul de gradient de la fonction objectif peut être automatisé simultanément avec le calcul de la pression fournie par le simulateur de FRACA .

Dans le cas Warren et Root, les résultats obtenus sont d'excellente qualité compte tenu de l'erreur relative entre la solution exacte et la solution fournie par l'algorithme d'optimisation. De plus, du point de vue du temps de calcul et donc intrinsèquement du nombre de simulations, le gain réalisé est considérable. Bien que les objectifs de stage aient été atteints, le problème de convergence dans le cas "Layer Cake" reste à résoudre et des solutions alternatives doivent être considérées, notamment l'approche stochastique qui aurait l'intérêt d'améliorer la convergence vers le minimum global dans le cas multidimensionnel.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 1-4 avenue Bois Préau, 92852 Rueil-Malmaison Cedex

**Cisco Systems**<sup>1</sup>  
Service Sales Finance

**Responsable : Monsieur Jean-Luc Givone**

**0.0.1 Étudiant : Arnaud ADJADJ**

**Sujet : Étude du lien entre la vente des produits et des services - Étude et prévision de métriques clefs**

**Résumé :** Cisco Systems voit sa clientèle s'élargir aux pays émergents. Dans ces marchés en pleine expansion, il est impératif de déterminer dans quelle mesure la vente des services impacte la vente des produits.

Dans un premier temps il a fallu extraire et ordonner les données, puis créer un outil informatique, utilisant le freeware de statistique R et Excel-VBA, capable de les traiter automatiquement.

Dans la seconde partie il a fallu créer, toujours à l'aide de R, Excel et VBA, un outil informatique permettant de faire la prévision de métriques clefs telles que le chiffre d'affaire et les dépenses. Nous avons utilisé la théorie des Séries Chronologiques et la méthodologie de Box Jenkins.

L'observation de l'activité de Cisco Sytems sous un angle nouveau, a permis aux managers de différentes régions de confirmer ou de découvrir les spécificités de leur région.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 11 rue Camille Desmoulins, 92782 Issy les Moulineaux

Responsable : Monsieur Julius LAWSON DAKU

### 0.0.1 Étudiant : Mohamed AIT TAYEB

#### Sujet : Propagation d'ondes électromagnétiques dans un milieu stratifié plan

**Résumé :** Ce stage s'inscrit dans le cadre du développement d'un nouveau moteur de calcul optique. Ce développement nécessite l'étude et le traitement de la propagation d'ondes électromagnétiques à travers un certain type de dispositifs optiques. Ces dispositifs sont un assemblage de découpes polygonales faites dans des milieux stratifiés plans.

Cette étude nécessite la résolution des équations de Maxwell. Pour cette résolution, nous avons opté pour la méthode matricielle  $4 \times 4$  connue sous le nom de "*Méthode matricielle de Berreman*". La méthode a besoin du calcul de l'exponentielle d'une matrice carrée. Après une recherche bibliographique sur ce sujet, nous avons opté pour l'utilisation d'un algorithme qui ne met pas de conditions particulières sur la matrice. Cet algorithme demande le calcul des valeurs propres de la matrice. Pour ce calcul, nous cherchons le polynôme caractéristique de la matrice. Nous avons utilisé la méthode de *Souriau* pour la recherche des coefficients du polynôme caractéristique de la matrice. Pour trouver les valeurs propres, nous avons à résoudre une équation du quatrième degré.

Après la recherche bibliographique, nous avons fait des tests de validation du code de calcul de l'exponentielle avec *Scilab*.

Dans la partie qui concerne les découpes polygonales, nous avons explicité les propriétés des polygones simples : localisation d'un point par rapport à un polygone, intersection de polygones simples et inclusion d'un polygone dans un autre. Une fois le travail bibliographique terminé, nous avons fait des tests de validation avec *Scilab*.

Vers la fin, nous nous sommes concentrés sur la programmation dans le langage C/C++ : pour le calcul de l'exponentielle d'une matrice carrée, les découpes polygonales qui sont représentées par les polygones simples et sur l'architecture du moteur de calcul optique.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 21F rue Jacques Cartier, 78960 Voisins Le Bretonneux

### 0.0.1 Étudiant : Guillaume AUZIAS

#### **Sujet : Recalage élastique inter individuel de surfaces corticales par déformation difféomorphique**

**Résumé :** Le problème du recalage et plus généralement de la normalisation spatiale des cerveaux d'un groupe de sujets, est un domaine qui mobilise un grand nombre de chercheurs en imagerie fonctionnelle cérébrale et en neuroanatomie computationnelle. En effet, si les cerveaux de plusieurs individus présentent un certain degré de similarité, la variabilité de certains marqueurs tels que la taille, la forme voire la présence de la plupart des sillons corticaux rend difficile une bonne mise en correspondance spatiale de structures anatomiques ou fonctionnelles équivalentes. L'idée générale est de développer une approche de mise en correspondance des anatomies sulcales par déformations élastiques difféomorphiques, assurant ainsi de bonnes propriétés de régularité et d'inversibilité.

L'objectif principal du stage est l'évaluation expérimentale de cette approche, qui doit être menée sur une base de 7 cerveaux dont les étiquettes sulcales ont été validées par un expert. Pour cela, les critères nécessaires à cette évaluation doivent être définis et développés.

À partir des données anatomiques disponibles nous avons obtenu une structure informatique complexe compatible avec l'algorithme de recalage. Les caractéristiques de cette structure permettent d'évaluer si le recalage et les objets déformés sont compatibles avec les outils existants. Notre méthode nous permet d'utiliser comme amers la totalité des sillons présents chez les deux sujets à recalier. L'interface entre les données anatomiques et l'algorithme de recalage est maintenant entièrement automatisée et compatible avec les outils existants. Nous avons ainsi pu mettre en évidence l'applicabilité de notre approche. De plus, une méthode d'évaluation du recalage a été développée et validée par la pratique. La mesure de similarité développée nous permet en outre d'analyser les données.

Notre méthode nous permet de pratiquer des recalages guidés par de nombreux sillons, contrairement aux approches de l'état de l'art. Il nous faut à présent quantifier l'apport de notre approche. L'analyse des données nous a poussés à revoir notre méthode d'extraction des lignes sulcales, une nouvelle approche est donc en cours d'élaboration.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 47 boulevard de l'hôpital, 75651 Paris Cedex 13

PSA Peugeot Citroën<sup>1</sup> et DPS (Digital Product Simulation)

DPTA

Responsables : Messieurs François BOURGIN et Emmanuel COLLARD

### 0.0.1 Étudiante : Céline BERAMIS

**Sujet : Mise au point d'une méthode innovante d'orientation de la conception basée sur le traitement statistique d'une base de données pré-existante**

**Résumé :** L'objectif de mon stage était de mettre en évidence les principales corrélations entre les paramètres de la boîte de vitesses de la concurrence et d'implémenter la méthode statistique utilisée.

Dans un premier temps, j'ai dû me familiariser d'une part avec les paramètres de l'étude et d'autre part avec le langage R, logiciel libre de statistique.

Dans un second temps, j'ai déterminé les corrélations existantes entre les paramètres de la boîte de vitesses par des méthodes factorielles et de classification qui sont l'analyse en composantes principales et la classification ascendante hiérarchique.

Enfin, j'ai dû automatiser les résultats obtenus à partir de ces outils statistiques.

Cependant, compte tenu de la petite taille de notre échantillon, les résultats ne sont valables que dans un cadre bien précis. Aussi, pour palier cette difficulté, PSA envisage d'enrichir la base de données de la concurrence.

---

<sup>1</sup>18 rue des Fauvelles, 92256 La Garenne-Colombes

### 0.0.1 Étudiant : Matthieu CARETTE

#### Sujet : Lagrangien augmenté en volumes finis co-localisés

**Résumé :** L'objectif de ce stage a été d'étudier la possibilité d'appliquer des algorithmes de type Lagrangien augmenté à la résolution des équations de Navier-Stokes en incompressible sur maillages volumes finis co-localisés, en vue d'une implémentation ultérieure dans Code\_Saturne, logiciel développé au sein d'EDF pour la simulation des fluides turbulents essentiellement incompressibles et dilatables sur des maillages quelconques.

Après avoir fait connaissance avec les algorithmes de Lagrangien augmenté, qui utilisent un préconditionnement/pénalisation de l'algorithme d'Uzawa pour minimiser une fonctionnelle quadratique avec contrainte, j'ai mis au point les détails de leur application aux équations de Navier-Stokes.

Pour tester ces algorithmes, j'ai écrit des programmes (C/C++) autonomes et indépendants de Code\_Saturne. Les tests ont été réalisés sur des modèles classiques (Poiseuille et cavité entraînée, en régime stationnaire et en dimension quelconque) et dans un cadre simplifié (maillages cartésiens irréguliers, conditions aux limites simples). Au cours de la mise au point de ces programmes, j'ai été confronté à divers problèmes : choix de solveurs pour résoudre de gros systèmes linéaires non-symétriques, critères d'arrêt, optimisation de code.

Les résultats obtenus, bien que préliminaires, sont encourageants, et vont probablement donner lieu à un test d'implémentation dans Code\_Saturne.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 6 quai Watier, 78400 Chatou

<http://www.edf.fr>

Responsable : Monsieur Frank BENAÏM

### 0.0.1 Étudiant : Ibrahim DIAKITÉ

**Sujet : Évolution des importations et des exportations entre le Mali et la France sur les dix dernières années**

**Résumé :** Le stage a été effectué à Athena Formation, une entreprise créée en 1989, dirigée par Monsieur Frank Benaïm et dont l'une des missions est l'élaboration de sites internet pour les ambassades notamment celles d'Afrique subsaharienne. Mon stage s'inscrivait dans le cadre de cette mission et visait à l'enrichissement du site internet ouvert pour le Mali en y faisant figurer des données fiables sur l'évolution récente des échanges commerciaux entre la France et le Mali. La recherche d'informations et de documentation auprès de différents services en France et au Mali nous a permis de rassembler des données statistiques fiables sur les échanges commerciaux franco maliens de 2000 à 2003 et de les dépouiller en utilisant le tableur Microsoft Excel pour les graphiques. Le constat majeur est que la France est annuellement deuxième pays de provenance après la Côte d'Ivoire des importations totales du Mali de 1997 à 2001 à hauteur de 20% du marché (135 millions d'euros en moyenne) tandis que les exportations du Mali à destination de la France demeurent à un niveau extrêmement faible (12 millions d'euros en moyenne de 1997 à 2001) et ne représentent en moyenne que 0,004% des importations totales de la France, chiffrées à 248,8 milliards d'euros par an en moyenne de 1999 à 2003. En outre, les importations sont variées et les flux sont principalement constitués de véhicules, d'équipements, de denrées alimentaires (lait, sucre, farine, blé, pâtes alimentaires) et de médicaments. Par contre les exportations sont quasi exclusivement basées sur l'or et la fibre de coton qui sont de surcroît à très faible valeur ajoutée. Un tel constat lié à l'étude statistique et à l'analyse de l'évolution récente des échanges commerciaux France-Mali, suscite logiquement un certain nombre d'interrogations. Notamment les possibilités d'accroissement des revenus d'exportation du Mali à destination de la France par la diversification et une plus grande valorisation des produits actuellement exportés. Nous avons tenté d'y répondre en proposant des opportunités d'affaires notamment les créneaux porteurs en zone Office du Niger, les filières mangues, peaux et cuirs et biocarburants à faire figurer au niveau du site Internet ouvert pour le Mali par Athena Formation afin d'attirer davantage l'Investissement Direct Etranger (IDE).

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 28 avenue Georges V, 75008 Paris

### 0.0.1 Étudiant : El-Ghali DIOURI

#### Sujet : Calculs comparatifs de la capacité portante des ponts voûtés en maçonnerie

**Résumé :** L'objectif de ce stage a été d'effectuer une étude comparative afin d'évaluer les performances de RING, un logiciel de calcul de la capacité portante des ponts voûtés en maçonnerie, qui est basé sur des méthodes d'Analyse Limite. Pour cela j'avais à ma disposition une méthode empirique largement utilisée de part le monde du nom de MEXE, et ANSYS un puissant logiciel aux éléments finis.

Dans un premier temps, j'ai effectué de nombreuses recherches bibliographiques afin de réunir les connaissances nécessaires à la compréhension de la mécanique des ponts en maçonnerie, et des voûtes en général. Après avoir pris en main les différents logiciels, en travaillant sur des problèmes concrets de mécanique des structures, je devais construire un modèle au moyen du code aux éléments finis ANSYS. En vue d'une comparaison avec RING, le choix s'est porté sur un modèle bidimensionnel utilisant des éléments d'interface pour simuler la faible résistance en traction des joints de mortier. Deux modèles aux appuis mobiles ont également été réalisés. Je me suis également servi de la méthode MEXE et d'une méthode incrémentale de calcul aux éléments finis développée par A. Brencich de l'université de Gênes pour étoffer mon étude. Enfin pour pouvoir effectuer rapidement un grand nombre de calculs, j'ai décidé d'automatiser les procédures de commandes d'ANSYS et de réunir les différents modèles aux éléments finis, ainsi que la méthode MEXE au sein d'un programme que j'ai développé en langage C. L'étude comparative a alors porté sur plusieurs voûtes d'ouvertures et de flèches différentes. Des points essentiels se sont dégagés de cette étude, à savoir :

-Il faut être très vigilant lorsque l'on est confronté à des voûtes très surbaissées de faible portée. En effet, les résultats que fournit RING semblent erronés pour des voûtes très surbaissées de portée inférieure à 8 mètres.

-Pour des voûtes en plein cintre ou très peu surbaissées le logiciel RING offre un très bon compromis entre temps de calcul et résultats.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 6 avenue François Mitterrand, 93574 La Plaine Saint-Denis



optoPartner<sup>1</sup>

Responsable : Monsieur Julius LAWSON DAKU

0.0.1 Étudiant : Makhan FAYINKE

**Sujet : Cartographie optique d'un milieu stratifié, étude et optimisation**

**Résumé :** L'objectif de ce stage a été d'optimiser le temps de calcul de la propagation d'ondes électromagnétiques à travers un milieu stratifié.

La solution retenue pour réduire significativement le temps de calcul fut d'une part d'échantillonner l'espace des paramètres de l'onde électromagnétique, d'autre part d'interpoler les résultats de la propagation aux points échantillonnés.

Donc, dans un premier temps, il a fallu faire une bibliographie sur le maillage. Ensuite, j'ai étudié le maillage qui nous a permis d'échantillonner l'espace des paramètres.

Dans un second temps, j'ai étudié la recherche de la maille contenant un point donné pour laquelle j'ai été amené à concevoir un algorithme générique.

Après, j'ai fait des programmes de test sous scilab pour valider l'algorithme. Ensuite j'ai réalisé en langage C++ la bibliothèque concernant le maillage et la recherche de la maille contenant un sommet.

Enfin, j'ai réalisé une interface utilisateur avec les outils Glade et Gtkmm.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 21F rue Jacques Cartier, 78960 Voisins Le Bretonneux

Areva T&D<sup>1</sup>

service R&D

Responsable : Monsieur Frédéric HÉLIODORE

### 0.0.1 Étudiant : Julien GAZEAX

#### Sujet : Blackout sur les réseaux électriques

**Résumé :** Les blackouts sur les réseaux électriques et le nombre grandissant de leurs interconnexions amènent de nombreux problèmes. Les réseaux, en conditions limites de fonctionnement, en sont fragilisés et de petits événements tels que la rupture d'une ligne électrique peuvent donner lieu à des phénomènes de pannes en cascade spectaculaires.

Le stage proposait de mettre en évidence et d'étudier le caractère de "criticalité auto-organisée" de ce type de réseau. Le réseau américain a été pris comme cas d'étude car particulièrement complexe et présentant de multiples interconnexions. L'étude a été menée par une équipe de trois stagiaires sous la direction d'un directeur de recherche et constituait une phase préliminaire de recherche.

En partant de travaux de recherche existants sur le sujet (I. Dobson), nous avons été amenés à étudier le phénomène dit de "persistance" des pannes, qui permet d'exhiber des corrélations à long terme sur des données. Dans cette optique, nous avons mis en place le calcul du coefficient de Hurst.

La seconde partie du stage a consisté, à travers des modèles informatiques et probabilistes, en l'étude du phénomène de cascade, par là nous entendons les coupures successives succédant à un incident isolé sur le réseau. Nous avons étudié ce phénomène sous la forme de processus de branchement de Galton Watson améliorés. Cette approche et le parallèle fait avec différents articles nous ont amenés à préciser la signification des corrélations à long terme mises en évidence.

Ces articles (notamment ceux de Hughes & Reeds) nous ont conduits à considérer la présence de phénomènes d'invariance d'échelle (DSI : Discrete Scale Invariance). Les séries invariantes en échelle (également dites, à caractère auto-similaire) présentent une forme spécifique qui prend une ampleur de plus en plus importante au cours du temps. L'étude de ces phénomènes a nécessité la mise en place de certains outils propres aux séries à DSI.

Nous avons ainsi pu montrer, au travers des différentes étapes de ce stage, l'état de tension et la fragilité du réseau électrique américain et l'étude plus particulière des phénomènes d'avalanche a permis d'entrevoir le risque inhérent. Des résultats pertinents ayant été démontrés, il est raisonnable de penser qu'une composante statistique puisse être pérennisée au sein du secteur R&D d'Areva T&D.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 9 rue Ampère, Massy

### 0.0.1 Étudiante : Lidia GOROKHOVA

#### **Sujet : Application d'un logiciel d'optimisation à l'évaluation des profils thermiques dans un four industriel**

**Résumé :** Air Liquide est un groupe international spécialiste des gaz industriels et médicaux ainsi que des services associés. Mon stage de fin d'études s'est déroulé au Centre de Recherche Claude - Delorme, au sein du groupe Modélisation. L'objectif général de ce stage était d'évaluer l'apport d'un logiciel d'optimisation, tel que *modeFrontier*, à un code de simulation des transferts thermiques développé en interne. Ce code simplifié 1D modélise le procédé de Steam Methane Reforming utilisé pour produire de l'hydrogène et du monoxyde de carbone. La principale problématique de l'étude était d'optimiser le fonctionnement du four SMR en jouant principalement sur le profil thermique en entrée du four.

Dans un premier temps, il a fallu me familiariser avec le logiciel 1D, ainsi qu'avec *modeFrontier*. Un important travail de bibliographie a été effectué concernant les méthodes d'optimisation stochastiques et déterministes. Les algorithmes génétiques et les stratégies d'évolution par exemple ont été étudiés en détail.

La première partie du travail a été consacrée au calage des paramètres du modèle. Ce calage se fait par action sur certains paramètres du modèle de manière à ce que les résultats calculés correspondent le mieux aux résultats réels. Un jeu de valeurs unique qui convienne le plus à l'ensemble des cas a été trouvé. Ce résultat améliore légèrement celui déjà trouvé sans utiliser d'outil d'optimisation. De plus, *modeFrontier* permet de réduire considérablement le temps de calcul pour le calage.

La deuxième partie consiste en l'optimisation du fonctionnement global d'un four SMR particulier. Il s'agit ici de maximiser la production de H<sub>2</sub> et de CO tout en minimisant le coût des matières premières, mais aussi d'optimiser la composition des gaz en entrée du four SMR et son profil de chauffe. Le profil de chauffe optimal pour le cas de base existant a d'abord été déterminé. Le grand nombre de variables et les objectifs concurrentiels impliquent l'utilisation de l'algorithme génétique Multi-Objectif. *ModeFrontier* est alors capable d'identifier toutes les solutions appartenant à la limite de Pareto. On déduit de ces recherches qu'il est possible de réaliser des économies non négligeables en terme de coût de production.

Les conclusions obtenues pourront être utilisées par la suite afin de réaliser une optimisation de la géométrie du four SMR. Une telle démarche pourrait être appliquée à l'avenir à d'autres codes de simulation développés par Air Liquide.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 1 chemin de la Porte des Loges, BP 126, Les Loges en Josas, 78350 Jouy - en - Josas

Murex<sup>1</sup>

CRD

Responsable : Mademoiselle Caroline SAYEGH

### 0.0.1 Étudiant : Hassan HADJI

#### Sujet : Implémentation d'un résolvant générique

**Résumé :** Le stage porte sur l'implémentation d'un résolvant générique pour le logiciel de finance Murex MX.3.

Ce résolvant y sera notamment utilisé pour calibrer les modèles et calculer les couvertures de risques, remplaçant ainsi les résolvants spécifiques. Une familiarisation avec les outils disponibles a d'abord été nécessaire avant de commencer à étudier le coeur du logiciel.

Beaucoup de développements (dont certains par moi-même) ont ensuite dû être faits parallèlement au développement principal afin de rendre le module le plus générique possible.

Une première version du module a été élaborée pour comprendre les mécanismes du cadre.

Elle s'est ensuite étoffée progressivement en fonction des nouveaux types de calibrage et de couverture.

Les premiers résultats confirment que le nouveau cadre utilisé par Murex rend possible la création de modules très génériques.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 8 rue Bellini, 75016 Paris

**Areva NP<sup>1</sup>**

Département équipements mécaniques

**Responsable : Monsieur Jean-Pierre IZARD**

### **0.0.1 Étudiant : Florian JAMET**

#### **Sujet : Analyse probabiliste en mécanique de la rupture**

**Résumé :** L'industrie nucléaire ne peut pas se permettre, pour des raisons évidentes, de défaillance du type rupture dans le circuit primaire. Pour cette raison, pour chacun des gros composants du circuit primaire, les études de justification de la tenue mécanique sur toute la durée de vie de l'équipement sont effectuées par une approche déterministe avec prise en compte de marges.

L'approche déterministe consiste à postuler un défaut donné (suffisamment grand pour considérer qu'il est détecté lors des contrôles de fabrication) dans la structure et à étudier la stabilité de celui-ci en prenant des valeurs pénalisantes pour chaque paramètre (caractéristiques matériaux, taille du défaut, etc).

Si le risque de rupture primaire est en principe écarté par l'approche déterministe, des études dites de sûreté sont cependant réalisées pour évaluer le risque de fusion du coeur selon plusieurs scénarii catastrophes. En raison des progrès constants dans le domaine de la sûreté, ce risque est de plus en plus faible et on est amené aujourd'hui à quantifier avec des méthodes probabilistes le risque de rupture de certains gros équipements pour démontrer que ce risque est négligeable par rapport au risque de fusion du coeur.

Le composant le plus sensible, et donc celui qui est amené à être étudié, est la cuve du réacteur en raison du phénomène de vieillissement par irradiation. En plus de ce besoin exprimé aujourd'hui par les autorités de sûreté du nucléaire, l'outil probabiliste permet, en prenant les paramètres étudiés comme aléatoires de mieux connaître les domaines dans lesquels des progrès peuvent être réalisés et orienter ainsi la R et D future.

L'objet du stage a donc été d'étudier les différentes méthodes numériques utilisées dans le domaine des études probabilistes et de reprendre un code développé dans les années 90 par AREVA afin de le rendre plus adapté aux problèmes de rupture brutale de cuve de réacteur.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 1 place de la Coupole, 92084 Courbevoie

### 0.0.1 Étudiante : Bénédicte KANAA

#### Sujet : Base de test sur un solveur analyse éléments finis

**Résumé :** Dassault Systèmes est une entreprise de développement de logiciels 3D. Son outil le plus connu est CATIA. Dans le but de concilier un outil d'analyse et de design toujours plus performant pour CATIA, le service Recherche de Dassault Systèmes travaille sur un solveur utilisant une nouvelle méthode éléments finis. C'est un solveur type résistance des matériaux sur un modèle coque mince.

L'objectif de mon stage a été d'assimiler la technologie de ce solveur afin de le faire évoluer. Dans un premier temps, il a fallu se documenter sur cette nouvelle méthode. Puis comprendre comment la théorie avait été implémentée dans ce solveur.

La deuxième phase de mon stage a consisté à travailler sur une nouvelle approche de résolution et de l'implémenter dans le solveur afin d'optimiser ces performances.

Dans le cadre de mon stage, j'ai aussi eu l'opportunité d'apprendre à utiliser le module éléments finis de CATIA V5 et de pouvoir travailler avec une équipe située aux Etats-Unis. Mon code a été développé en C++ sous Visual Studio. Mon étude va être reprise par l'un des ingénieurs responsables du projet pour intégration.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 9 quai Marcel Dassault, 92150 Suresnes

0.0.1 Étudiante : Florence LAMAZOU

**Sujet : Définition, test et mise en place des procédures de valorisation et / ou mesure de risques de marché**

**Résumé :** Comme le montre le sujet relativement vaste de ce stage, il a été composé de plusieurs études assez diversifiées et travaux en collaboration avec le responsable des normes et des méthodologies.

Dans un premier temps, j'ai dû me familiariser avec la mesure des risques de marché et, en particulier, avec la notion de Value-at-Risk (VaR) au travers de la lecture de documents et d'ouvrages théoriques. J'ai ensuite abordé ma première étude. Celle-ci consistait à comprendre, mettre à jour et implémenter une méthode de calcul de risque de volatilité développée en interne pour un portefeuille composé d'options européennes sur indice. J'ai utilisé cette méthode pour le suivi quotidien et la production du rapport de risques d'un fonds. On m'a également demandé de comparer la méthode de calcul de risque de taux d'un outil interne à celle du logiciel commercial Riskmetrics. Enfin, après avoir participé à la préparation des rapports de risques de deux nouveaux fonds, j'ai été chargée de leur suivi quotidien.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : cour Défense Tour B - La Défense 4 - 100, Esplanade du général de Gaulle - 92400 Courbevoie

### 0.0.1 Étudiante : Sabrina LAOUACHERA

#### Sujet : Optimisation hybride et application à la compensation d'une aube et au rendement d'un compresseur haute pression

**Résumé :** L'objectif de ce stage a été de poursuivre le développement d'un algorithme d'optimisation hybride pour la conception des turbomachines, en l'appliquant au cas d'un modèle de compresseur haute pression et à la compensation d'une aube.

Dans une première phase, le stage s'est déroulé à 75 % du temps au sein du Laboratoire JLL, le reste du temps à Snecma (site de Villaroche sud) pour une familiarisation à l'environnement de travail. Cette première partie du stage m'a permis de m'approprier le code de calcul et de le valider. J'ai élaboré un mode d'emploi de l'algorithme et du code de calcul, une schématisation du cheminement du calcul et optimisation du code. Ce fut aussi l'occasion de créer un ensemble de fonctions pour les lancements tests du code. J'ai pu également m'initier au langage PYTHON et créer un programme en PYTHON pour le post-traitement des résultats de lancements successifs du code.

Un important travail de bibliographie a été effectué pour valider les critères utilisés dans l'algorithme et chercher d'éventuelles propositions pour l'améliorer.

Dans un deuxième temps, le stage s'est déroulé à plein temps dans l'entreprise Snecma (site Villaroche sud). Cette deuxième partie du stage m'a permis d'abord une initiation au logiciel de couplage et d'optimisation "OPTIMUS" et de construire la chaîne de calcul pour le calibrage. Des lancements d'expériences dans l'environnement OPTIMUS ont été faits pour trouver le bon jeu de paramètres et nous permettre de rendre l'algorithme plus souple sans perdre de son efficacité. Ces tests ont aussi permis des comparaisons avec des méthodes d'optimisation préexistantes. Une amélioration du code a été apportée, ainsi qu'une automatisation au niveau de la résolution des problèmes contraints.

Enfin ces résultats ont pu être étendus au cas test industriel de minimisation des contraintes dans un problème de compensation d'une aube de compresseur à haute pression.

On peut encore penser à une autre méthode pour accélérer la convergence de l'algorithme, par exemple GAP (une méthode d'optimisation basée sur les réseaux de neurones) peut donner des idées sur des approximations au cours des itérations. Le but est de réduire le nombre d'individus au cours des itérations et ainsi réduire le nombre d'évaluations pour un gain de temps considérable dans l'application numérique.

---

<sup>1</sup>rond-point René Ravaud, 77550 Moissy Cramayel



### 0.0.1 Étudiant : Hou-Kay LOR

#### Sujet : Modélisation et simulation de l'exploitation de gisements pétroliers par détente avec production de gaz dissous

**Résumé :** Deux catégories de réservoirs pétroliers peuvent être distinguées : les réservoirs d'huiles légères et les réservoirs d'huiles lourdes et extra lourdes. La première catégorie inclut, par exemple, les champs du Moyen-Orient. Les réserves d'huiles lourdes, d'une importance équivalente à celles en huiles légères, sont situées principalement au Canada et au Venezuela. Ces huiles lourdes sont par définition des huiles très visqueuses, de 1 à 55 Pa.s (1000 cp à 55000 cp), leur production est donc plus difficile. Pour des motifs, économiques ou techniques, un grand nombre de ces réservoirs est exploité en production froide par déplétion du réservoir (*Solution Gas Drive*), ce type de production est moins coûteux et plus simple à réaliser.

Bien que l'on s'attende à un faible rendement de ces champs, les premiers historiques de production montrent un taux de récupération bien supérieur aux prédictions. En effet, pour un taux de récupération attendu de 5%, on atteint jusqu'à 15%. Pour des considérations économiques évidentes, la compréhension des phénomènes physiques est indispensable afin d'obtenir des outils de prédiction fiables. Le mécanisme pour expliquer la production élevée des huiles lourdes est lié à un retard à l'équilibre dû au changement de phase, et au maintien du gaz sous forme dispersée pour des saturations en gaz plus élevées. Ce dernier point permet une production de l'huile plus importante par expansion du gaz.

Jusqu'à présent les simulateurs de réservoirs ne permettaient pas la simulation de ce mécanisme. En effet, les simulateurs classiques ne prennent pas en compte ce type de mécanisme hors équilibre. L'objet de ce stage a été, dans un premier temps, la reprise en main du travail de Fabrice Bauget, qui avait fourni un système d'équations permettant de modéliser le phénomène physique anisi qu'un code permettant la simulation de la production des huiles lourdes. Il s'agit dans un deuxième temps, d'améliorer son modèle. Ensuite, de proposer un autre schéma numérique qui permet de calculer implicitement les solutions du problème. Et enfin, concevoir un nouveau code tenant compte de tous ces aspects.

On cherche ainsi à reproduire des expériences de laboratoires (expériences sur carottes) pour obtenir des courbes de perméabilité relative  $k_r$  par *history matching* et pour pouvoir les utiliser dans les simulateurs de réservoirs.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 1-4 avenue de Bois Préau, 92852 Rueil-Malmaison

### 0.0.1 Étudiante : Julie PLANCHON

#### Sujet : Efficacité et optimisation pour la modélisation thermique

**Résumé :** La phase de cuisson est une étape cruciale dans la fabrication du pneumatique : elle conditionne les performances et influe sur le coût de production. L'optimisation de ce processus passe entre autres par la simulation numérique. C'est dans ce cadre que ce stage est effectué. Il consiste à trouver et optimiser des méthodes afin de résoudre le problème inverse de l'équation de la chaleur et de trouver les coefficients d'échange par convection pour obtenir un rendu plus réaliste.

Ceci nous a conduits dans un premier temps à dresser le panorama des méthodes envisageables via une étude bibliographique.

Nous nous sommes ensuite intéressés à l'étude numérique. Tout d'abord, cela nous a conduits à sélectionner et tester les méthodes en cherchant l'efficacité (au niveau précision et performance) puis à les implémenter sur des cas tests. Ces études faites en dimension un et deux sous Matlab nous ont aussi permis de mettre en oeuvre différents algorithmes. Les premiers résultats nous ont renseignés sur les conditions optimales d'études.

Une fois celles-ci connues, nous nous sommes concentrés sur la résolution du problème inverse avec le code industriel 3D développé par Michelin. Nous avons premièrement cherché à étudier des cas tests de dimension deux et trois avec l'équation de la chaleur adimensionnée et ainsi pu valider l'implémentation faite avec Matlab pour finalement utiliser les algorithmes sur des géométries industrielles.

Les résultats trouvés ont permis d'améliorer les valeurs des coefficients d'échange.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : place des Carmes-Déchaux, 63040 Clermont-Ferrand

### 0.0.1 Étudiant : Clément POSSOZ

#### Sujet : Modélisation thermomécanique de la compression de poudres cohésives

**Résumé :** Ce stage a été consacré à l'étude du transfert thermique et à la modélisation de la compression en matrice de poudres cohésives fines (poudres pharmaceutiques), et plus particulièrement à l'influence de la mécanique sur les propriétés thermiques. Nous avons étudié le couplage faible entre mécanique et thermique, dans le sens où nous avons choisi de négliger l'influence de la thermique sur la mécanique. L'étude fut réalisée dans le cas de la compression verticale d'un lit de poudre dans une matrice cylindrique d' $1 \text{ cm}^3$ .

Il a tout d'abord fallu identifier les propriétés mécaniques du problème. Ceci fut basé sur un travail déjà effectué. Ensuite, nous avons étudié les propriétés thermiques : conductivité thermique, chaleur spécifique, résistance thermique, ainsi que leur influence. Puis nous nous sommes intéressés aux propriétés thermomécaniques qui intervenaient et leur influence sur l'échauffement de la poudre, telles l'expansion thermique ou la déformation plastique. Les transferts et la compression ont été modélisés par éléments finis dans le cadre de la mécanique des milieux poreux. Le logiciel Abaqus 6.4 a été utilisé pour la résolution.

Nous avons également résolu le transfert thermique dans la poudre de manière analytique en considérant le cadre de la plaque infinie.

Les résultats montrent que la température au sein d'une poudre en compression dépend de ses propriétés mécaniques, de la température des outils et du comportement de la poudre (déformation plastique), qui peut entraîner un échauffement de près de 20 degrés.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : Campus Jarlard, route de Teillet, 81013, Albi Cedex 09

**Responsable : Monsieur Nicolas MILANDRE**

**0.0.1 Étudiant : Karim ZIANI**

**Sujet : Rétro-spécifications du code de calcul de tenue mécanique des tuyauteries Caltuy Solveur**

**Résumé :** Caltuy Solveur est un code de calcul de vérification de la tenue mécanique des structures de tuyauterie, code utilisé principalement dans le domaine de la conception des centrales nucléaires.

Ce code, par le biais d'un fichier d'entrée de données contenant la structure d'une ligne de tuyauterie, ainsi que les caractéristiques matériaux et les différentes con-

-train  
-tes réglementaires, permet d'en déduire les déplacements, les forces, les moments et la vérification des règlements applicables.

Caltuy Solveur, autrement dénommé Pipestress par la société éditrice du code, est un code créé dans les années 60 et écrit en Fortran. Il est utilisé par EDF depuis 1993, en remplacement du code POUX. Il a ensuite été racheté par EDF en 2004 dans le but de le pérenniser. Le développement de ce code nécessite d'en connaître au préalable les spécifications précises, or celles-ci n'existent pas. Mon travail au cours de ce stage a donc consisté à en écrire les rétro-spécifications.

Le travail de lecture du code s'est fait avec beaucoup de difficultés car deux versions de Fortran cohabitent (IV et 77) et le code est très peu commenté. Difficultés auxquelles se rajoute le décryptage fastidieux des variables utilisées.

Il a fallu déterminer le modèle mécanique et les formules mathématiques implémentées, puis en vérifier la cohérence avec la théorie des poutres de Timoshenko, théorie sur laquelle est basée le modèle mécanique utilisé pour la résolution des problèmes de l'analyse tant statique que dynamique.

Une autre partie du stage, a consisté à décrire la modélisation du modèle mécanique, telle qu'utilisée dans le code à l'aide des cartes de description du fichier d'entrée des données.

Il reste encore à traiter certaines parties de l'analyse dynamique, telles que l'analyse de réponse à plusieurs niveaux de spectres, la méthode dite "generalized response", et également, les parties concernant certaines réglementations, car seul le RCC-M de Niveau 2 a été traité. Il reste aussi à traiter le Niveau 1 de la conception des centrales pour pouvoir, éventuellement, réécrire ce code et/ou re-développer certaines parties pour en assurer la pérennité.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 165/175 avenue Pierre Brossolette, BP 900, 92542 Montrouge cedex

EDF R&D<sup>1</sup>

Département SINETICS

Responsables : Madame Véronique DUWIG, Monsieur Frédéric LEGOLL

### 0.0.1 Étudiant : Chems BENMAMAS

#### Sujet : Calcul d'équilibres de réseaux atomiques de grande taille par décomposition de domaine

**Résumé :** Le contexte industriel du stage est la prédiction des effets macroscopiques de l'endommagement par irradiation des aciers de cuves dans les centrales nucléaires. Le travail effectué au cours de ce stage fait suite à un article, dans lequel on trouve la mise en place et l'étude des méthodes numériques, pour la résolution du problème dans un cas particulier 1D. Le but de ce stage a été de généraliser et d'implémenter ces méthodes.

La configuration atomique du matériau est telle qu'on distingue deux zones. Une première zone de singularité où les défauts sont localisés. Elle est représentée par un modèle non-linéaire. Une seconde zone où on suppose qu'on a de faibles perturbations. Elle est représentée par un modèle linéaire.

On a résolu, dans un premier temps, le problème sur l'ensemble du domaine (deux zones) en 1D, puis dans un deuxième temps, par deux méthodes de décomposition de domaine en 1D. La première est basée sur la continuité des déplacements à l'interface, et la seconde sur l'annulation des forces résiduelles. Ces deux méthodes ont été généralisées et implémentées.

Les résultats que nous avons obtenus, pour le problème de référence (résolution sur tout le domaine), ne sont bons que dans le cas d'une interaction avec une portée  $p = 1$ , où chaque atome n'interagit qu'avec ses  $2p$  plus proches voisins. Pour l'interaction avec un rayon de coupure  $r_c = 1.2$ , où chaque atome interagit avec les atomes dont la distance est inférieure au rayon de coupure, on obtient aussi de bons résultats. Pour une interaction plus grande (portée ou rayon de coupure), les méthodes ne convergent pas bien, ce qui est dû au fait que l'approximation quadratique, dans la zone dite de singularité n'est plus valable. On a aussi dû faire un choix entre les deux algorithmes de décomposition de domaine. On a choisi la méthode basée sur les déplacements, car elle donnait des résultats plus proches de ce qu'on voulait avoir, même si la seconde méthode converge plus vite. En effet, on a un problème non-convexe, donc pas unicité de la solution.

Comme perspective on propose d'améliorer l'algorithme sur les déplacements, et de faire la résolution pour la dimension supérieure.

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise : 1 avenue du Général de Gaulle, 92140 Clamart

Nom de l'entreprise  
Département ou service<sup>1</sup>  
**Responsable : Monsieur Prénom NOM de votre responsable de stage**  
**Étudiant : Prénom NOM**

**Sujet : Titre de votre stage**

**Résumé : Par exemple : ....** L'objectif de ce stage a été de ....  
Dans un premier temps, il a fallu ....  
J'ai pu également ....  
Un important travail de bibliographie a été effectué ....  
Les premiers résultats obtenus montrent .... ont permis... seront utilisés...  
....

Remarques:

- utiliser les macros `\responsable` ou `\responsables` suivant que vous avez un ou plusieurs responsables en entreprise
- utiliser les macros `\etudiant` ou `\etudiante` suivant le cas

**Le tout doit tenir sur une page une fois compilé**

---

<sup>1</sup>Adresse de l'entreprise: Adresse de l'entreprise