

# Department of Computer & Decision Engineering

## Mémoires de Fin d'Etudes 2006-2007

### 1 Information Systems & Semantic Web

#### Introduction

One of the research areas of the Department of Computer & Decision Engineering concerns information systems. Since several years the department has been involved in the development of the MADS conceptual model, an extension of the Entity-Relationship model for representing spatial, temporal, and multi-representation features. More recently, the department has been working in the development of the MultiDimER model, an extension of the Entity-Relationship model for representing multidimensional data, i.e., data that is contained in data warehouses. Finally, the department is also actively involved in Semantic Web, especially in the areas of ontologies and web services.

The subjects presented below covers these three areas. Notice that this list of subjects is not exhaustive, the students interested in these topics are invited to propose original subjects.

#### Automatic Support of Spatio-Temporal Integrity Constraints

The Object Constraint Language (OCL), part of the UML standard, is a formal language for defining constraints on UML models. The Dresden OCL toolkit is an open source software platform for OCL tool support. One of the tools comprising the OCL toolkit is OCL2SQL, an SQL code generator that generates an SQL check constraint, assertion or trigger for an OCL invariant. OCL2SQL can be used and adapted for different relational database systems and different object-to-table mappings.

The objective of the project is to extend the toolkit for taking into account spatial, temporal and multi-representation constraints, as those proposed by the MADS model.

#### Supervisor

- Esteban Zimányi <ezimanyi@ulb.ac.be>

#### Native XML Support for Geographical Data

eXist is an Open Source effort to develop a native XML database system, which can be easily integrated into applications dealing with XML in a variety of possible scenarios, ranging from web-based applications to documentation systems running from CDROM. The database is completely written in Java and may be deployed in a number of ways, either running as a stand-alone server process, inside a servlet-engine or directly embedded into an application.

The objective of the project is to extend the eXist database for taking into account GML, an XML encoding for the modelling, transport, and storage of geographic information.

#### Supervisor

- Esteban Zimányi <ezimanyi@ulb.ac.be>

#### Native XML Support for Multidimensional Data in Data Warehouses

eXist is an Open Source effort to develop a native XML database system, which can be easily integrated into applications dealing with XML in a variety of possible scenarios, ranging from web-based applications to documentation systems running from CDROM. The database is completely written in Java and may be deployed in a number of ways, either running as a stand-alone server process, inside a servlet-engine or directly embedded into an application.

The objective of the project is to extend the eXist database for taking into account multidimensional data, i.e., to enable XML for data warehouse applications.

### Supervisor

- Esteban Zimányi <ezimanyi@ulb.ac.be>

## Data Warehouse Reporting: Towards Visual Business Intelligence

Data warehouses constitute one of the fundamental components of decision-support systems. They aim to support decision-making users in achieving the operational goals of organizations. In this context it is fundamental to provide users with reports presenting summarized information that convey strategic measures of the organization.

The objective of the project is to provide a state of the art of different visualization techniques that can be used in business intelligence as well as developing a toolkit for data warehouse reporting, based on open source Java reporting tools, such as JasperReports, iReport, and JFreeChart.

### Supervisor

- Esteban Zimányi <ezimanyi@ulb.ac.be>

## Analyse et optimisation des échanges de données dans le secteur médical

L'échange de données tant médicales qu'administratives est encore très peu développé en Belgique et dans le reste de l'Europe. Les documents nécessaires au remboursement des patients par les organismes assureurs, les prescriptions médicales et les informations reprises dans le dossier médical du patient sont encore majoritairement disponibles uniquement sous format papier. De même l'échange de ces informations entre les différents acteurs du secteur est encore très réduit. Or bon nombre de coûts pourraient être évités et la qualité des soins pourrait être nettement améliorée si ces informations étaient disponibles en format électronique et accessibles dans un réseau d'échange de données.

D'un point de vue médical :

- Un grand nombre de tests laboratoires (analyse sanguine, tissulaire, imagerie, etc) sont réalisés plusieurs fois.
- Les médecins et les spécialistes répètent souvent un travail (anamnèse, examens, etc) qui a déjà été réalisé plusieurs fois par des confrères.
- Dans les cas d'urgence, certaines informations cruciales concernant le patient ne sont pas disponibles.

D'un point de vue administratif :

- Le traitement des remboursements des actes médicaux par les mutuelles est encore en grande partie manuel.
- L'espace nécessaire au stockage et l'archivage des informations devient un problème de plus en plus important pour les hôpitaux et les médecins.

Grâce à la mise en place d'un système permettant l'échange de ces données entre les acteurs du secteur (prestataires de soins, hôpitaux, organismes assureurs, autorités publiques, patients) de nombreuses économies pourraient être réalisées. Le principal bénéficiaire de ces économies de coût serait notre système de sécurité sociale.

Le but de ce mémoire serait, dans une première phase, d'identifier les centres de coûts et de quantifier les économies qui pourraient être réalisées par la mise en place d'un réseau d'échange de données médicales et administratives en Belgique. Dans une deuxième phase, il tenterait de définir le système d'échange de données qui serait le plus adéquat pour répondre au besoin du secteur santé.

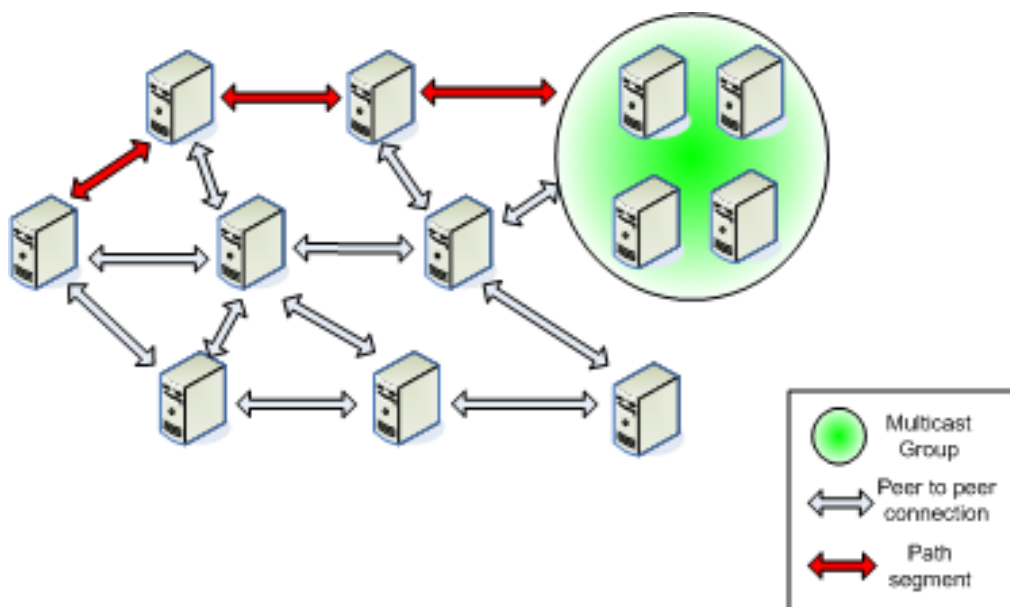
Ce MFE se fait en collaboration avec la Solvay Business School (SBS) et pourrait se faire en duo: l'étudiant SBS prenant en charge les aspects commerciaux, l'étudiant FSA abordant les aspects techniques.

### Supervisor

- Esteban Zimányi <ezimanyi@ulb.ac.be>

## Web Services: Beyond the peer-to-peer architecture

Les web services adoptent une architecture réseau peer-to-peer. Pour de nombreuses applications, ce type d'architecture n'est toutefois pas adaptée. L'objectif de ce travail est de construire une couche d'abstraction middleware utilisant les différents standards des web services (SOAP, WSDL, WSFL, ...) afin de permettre la création de chemins de routage au sein du réseau peer-to-peer ainsi que la formation de groupes de réception permettant l'envoi de messages en mode 'anycast' et 'multicast'.



Le travail utilisera les techniques d'encryptions de messages SOAP adéquates afin de garantir la confidentialités des données transportées (notamment vis-à-vis des noeuds intermédiaires). Une interface de visualisation montrant le statut du réseau, les messages transférés, les chemins utilisés sera développée et illustrera les différents concepts abordés.

### Supervisors

- Esteban Zimányi <ezimanyi@ulb.ac.be>
- François Delière <fdeliere@cs.aau.dk>

## 2 Bio-informatique

### Introduction

Le Service Ingénierie Informatique et de la Décision participe dans le projet BioMaze (Progiciel de stockage, visualisation et analyse de réseaux biochimiques). Dans le cadre du projet BioMaze nous développons un logiciel qui permet de visualiser les réseaux biochimiques. Notre application est basée sur la plate-forme Eclipse et est écrite en Java. Un problème majeur de ce type de logiciel est de pouvoir visualiser une grande quantité d'informations complexes.

Le service collabore également avec le service de Chimie générale et biosystèmes dans le domaine de la simulation du mécanisme de repliement des protéines.

### Expérimentation des designs patterns pour la modélisation de systèmes biologiques complexes

Tout bon informaticien se doit aujourd'hui de maîtriser ces recettes de conception OO que sont les designs patterns. Au-delà des langages de programmation ou de modélisation (UML), ils sont devenus le sujet d'étude et de développement le plus prisé de la communauté informatique. Leur maîtrise permet à ces mêmes informaticiens d'attaquer la simulation de procédés complexes avec plus de facilité. Le MFE consistera en la mise en pratique de ces designs patterns pour la modélisation de systèmes biologiques complexes comme le système immunitaire ou les mécanismes de régulations génétiques. Le travail devrait déboucher sur une adaptation de ces mêmes designs patterns au monde et aux problèmes de la biologie.

#### Supervisor

- Hugues Bersini <bersini@ulb.ac.be>

### Programmation d'une cellule minimale

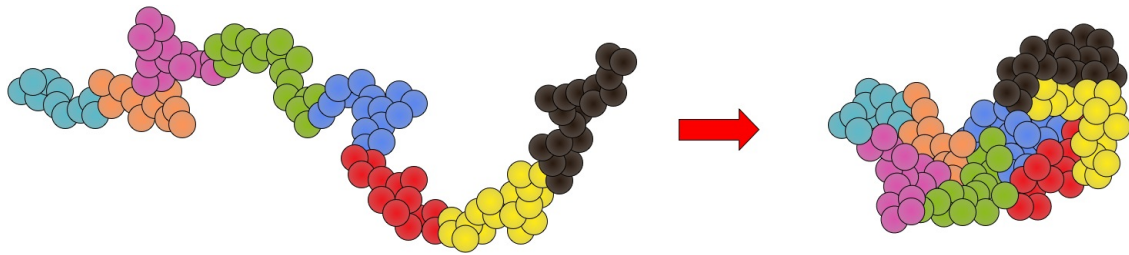
De nombreux biologistes aujourd'hui s'interrogent sur les propriétés minimales nécessaires que doit posséder un organisme pour être caractérisé de "vivant". Parmi celles-ci, on retrouve un métabolisme chimique, la compartimentalisation par une membrane et la possession d'une matrice informationnelle capable de s'auto-répliquer. De nombreux informaticiens leur ont emboîté le pas, et tente par le biais de simulations informatiques de reproduire ces propriétés, surtout la manière dont celles-ci dépendent les unes des autres. Le MFE consistera en la simulation d'un de ces modèles, appelé le "chemoton", ainsi que son expérimentation. C'est l'effort fournir afin qu'une vie artificielle puisse réellement émerger un jour de l'ordinateur !!

#### Supervisor

- Hugues Bersini <bersini@ulb.ac.be>

### Algorithmes de recherche/échantillonnage pour la prédiction de structure de protéines à partir de leur séquence d'acides aminés

Prédire la structure d'une protéine est un problème extrêmement complexe qui consiste à localiser le minimum absolu d'une hypersurface à un nombre élevé de dimensions. Les performances des programmes de prédiction existants sont limitées essentiellement par l'absence d'un algorithme d'échantillonnage 'intelligent', adapté aux protéines et mimant leur repliement réel, qui permette d'atteindre le minimum global de la surface d'énergie libre protéique en un temps raisonnable.



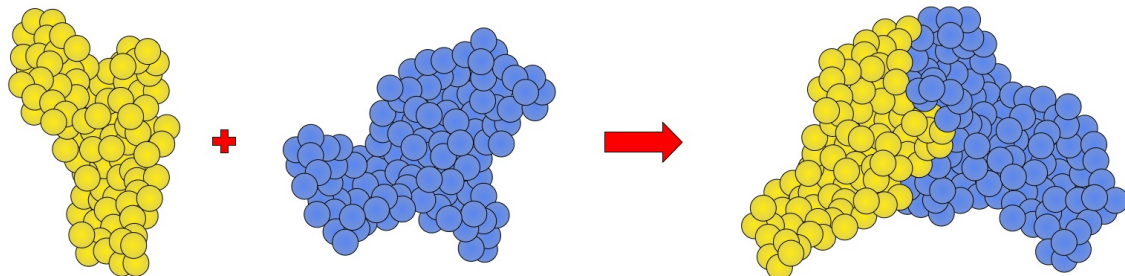
Nous proposons d'analyser diverses approches (algorithme génétique, "branch and bound", ...) en vue de développer un algorithme performant de recherche dans l'espace des conformations. Cet algorithme pourra également être exploité pour échantillonner l'espace des séquences, en vue de générer des séquences compatibles avec une structure protéique donnée.

### Supervisors

- Marianne Rooman <mrooman@ulb.ac.be>
- Esteban Zimányi <ezimanyi@ulb.ac.be>

### Optimisation, intégration et visualisation 3D d'algorithmes de bioinformatique structurale

La détection de similarités dans des structures tridimensionnelles de protéines, la superposition optimale de ces structures, et l'analyse des changements conformationnels qui peuvent s'opérer par exemple lors de l'interaction d'une protéine avec un ligand sont des problèmes biologiquement importants requérant des traitements informatiques complexes.



Molécules de départ

Complexe moléculaire

Nous avons développé précédemment des programmes conduisant des superpositions de structures optimales par rapport à une mesure de similarité choisie et permettant d'analyser en détail des changements conformationnels, mais qui est très coûteux en temps de calcul et n'est donc pas utilisable grande échelle.

Le projet consiste en la conception et le développement d'un algorithme adapté permettant l'optimisation de ces programmes, leur intégration dans une plateforme contenant d'autres outils bioinformatiques et leur liaison avec des programmes de visualisation 3D, permettant aux utilisateurs de visualiser les résultats et une interprétation approfondie.

### Supervisors

- Marianne Rooman <mrooman@ulb.ac.be>
- Esteban Zimányi <ezimanyi@ulb.ac.be>

## 3 Physique des Particules

### Introduction

Le Service Ingénierie Informatique et de la Décision collabore avec l'Institut Inter-universitaire des Hautes Energies (IIHE) dans le déploiement de moyens informatiques pour la recherche en Physique des Particules, notamment dans le cadre du GRID computing. D'autres collaborations ont lieu également avec le Service de Physique quantique de la Faculté de Sciences Appliquées.

### Déploiement d'une grille de calcul internationale pour l'expérience CMS

L'expérience CMS, qui entrera en fonction en 2007 auprès du grand collisionneur LHC du CERN, produira un flux de données sans précédent en Physique des Particules, de l'ordre du PetaBytes par année de fonctionnement. Le traitement de ces données sera réalisé au moyen d'une grille de calcul internationale, dans laquelle les ressources informatiques de plusieurs centres de recherches, dont le service de Physique des Particules de l'ULB, sont mises en commun.

Lors de ce mémoire de fin d'études, l'étudiant pourra envisager un ou plusieurs des aspects suivants :

- étudier la meilleure façon de déployer la grille de calcul;
- étudier les aspects liés au monitoring des différents éléments de la grille;
- participer au déploiement ainsi qu'aux différentes étapes permettant de tester et d'optimiser le fonctionnement de la grille.

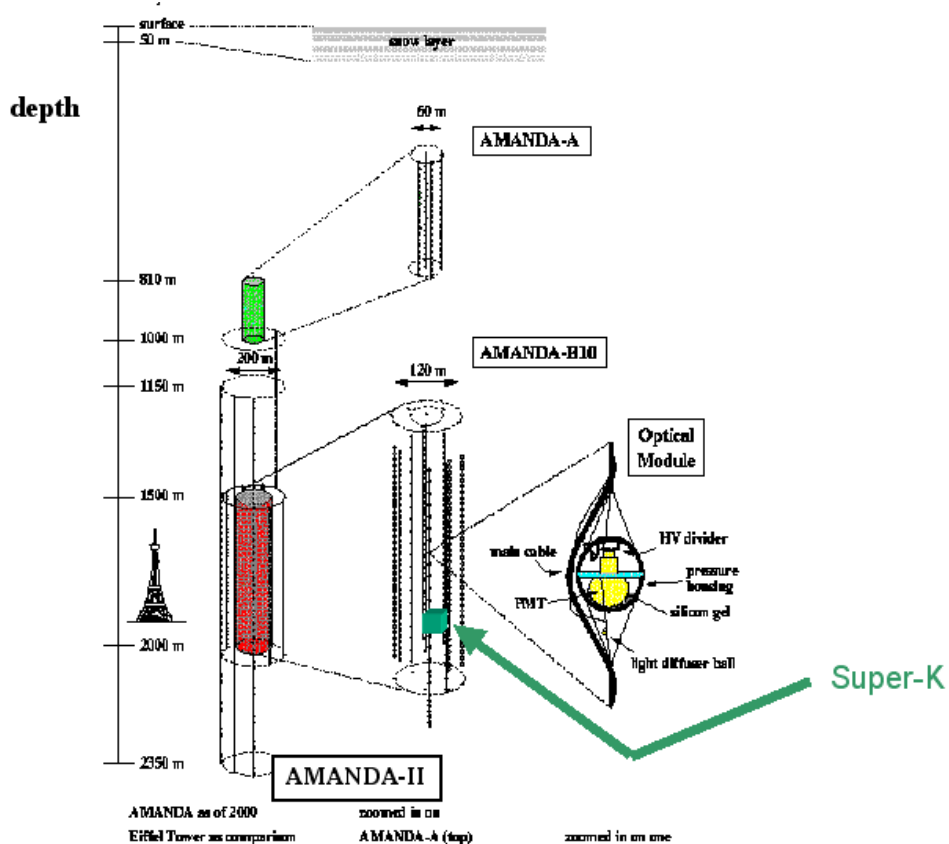
Le déploiement fera appel au nouvel intergiciel (middleware) développé dans le cadre du projet européen EGEE (gLite).

### Superviseurs

- Othmane Bouhali <obouhali@ulb.ac.be>
- Pascal Vanlaer <pvanlaer@ulb.ac.be>
- Esteban Zimányi <ezimanyi@ulb.ac.be>

### Saisie, transfert et synchronisation des données de l'expérience IceCube

L'expérience IceCube est constituée d'une série de chaînes de photomultiplicateurs enfouies dans la glace du Pôle Sud. Les signaux électriques des photomultiplicateurs sont acheminés à un système de saisie de données basé sur des circuits logiques programmables de type FPGA. Afin de déterminer si un événement intéressant s'est produit, on vérifie que plusieurs chaînes de photomultiplicateurs émettent des signaux simultanément. La synchronisation est réalisée à partir des signaux des récepteurs GPS situés à l'extrémité de chaque chaîne. Lors de la détection d'un événement intéressant, les données sont transférées depuis le système de saisie de données jusqu'à la salle de contrôle par une connexion Internet.



Le travail consistera à programmer un prototype du système de données, constitué de FPGA de type Apex de la marque Altera, et de réaliser l'interface avec la connexion Internet. Les langages utilisés sont le C et un langage de programmation FPGA. Le système d'exploitation est Cygnus, une version minimale de Linux.

### Superviseurs

- Daniel Bertrand <dbertrand@ulb.ac.be>
- Esteban Zimányi <ezimanyi@ulb.ac.be>

### Conception d'un logiciel interactif d'étude de l'équation de Schrödinger

Une des caractéristiques les plus remarquable des systèmes microscopiques est la quantification de leur énergie de liaison en niveaux discrets (d'où le nom de physique "quantique"). Le modèle le plus utilisé pour décrire ce comportement est l'équation de Schrödinger: par exemple, connaissant l'énergie potentielle d'interaction entre un atome d'hydrogène H et de fluor F, on peut, par résolution de l'équation de Schrödinger, calculer les niveaux d'énergie (le spectre lié) de la molécule HF. De même, le potentiel d'interaction entre un noyau de carbone 12 et un noyau d'hélium 4 permet de calculer des états liés du noyau d'oxygène 16 (voir figure). Malheureusement, il n'existe pas de correspondance simple entre un potentiel d'interaction et son spectre lié et il n'est pas toujours facile de trouver un potentiel d'interaction décrivant correctement un spectre lié expérimental. Une méthode récemment développée au service de Physique Quantique, les transformations de supersymétrie, résout partiellement ce problème: celles-ci permettent de transformer un potentiel donné par modification individuelle de ses niveaux. À terme, cette méthode devrait permettre d'ajuster l'ensemble d'un spectre lié expérimental.

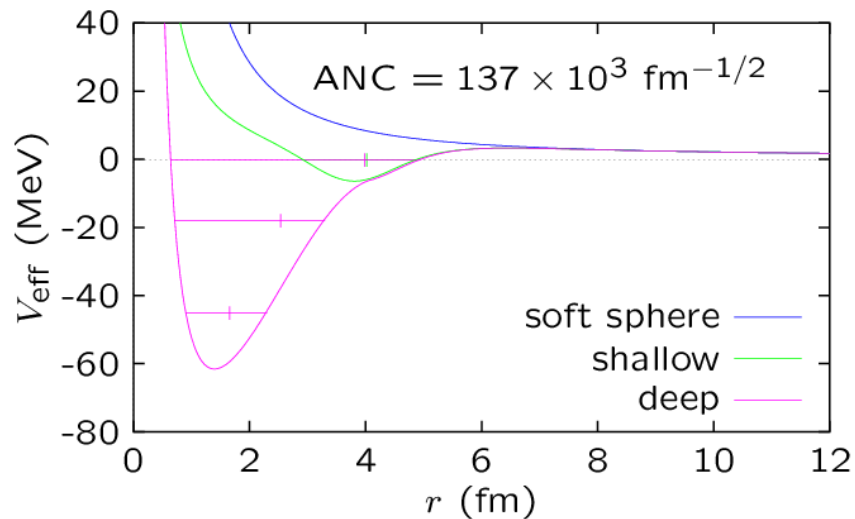
Le but du projet est la conception d'une interface graphique utilisateur conviviale permettant à l'utilisateur

- de visualiser un potentiel d'interaction et son spectre lié;
- de modifier les niveaux individuels du spectre lié par transformation de supersymétrie; les niveaux seront sélectionnés et déplacés à l'écran, la modification du potentiel correspondante s'affichant instantanément.

Les objectifs sont de deux ordres:

- pédagogique: améliorer l'intuition que l'on peut avoir du lien entre un potentiel et son spectre lié;
- scientifique: poser les bases d'un système complet de construction de potentiel d'interaction par ajustement de spectre lié expérimental.

Une étude préliminaire devra envisager les avantages et inconvénients de différents langages de programmation (C++, Java...). En particulier, la disponibilité de sous-routines de calcul existantes et la possibilité de développer ultérieurement, à partir de cette interface, un programme d'ajustement (d'un grand nombre) de données expérimentales, devront être considérées.



### Superviseurs

- Jean-Marc Sparenberg <jmspar@ulb.ac.be>
- Pierre Descouvemont <pdesc@ulb.ac.be>
- Esteban Zimányi <ezimanyi@ulb.ac.be>
- Jean-Michel Dricot <jdricot@ulb.ac.be>

## 4 Réseaux de télécommunication

### Etude des performances des cartes Wi-Fi dans les applications de localisation

La norme Wi-Fi s'est imposée ces dernières années pour les réseaux de type WLAN. Bien que les cartes et les points d'accès Wi-Fi sont compatibles, les différents fabricants utilisent plusieurs types de chipsets, et les performances des systèmes Wi-Fi peuvent fortement varier d'un fabricant à l'autre.

Le but de ce MFE est l'étude expérimentale dans plusieurs scénarios "indoor" des performances de différentes cartes Wi-Fi basées sur les chipsets les plus répandus. L'influence de la qualité du signal reçu dans les applications de type localisation sera étudiée.

#### Superviseurs

- Jean-Michel Dricot <jdricot@ulb.ac.be>
- Philippe De Doncker <jdricot@ulb.ac.be>
- Esteban Zimányi <ezimanyi@ulb.ac.be>

### Conception d'une plate-forme de géolocalisation utilisant le Wi-Fi en vue de l'aide à l'orientation sur le campus de l'ULB

Les réseaux Wi-Fi déployés en entreprise présentent une grande densité de points d'accès. Il est possible, au moyen de techniques de "triangulation" de localiser un utilisateur sur base du signal reçu par plusieurs stations de base.

L'exploitation des données liées à la localisation géographique d'un utilisateur est un domaine en pleine expansion. Le but de ce MFE est de mettre en place une plate-forme pré-configurée et placée sur un site de sorte qu'elle soit accessible pour tout visiteur présent sur le campus de l'ULB. Au moyen de cette plate-forme, il lui sera possible de se repérer sur une carte du campus mais également de demander son chemin jusqu'à un auditoire ou un local.

**Compétences requises:** Bonne connaissance de la programmation JAVA et notions de base sur le fonctionnement des réseaux sans-fil (propagation). Notions de statistique.

**Cadre de travail:** le MFE est à caractère pluridisciplinaire Info/Télécomm. Un déploiement sur le terrain devra suivre l'analyse théorique.

#### Superviseurs

:

- Jean-Michel Dricot <jdricot@ulb.ac.be>
- Esteban Zimányi <ezimanyi@ulb.ac.be>

### Localisation des utilisateurs à l'intérieur des bâtiments: augmentation du niveau de précision

Les réseaux Wi-Fi déployés en entreprise présentent une grande densité de points d'accès. Il est possible, au moyen de techniques de "triangulation" de localiser un utilisateur sur base du signal reçu par plusieurs stations de base.

Le fait que les stations de base soient principalement placées à l'intérieur des bâtiments implique une grande variabilité du signal et des imprécisions importantes. La seule technique de triangulation se révèle alors insuffisante. Le but de ce MFE est de mettre au point des procédés de correction et d'aide à la décision pour localiser plus finement un utilisateur; par exemple en

combinant plusieurs agents spécialisés dans une tâche (triangulation, estimation de la position future de l'utilisateur, statistique de la variabilité du signal, etc... )

**Compétences requises:** Bonne connaissance des aspects de propagation dans les réseaux sans fils. Notions de base de programmation C++ ou Matlab. Bonne maîtrise de la statistique.

**Cadre de travail:** le MFE est à caractère pluridisciplinaire et sera effectué dans un service orienté informatique (CoDE) et dans un service à connotation Télécom (Ondes et Signaux). Le MFE comprend une approche théorique qui devra être validée et paramétrée en laboratoire.

### **Superviseurs**

- Jean-Michel Dricot <jdricot@ulb.ac.be>
- Philippe De Doncker <jdricot@ulb.ac.be>
- Esteban Zimányi <ezimanyi@ulb.ac.be>

## 5 Intelligence Artificielle

### Etude de la topologie de réseaux lexicaux extraits de documents

De plus en plus de scientifiques sont convaincus qu'une même topologie de réseaux (c'est-à-dire la manière dont les nœuds en sont connectés) se retrouve dans de nombreux réseaux, pourtant extraits de réalités très diverses (Web, Internet, réseaux sociaux, biologiques, épidémiques). Cette topologie leur conférerait des propriétés intéressantes comme une plus grande robustesse ou une communication réduite entre les nœuds. Il est possible de construire des réseaux lexicaux à partir d'un document quelconque, par exemple, en connectant deux mots qui apparaissent dans une même phrase. Le MFE consistera en un développement logiciel ayant pour but la réalisation automatique de ces réseaux lexicaux à partir d'une variété de documents et l'étude automatisée de leur topologie : distance inter-nœuds, degré de clustering, etc.

#### Supervisor

- Hugues Bersini <bersini@ulb.ac.be>

### Mélange des techniques de planification Min-Max et d'apprentissage par renforcement à la mise au point d'un logiciel capable de jouer au Go

Alors que les meilleurs joueurs d'échec (par une approche de type Min-Max) et de backgammon (par une approche de type apprentissage par renforcement) se sont définitivement inclinés devant l'ordinateur, le jeu de Go semble toujours farouchement lui résister. Ce MFE tentera de mêler deux approches traditionnelles de l'Intelligence Artificielle, la planification par le biais des algorithmes de Min-Max et l'apprentissage par renforcement (apprenant par essais et erreurs), déjà fort exploitées dans les jeux mais très rarement en commun, dans la mise au point d'un joueur de Go de qualité acceptable.

#### Supervisor

- Hugues Bersini <bersini@ulb.ac.be>

### Mise au point d'un système automatique de génération de code à partir d'un diagramme d'état-transition

Le diagramme d'état-transition représente le cycle de vie d'un objet, de sa naissance à sa disparition, en suivant les différents états par lesquels cet objet transite. Il est par exemple très largement mis à l'œuvre dans la modélisation des procédures parlementaires (l'évolution des décrets de loi). C'est le cas dans plusieurs parlements belges avec lesquels IRIDIA collabore. Le MFE étudiera la possibilité d'une génération automatique de code fidèle à ces diagrammes et tout ce qui les compose.

#### Supervisor

- Hugues Bersini <bersini@ulb.ac.be>

### Etude de la topologie de réseaux de musiciens de Jazz

De plus en plus de scientifiques sont convaincus qu'une même topologie de réseaux (c'est-à-dire la manière dont les nœuds en sont connectés) se retrouve dans de nombreux réseaux, pourtant extraits de réalités très diverses (Web, Internet, réseaux sociaux, biologiques, épidémiques). Cette topologie leur conférerait des propriétés intéressantes comme une plus grande robustesse ou une communication réduite entre les nœuds. Il est possible de construire un réseau de musiciens de Jazz connectant deux musiciens dès lors qu'ils ont joué sur un même disque. Le MFE consistera en

un développement logiciel ayant pour but la réalisation automatique de ces réseaux de musiciens à partir de documentations sur les disques téléchargés automatiquement de sites de vente en ligne.

### Supervisor

- Hugues Bersini <bersini@ulb.ac.be>

## Influence des paramètres sur la gestion de risque

Ce MFE se fait en collaboration avec Mentis Consulting, spin-off du laboratoire IRIDIA. Certains clients de Mentis sont des industriels ou des administrations confrontés à des problèmes de gestion de risque (technologique, naturel, à). Ces clients sont intéressés à mieux comprendre l'impact d'un ensemble important de causes variées sur les risques d'accidents. Pour ce faire, ils disposent de bases de données volumineuses répertoriant un ensemble d'observations passées. A l'heure actuelle, ces clients utilisent des méthodes statistiques pour analyser ces données, mais les résultats de ces analyses restent limités. Dans ce contexte, nos clients souhaiteraient utiliser des techniques plus avancées issues de l'Intelligence Artificielle pour analyser plus efficacement leurs données.

Le but du travail est d'explorer et d'évaluer la performance d'un ensemble d'outils détenus par Mentis (outils prédictifs, classificateurs supervisés, outils de clustering, ...) et de sélectionner les meilleurs outils. En outre l'étudiant pourra participer au développement d'outils adaptés lorsque ce sera nécessaire. Le mémoire sera mené en collaboration avec nos partenaires industriels.

### Supervisors

- Hugues Bersini <bersini@ulb.ac.be>
- Pierre Sener <psener@mentis-consulting.be>

## Analyse économique de systèmes de prévention de sécurité

Ce MFE se fait en collaboration avec Mentis Consulting, spin-off du laboratoire IRIDIA. Le but de ce mémoire consiste à évaluer l'impact économique des systèmes de prévention et de protection contre un ensemble de risques (explosions, incendie, inondation, ...) pour un secteur industriel donné.

L'étudiant devra réaliser un bilan bénéfices-coûts permettant de mettre en comparaison les cas où aucun système de prévention n'a été mis en œuvre aux cas où une politique de prévention a été appliquée. En particulier, il sera demandé à l'étudiant d'estimer la politique de prévention optimale en terme de coûts-bénéfices pour un ensemble de situations industrielles. Le travail sera réalisé à partir de cas industriels concrets et se fera en collaboration avec divers partenaires industriels.

### Supervisors

- Hugues Bersini <bersini@ulb.ac.be>
- Pierre Sener <psener@mentis-consulting.be>

## Computing chess end game with BDD-based retrograde analysis

A binary decision diagram (BDD) is a data structure that is used to represent a Boolean function. On a more abstract level, BDDs can be considered as a compressed representation of sets or relations. In difference to other compressions, the actual operations are performed on that compressed representation, without decompression. BDDs are widely used in the field of verification where it is not uncommon to tackle sets with  $10e20$  elements.

Retrograde Analysis (RA) is an important search technique developed within the field of Artificial Intelligence. It is applicable to search spaces which can be completely enumerated within the memory of a computer system. Given such a complete enumeration, RA first marks all end

positions (e.g., checkmate), and then, by making unmoves from the end positions works its way back to the positions farthest from the end positions, on the way determining the game-theoretical value of all positions in the search space.

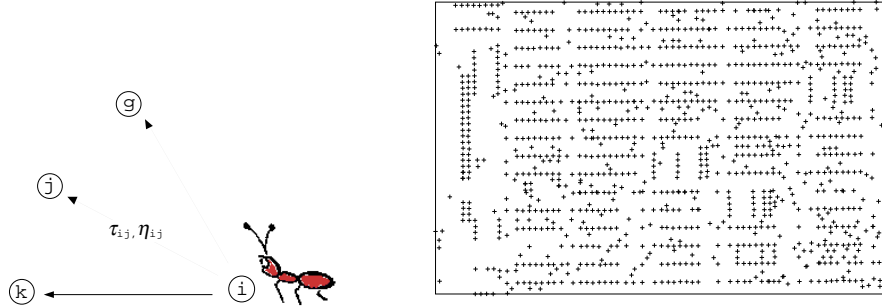
The objective of this project is to study the application of BDDs to retrograde analysis of two-player games like chess or checkers.

### **Supervisors**

- Esteban Zimányi <ezimanyi@ulb.ac.be>
- Jean-François Raskin <jraskin@ulb.ac.be>

## 6 Swarm Intelligence

### Development of a High-performing Parallel Ant Colony Optimisation Algorithm for the TSP



**Project description:** Ant Colony Optimisation (ACO) is an algorithmic technique for the solution of hard optimisation problems that is inspired by the foraging behaviour of real ant colonies. This technique has been proposed in 1991 by Prof. Dorigo and since then has received a strongly increasing attention. Initially, ACO was applied to the Travelling Salesman Problem (TSP), a well-known optimisation problem that is a model for many optimisation problems that arise in routing applications.

The goal of the project is to implement a parallel ACO algorithm for large TSP instances. The task will be to (i) integrate a high performing local search algorithm (like Helsgaun's Lin-Kernighan algorithm) with effective ACO algorithms (as implemented in the ACOTSP software available via <http://iridia.ulb.ac.be/~mdorigo/ACO/ACO.html>), (ii) make the ACO code applicable to very large TSP instances of sizes up to several hundred thousands cities, and (iii) integrate the code into a parallel environment. The developed algorithm will be evaluated extensively on a set of large-scale TSP instances.

**Required skills:** The candidate needs to be fairly acquainted with C programming.

**Research environment:** The project will be carried out at IRIDIA, Institut de Recherches Interdisciplinaires et de Développements en Intelligence Artificielle. IRIDIA is the world-leading research group in ant colony optimisation and offers a particularly stimulating research environment with a marked international character.

**Supervisors:**

Thomas Stützle <[stuetzle@ulb.ac.be](mailto:stuetzle@ulb.ac.be)>  
Mauro Birattari <[mbyro@ulb.ac.be](mailto:mbyro@ulb.ac.be)>  
Max Manfrin <[mmanfrin@ulb.ac.be](mailto:mmanfrin@ulb.ac.be)>  
Marco Dorigo <[mdorigo@ulb.ac.be](mailto:mdorigo@ulb.ac.be)>

## Setup of a New Robotic Platform for Experiments in Swarm Robotics

\*\*\* The participation of *at least* two students is required \*\*\*



**Project description:** The e-Puck is a new robot developed by the Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland.

The e-Puck is equipped with a dsPIC microcontroller, it has an RS232 and a bluetooth interface, 8 infrared proximity sensors, a 3 axis accelerometer, 3 microphones and a speaker, a color camera with a resolution of 640x480 pixels and 8 red leds for displaying patterns.

The goal of the project is to set up a research environment and to perform experiments in swarm robotics. This involves designing and implementing a simulator, modeling sensors and actuators of the robots, developing a number of basic behaviors and communication strategies, and performing a number of experiments with the simulator and with the robots themselves. The final goal will be to accomplish a complex collective task with the robots. 15 e-Puck will be available for the project.

The project is connected to the research in swarm robotics carried out at IRIDIA. In particular, it is connected to the EU funded *Swarm-bots* project, the aim of which is to study new approaches to the design and implementation of self-organizing and self-assembling artifacts. See <http://www.swarm-bots.org> for more details.

**Required skills:** The candidates should be fairly acquainted with C/C++ programming.

**Research environment:** The project will be carried out at IRIDIA, Institut de Recherches Interdisciplinaires et de Développements en Intelligence Artificielle. IRIDIA is one of the world-leading research group in swarm robotics and offers a particularly stimulating research environment with a marked International character.

### Supervisors:

Mauro Birattari <[mbiro@ulb.ac.be](mailto:mbiro@ulb.ac.be)>  
Shervin Nouyan <[snouyan@ulb.ac.be](mailto:snouyan@ulb.ac.be)>  
Alexandre Campo <[alexandre.campo@ulb.ac.be](mailto:alexandre.campo@ulb.ac.be)>  
Marco Dorigo <[mdorigo@ulb.ac.be](mailto:mdorigo@ulb.ac.be)>

## 7 Recherche opérationnelle et aide à la décision

### Introduction

Les travaux de recherche du laboratoire de Mathématiques de la Gestion couvrent principalement trois domaines: l'aide à la décision, la robustesse et les techniques quantitatives de gestion. La liste des sujets de MFE présentés ci-dessous s'articulent autour de ceux-ci.

Cette liste des sujets de MFE n'est pas exhaustive. Les étudiants intéressés par la recherche opérationnelle et l'aide la décision sont également invités à proposer des sujets d'étude originaux. Par ailleurs, des stages en entreprises peuvent également être réalisés. Pour tout renseignement, contacter Yves De Smet (<yves.de.smet@ulb.ac.be>) ou Philippe Nemery de Bellevaux (<pnemeryd@ulb.ac.be>)

### Un système d'inférence floue pour l'analyse multicritère avec un cas d'étude

Pour ce mémoire, il est proposé de tester l'utilisation, pour l'aide à la décision multicritère procédant par comparaison des paires d'actions ou d'alternatives, de systèmes d'inférence floue (SIF). Ceux-ci sont basés sur les règles d'inférence floue de type 'IF THEN'.

L'avantage espéré de l'utilisation d'un SIF est la possibilité d'inclure dans l'analyse les incertitudes affectant les évaluations des critères et leurs importances respectives pour les décideurs, grâce à l'utilisation de nombres flous et de règles floues. A partir de ces dernières, des conclusions sont tirées sur les préférences.

L'étudiant se familiarisera d'abord avec les SIF, en analysant plusieurs types, telle que l'inférence de Mamdani-Sugeno, couramment utilisée par les ingénieurs pour le contrôle flou. Ensuite, un SIF à mettre au point sera choisi, après analyse de plusieurs possibilités envisageables pour l'analyse multicritère.

Un cas d'étude pratique pourra être utilement développé pour démontrer les possibilités du SIF multicritère choisi.

### Superviseurs

- Pierre Kunsch <pikunsch@ulb.ac.be>
- Yves De Smet <yves.de.smet@ulb.ac.be>

### Comparaison des approches PERT stochastique et PERT flou. Application à un projet industriel.

L'objectif du mémoire est de comparer deux approches différentes de la méthode PERT (Project Evaluation and Review technique) utilisée dans la gestion de projets industriels. Il s'agit, d'une part, du PERT stochastique, lorsque les durées incertaines de chaque activité sont représentées par des variables aléatoires (approche la plus répandue), et, d'autre part, du PERT flou lorsqu'elles sont représentées par des nombres flous (approche moins courante, mais de plus en plus souvent utilisée).

L'étudiant procédera tout d'abord à une analyse de la littérature sur le PERT, afin de se familiariser avec ses techniques, et de découvrir les mérites ou les difficultés liées à l'utilisation, soit du PERT stochastique, soit du PERT flou.

Un cas réel de projet industriel proposé par le promoteur - ou s'il le souhaite par l'étudiant - sera analysé ensuite, pour tester et comparer les deux approches afin d'identifier leurs avantages et inconvénients respectifs.

### Superviseurs

- Pierre Kunsch <pikunsch@ulb.ac.be>
- Yves De Smet <yves.de.smet@ulb.ac.be>

## **Développement d'outils GIS spécifiques pour la détermination et l'analyse des zones à risque après une contamination radiologique de la chaîne alimentaire**

Un des problèmes les plus importants dans la gestion d'une crise radiologique, est le zoning des territoires affectés en vue de futures contremesures. Ceci implique l'utilisation d'outils GIS (Geographical Information Systems) pour analyser la dispersion de la radioactivité, mais aussi des informations provenant de banques de données sur la production agricole, etc.

Dans le cadre de ce projet, l'étudiant aura la possibilité de travailler avec un GIS performant et d'accueillir ou améliorer ses connaissances dans ce domaine très actuel. Son travail inclura la documentation et le développement d'outils simples dans l'environnement MAP Info (un logiciel GIS) pour:

- l'analyse et le stockage des cartes contenant la déposition de radioactivité sur le sol, à base de liste de points caractérisés par leurs coordonnées géographiques et la valeur d'activité correspondante pour un ou plusieurs radionucléides;
- extraction d'information d'une base de données sur les activités agricoles pour chacune des fermes laitières dans la région affectée;
- classification multicritère de fermes laitières dans la région affectée, tenant compte de leurs caractéristiques: niveaux de radioactivité, production, etc.

Le travail sera effectué en collaboration avec le Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire à Mol.

### **Superviseur**

- Catrinel Turcanu <cturcanu@sckcen.be>

## **Sélection robuste d'alternatives représentatives dans un problème multicritère**

Dans des problèmes multicritères avec un grand nombre d'alternatives, il peut s'avérer peu pratique de considérer l'ensemble de ces alternatives. Une approche consiste alors à continuer le processus de décision avec quelques alternatives "bien" sélectionnées, en utilisant par exemple les techniques de clustering ou des méthodes interactives.

L'objectif de ce travail est alors de développer un outil robuste permettant de sélectionner un certain nombre d'alternatives sur base d'informations préférentielles, en général incomplètes, de la part de l'utilisateur. En particulier, cette approche est intéressante lorsque l'utilisateur n'est pas le décideur lui-même, mais plutôt un analyste ne possédant qu'une connaissance partielle sur les préférences du décideur.

### **Superviseur**

- Claude Lamboray <clambora@ulb.ac.be>
- Catrinel Turcanu <cturcanu@sckcen.be>

## **Robustesse de méthodes multicritères ordinales**

Dans un problème d'aide multicritère à la décision pratique, il arrive parfois que seulement une connaissance ordinale de l'évaluation des alternatives sur les critères soit disponible. Afin de combiner de tels critères, le décideur ou l'analyste peut faire appel à des méthodes d'agrégation ordinale. Néanmoins, la plupart de ces méthodes, développées le plus souvent dans le cadre de la théorie du choix social, se basent sur l'hypothèse de l'équipondération des critères, ou du moins sur la connaissance de valeurs numériques précises de pondération.

Ce travail traite du cas plus général où la valeur des poids est déterminée par des contraintes. La robustesse et la sensibilité de certaines méthodes ordinales traditionnelles seront alors étudiées,

soit avec des outils analytiques, soit avec des techniques de simulation. L'objectif final consiste à pouvoir offrir au décideur des conclusions à la fois utiles pour la compréhension du problème de décision et solides du point de vue de l'incertitude des valeurs de poids.

#### **Superviseur**

- Claude Lamboray <clambora@ulb.ac.be>

### **Méthodes d'agrégation prudentes: conception de mesures et d'algorithmes**

Le problème de combiner des rangements en un rangement de compromis possède de nombreuses applications en aide multicritère à la décision, en théorie du vote, en meta-search et même en biologie. Néanmoins, en pratique, le choix d'un modèle particulier est souvent très controversé. Nous nous basons dans ce travail sur le conseil d'Arrow et Raynaud qui suggèrent que le rangement de compromis doit vérifier une certaine forme de prudence.

Le but de ce travail est double. D'un côté, on demande de développer des mesures d'évaluations concrètes qui répondent à ce principe de prudence. D'un autre côté, la conception d'algorithmes qui calculent des solutions optimales selon ces mesures de prudence sera envisagée. La performance des algorithmes ou heuristiques développés sera testée, ce qui permettra, en fin de compte, de mieux comparer les différentes mesures de prudence.

#### **Superviseur**

- Claude Lamboray <clambora@ulb.ac.be>

### **Développement d'une méthode interactive en programmation linéaire à objectifs multiples**

L'objectif de ce travail est de développer un logiciel interactif permettant de générer des solutions de bon compromis pour les programmes linéaires à objectifs multiples. Le logiciel sera basé sur la méthode du Simplexe et sur les analyses de sensibilité liées à cette méthode (prix et coûts marginaux). Il pourra utiliser les logiciels existants pour la résolution des programmes linéaires classiques (à une seule fonction-objectif).

Prérequis indispensable: programmation linéaire

#### **Superviseur**

- Philippe Vincke <pvincke@ulb.ac.be>

### **Prise de décision multicritère par les consommateurs et application à un cas d'étude**

De nombreuses décisions résultent des préférences d'un grand nombre de consommateurs par rapport à différents produits (ou alternatives) offerts à leurs choix. Les choix sont de nature multicritère, et le résultat final est une distribution des 'parts de marchés' représentant ces choix des consommateurs. Pour ce travail, un cas concret d'application est proposé. Il concerne le choix d'un lieu d'habitation en fonction de plusieurs critères de qualité évalués par l'Institut National de Statistique. Un autre cas d'étude peut être proposé par l'étudiant, s'il le souhaite.

L'objectif du mémoire est de procéder à une étude critique de méthodologies qui permettent d'obtenir les parts de marché à partir de l'analyse multicritère des préférences, d'en choisir et développer une, et de l'appliquer au cas d'étude choisi. Une telle approche basée sur l'utilisation des chaînes de Markov, développée au SMG, pourrait servir de base à l'analyse.

## Superviseurs

- Pierre Kunsch <pikunsch@ulb.ac.be>
- Yves De Smet <yves.de.smet@ulb.ac.be>

## Etudes empiriques de certains mécanismes d'enchères par simulation multi-agents

Grâce à l'essor des certains sites comme eBay, les mécanismes d'enchères sont accessibles, de nos jours, à "monsieur et madame tout le monde". Au cours des dix dernières années, les avancées scientifiques dans le domaine ont été significatives. Le but de ce mémoire est de tester un certain nombre de mécanismes et de stratégies à l'aide de simulations multi-agents.

## Superviseur

- Yves De Smet <yves.de.smet@ulb.ac.be>

## Clustering multicritère

Parmi les voies de recherches les plus récentes en aide multicritère à la décision, le problème du clustering multicritère reste certainement celui qui a été le moins souvent abordé. Néanmoins, il constitue une voie de recherche très active au sein du SMG. En conséquence, plusieurs sujets de mémoire de fin d'études en relation avec ce thème sont proposés. Parmi ceux-ci :

- Extension de la méthode Prométhée au contexte du clustering multicritère
- Clustering multicritère pour un grand jeu de données
- Clustering multicritère en présence de données floues
- Clustering multicritère en présence de plusieurs décideurs

## Superviseurs

- Philippe Nemery <pnemeryd@ulb.ac.be>
- Yves De Smet <yves.de.smet@ulb.ac.be>
- Olivier Cailloux <olivier.cailloux@ulb.ac.be>