

# **Projet de formation doctorale en Mathématiques et Informatique à l'Université du Havre**

## **1. Introduction**

Dans le cadre du passage au LMD, l'Université du Havre défend, de façon prioritaire sur l'ensemble de son offre, une formation doctorale spécifique, originale et innovante au Havre. Il s'agit d'un master recherche en Mathématiques-Informatique orienté sur la modélisation des systèmes complexes appliqués notamment au vivant, avec une forte spécificité locale. Ce master recherche s'appuie en même temps sur une offre globale à forte mutualisation régionale avec l'Université de Rouen dans chacune de ces deux disciplines. Une orientation des étudiants se tournant plus spécifiquement vers les mathématiques ou plus spécifiquement vers l'informatique se fera vers les masters recherche « partenaires » de Rouen. Une forte mutualisation des enseignements sera proposée et conduira à l'enrichissement croisé des enseignements des masters de recherche régionaux en mathématiques et informatique.

Ce projet est le résultat d'un réaménagement suite à un premier avis d'expertise ainsi que de discussions que le Président de l'Université du Havre a eu avec les instances du Ministère. Celles-ci ont formulé des conseils que nous concrétisons dans cette nouvelle proposition afin que l'Université du Havre puisse porter un projet de formation doctorale ambitieux et pertinent en mathématiques-informatique.

## **2. Projet antérieur (soumis en novembre 2003)**

L'Université du Havre avait proposé dans le cadre de sa campagne d'habilitation 2004-2007, un master mathématiques-informatique qui débouchait sur 2 spécialités professionnelles qui ont obtenu un avis d'expertise favorable et une spécialité recherche dont l'avis d'expertise était « défavorable en l'état ». Ce master recherche proposait 1 tronc commun bidisciplinaire, 12 options (6 en mathématiques et 6 en informatique), un stage et des enseignements d'anglais et d'humanité. Un étudiant pouvait ainsi grâce aux jeux d'options, s'orienter soit vers une formation bidisciplinaire, soit majoritairement vers les mathématiques, soit majoritairement vers l'informatique. L'expertise nous a demandé de nous réorienter vers une plus grande synergie de recherche avec l'Université de Rouen.

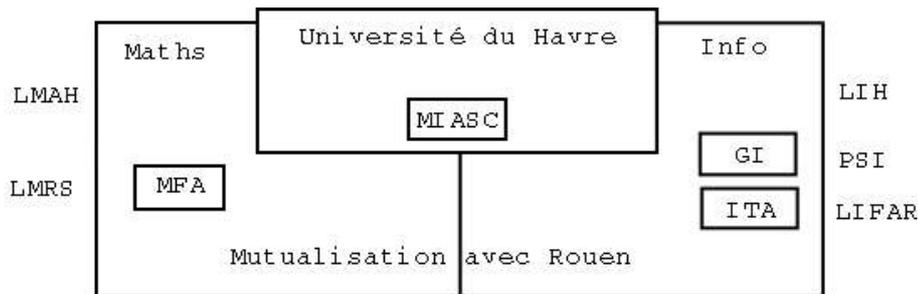
Des négociations et nombreuses réunions de travail et de concertations avec nos collègues rouennais nous permettent d'avancer aujourd'hui une réponse significative vers une mutualisation et une synergie dans l'offre de formation doctorale avec une meilleure lisibilité de la carte de formation au niveau régional. L'effort de mutualisation permet finalement par un meilleur croisement des projets haut-normands en mathématiques et en informatique, d'offrir une formation par la recherche plus pertinente et finalement plus riche pour l'étudiant.

## **3. Présentation générale du nouveau projet (avril 2004)**

Il s'agit de proposer un schéma efficace et lisible de l'offre de formation doctorale dans un contexte régional en maintenant un noyau minimal et original bidisciplinaire en mathématiques-informatique au Havre (voir figure). Une orientation des étudiants se tournant plus spécifiquement vers les mathématiques ou plus spécifiquement vers l'informatique se fera vers les masters recherche « partenaires » de Rouen où une forte mutualisation des enseignements sera proposée, conduisant à l'enrichissement de leur cursus par des enseignements spécifiques des chercheurs du Havre. Les étudiants trouveront ainsi les spécificités de recherche des laboratoires havrais dans ces enseignements mutualisés.

Domaine	Mathématiques	Maths-Info	Informatique
<b>Master</b>	MFA	MIASC	GI & ITA
<b>Etablissement porteur</b>	Univ. Rouen	Univ. Le Havre	Univ. Rouen
<b>Etablissements partenaires</b>	Univ. Le Havre et Insa Rouen	Univ. Rouen et Insa Rouen	Univ. Le Havre et Insa Rouen

Tableau récapitulatif de l'offre globale de formation doctorale en mathématiques et informatique sur la région Haute-Normandie



Légende :

MIASC : Master recherche Mathématiques Informatique Appliquées aux Systèmes Complexes

MFA : Master recherche Mathématiques Fondamentales et Appliquées

GI : Master recherche Génie Informatique

ITA : Master recherche Informatique Théorique et Applications

LMAH : Laboratoire de Mathématiques Appliquées du Havre (EA xxxxx)

LIH : Laboratoire d'Informatique du Havre (EA 3219)

LMRS : Laboratoire de Mathématiques Raphael Salem (UMR 6085)

PSI : Laboratoire Perception, Systèmes, Information (PRE 2645)

LIFAR : Laboratoire d'Informatique Fondamentale et Appliquée de Rouen (EA 2655)

## Pourquoi conserver une formation par la recherche originale en mathématiques-informatique au Havre ?

Il s'agit d'une contribution significative de l'Université du Havre dans la carte de formation doctorale normande, permettant à cette université de proposer un master recherche en propre. Ce master de recherche constitue donc une spécificité locale associée à une forte collaboration régionale. Il s'agit de défendre une orientation scientifique bidisciplinaire originale dont le développement est régulièrement appelé des vœux des personnalités et organismes nationaux (discours inaugural de P.-L. Lions au Collège de France<sup>1</sup>, programme MathsStic<sup>2</sup>, ...)

## Objectifs et débouchés

Aujourd'hui plus de 2/3 des doctorants trouvent du travail dans les entreprises où la pluridisciplinarité, et plus spécifiquement la double compétence mathématiques-informatique est un atout majeur continuellement évoqué par les responsables des départements de recherche des entreprises<sup>3</sup>. Dans le cas de poursuites dans le monde académique, notre offre permet de former des doctorants qui seront rattachés à l'une des deux disciplines mais capables aussi d'explorer aux frontières de l'autre ... L'aspect exploratoire du travail de recherche des doctorants, leur nécessité d'une forte autonomie de réflexion dans les domaines des mathématiques et de l'informatique impliquent souvent une compétence assez forte dans ces deux disciplines de manière simultanée. La modélisation des systèmes complexes, ici mise en avant, illustre parfaitement la nécessité de cette double compétence. Les systèmes complexes proposent des approches en modélisation et en simulation qui sont novateurs et qui se développent dans de nombreux domaines d'applications (environnement, biologie, STIC, économie, gestion, ...)

<sup>1</sup> Matapli n°72, octobre 2003, pp 25-29

<sup>2</sup> <http://www.cnrs.fr/STIC/Actions/Outils/MathsSTIC/stic-MathsSTIC-intro.htm>

<sup>3</sup> Table ronde "De la thèse de doctorat à l'entreprise: quels parcours?", Université du Havre, 2 avril 2004, Présidée par Pierre Papon (Ecole supérieure de physique chimie de Paris, ancien directeur de l'IFREMER et du CNRS), Intervenants : J.-M. Colin (association Bernard Gregory), Christian Knapp (Hurel Hispano), Dong Kuong (Renault), Patrick Rarivoson (IDRH).

## 4. Master de recherche « Mathématiques et Informatique appliquées aux Systèmes Complexes » à l'Université du Havre

Ce master de recherche « Mathématiques et Informatique Appliquées aux Systèmes Complexes », permet de maintenir un noyau réduit, spécifique et recentré vers une thématique originale en mathématiques-informatique, à l'Université du Havre. Il enrichit ainsi l'offre de formation régionale sans être redondant avec l'existant.

### Description du contenu de la formation

La formation se structure de la manière suivante :

- L'unité d'enseignement MIASC-1 est obligatoire et permet de définir les bases et le contexte de la thématique spécifique développée dans le cadre de ce master de recherche.
- L'étudiant doit ensuite choisir une unité d'enseignement parmi MIASC-2 et MIASC-3 et une autre parmi MIASC-4 et MIASC-5. Ce choix contraint permet d'assurer une véritable formation bidisciplinaire qui est l'originalité de ce master recherche proposé, au niveau régional.
- L'étudiant doit ensuite choisir en plus 2 autres unités d'enseignement, parmi celles proposées au Havre et une liste d'UE proposées par les masters de recherche rouennais « partenaires ». Cette liste spécifique est donnée en annexe. Les étudiants peuvent également choisir une UE dite d'ouverture, c'est à dire dans une gamme de choix assez large et éventuellement « généraliste ».
- Un enseignement d'anglais et d'humanités (connaissance de l'entreprise) de 32 heures est dispensé dans le cadre de l'Ecole Doctorale.
- Un séminaire bi-mensuel qui servira à présenter en alternance des travaux spécifiques des différentes équipes des laboratoires d'accueil du master et des travaux de chercheurs d'autres laboratoires sur les thèmes développés dans les enseignements de tronc commun et d'option.
- Un stage en laboratoire qui se déroule de février à juin avec éventuellement prolongation jusqu'en septembre.

Une description précise des UE est développée en annexe.

### Semestre M3

#### Unités d'enseignement obligatoire

Intitulé	Vol. horaire	Crédits ECTS	Coef.	Responsable
MIASC-1 : Modélisation des systèmes complexes	CM : 22h	6	6	Joël Colloc

#### Unités d'enseignement optionnelles proposées au Havre

Intitulé	Vol. horaire	Crédits ECTS	Coef.	Responsable
MIASC-2 : Méthodes d'optimisation combinatoire	CM : 22h	6	6	Adnan Yassine Paul Raynaud De Fitte (LMRS -Rouen)
MIASC-3 : Modèles non linéaires	CM : 22h	6	6	Aziz Alaoui
MIASC-4 : Simulations discrètes distribuées (mutualisation avec le master GI de Rouen)	CM : 22h	6	6	Mustapha Nakechbandi Mhamed ITMI (PSI-Rouen)
MIASC-5 : Modèles informatiques du vivant	CM : 22h	6	6	Cyrille Bertelle

L'UE MIASC-4 est mutualisée avec le master GI de Rouen : Une moitié de cette UE est spécifiquement havraise et la seconde moitié correspond à une demi-UE proposée dans le master recherche GI de Rouen.

## Semestre M4

Intitulé	Vol. horaire	Crédits ECTS	Coef.	Responsable
MIASC-6 : Anglais et humanités	CM : 32h	6	6	
Stage en laboratoire		24	24	

### Séminaire

Un séminaire bi-mensuel sera mis en place pour que les différentes équipes des laboratoires exposent leurs activités et notamment leurs travaux récents de recherche. Par ailleurs, des conférences faites par des collègues d'autres disciplines, et montrant des exemples de systèmes complexes, seront organisées, pour tous les étudiants :

- La complexité du vivant, génétique des populations
- Réseaux de neurones et systèmes complexes
- Aménagement
- La complexité du social : intelligence collective et intelligence du collectif
- Systèmes complexes et linguistique
- ...

### Stage

Le stage du Master Recherche, dont les soutenances orales avec présentation d'un mémoire rédigé ont lieu fin juin, dure entre 4 et 5 mois, il est obligatoire. Il s'effectue en général dans l'un des laboratoires de recherches des universités du Havre ou de Rouen ou d'autres universités ou encore dans les services recherches de diverses entreprises. Le choix du mémoire se fait en concertation avec les (ou le) responsable(s) des cours et doit être approuvé par la direction du Master Recherche. En cas de mémoire effectué dans une équipe extérieure un codirecteur membre de cette équipe est nécessaire. Une convention de stage doit être signée entre l'institution d'accueil et l'établissement d'inscription de l'étudiant.

### Equipe enseignante

La liste des intervenants pour chaque unité d'enseignement est donnée dans chaque fiche descriptive en annexe. Les UE rouennaises sont listées en annexe. On se référera aux dossiers spécifiques des master rouennais « partenaire » pour obtenir les descriptions détaillées et les noms et fiches individuelles des collègues de Rouen.

### Laboratoires d'accueil

LMAH – Laboratoire de Mathématiques Appliquées du Havre (EA xxxx)

LIH – Laboratoire d'Informatique du Havre (EA 3219)

LMRS – Laboratoire de Mathématiques Raphaël Salem, Rouen (UMR 6085)

PSI – Laboratoire Perception, Systèmes, Information, Rouen (FRE 2645)

LIFAR – Laboratoire d'Informatique Fondamentale et Appliqué de Rouen (EA 2655)

LMI – Laboratoire de Mathématiques de l'INSA de Rouen (EA 3226)

### Comité de pilotage du master de recherche

Afin d'évaluer le master et pouvoir si nécessaire ajuster ses orientations, notamment à mi-parcours, il est nécessaire de mettre en place dès maintenant un comité de pilotage. Ce comité comportera des représentants des master recherche « partenaires » rouennais de façon à maîtriser les orientations des étudiants sur la région selon les principes évoqués précédemment (cursus monodisciplinaires à Rouen et bidisciplinaires au Havre). Ce comité contribue ainsi à veiller à la cohérence globale de l'offre de formation doctorale régionale en mathématiques et informatique. Ce comité est donc constitué :

- les responsables havrais du master MIASC ;
- le directeur du laboratoire LIH (ou un de ses représentants) ;
- le directeur du laboratoire LMAH (ou un de ses représentants) ;
- le directeur du master recherche MFA de Rouen (ou un de ses représentants) ;
- le directeur du master recherche GI de Rouen (ou un de ses représentants) ;
- le directeur du master recherche ITA de Rouen (ou un de ses représentants).

### Effectif attendu

Le public est très ciblé vers la bidisciplinarité puisque les étudiants de l'Université du Havre,

choisissant une formation monodisciplinaire en mathématiques ou bien en informatique, seront orientés vers les masters « partenaires » de recherche rouennais. Par contre, l'originalité et la spécificité du master proposé au Havre peut permettre d'attirer de nombreuses candidatures extérieures. Ainsi l'effectif attendu sera d'environ 10 (5 étudiants du Havre et 5 extérieurs).

## **5. Mutualisation des enseignements d'informatique avec l'Université de Rouen**

Une mutualisation importante se fait en collaboration avec les deux masters de recherche rouennais : ITA (dont le laboratoire porteur est le LIFAR) et GI (dont le laboratoire porteur est PSI).

### **Mutualisation avec le master recherche ITA (LIFAR)**

Ce master de recherche ITA propose des formations en bio-informatique dans lesquelles participent déjà des enseignant-chercheurs du Laboratoire d'Informatique du Havre. Ces UE permettent donc le transfert de ces travaux de recherche dans le cadre de la formation par la recherche. Elles seront donc naturellement proposés comme options possibles aux étudiants havrais. Aucun aménagement de ces options n'est nécessaire à Rouen et ces dernières verront leur public se compléter avec d'éventuels étudiants Havrais qui les choisiront.

### **Mutualisation avec le master recherche GI (PSI)**

Ce master de recherche propose des UE qui se recoupent avec des thématiques de recherche développées au LIH (par exemple, l'UE « IA et agents ») et il a été proposé que les enseignant-chercheurs travaillant sur des domaines connexes viennent compléter et enrichir les enseignements de ce master recherche, en proposant des formations très proches de leurs actions de recherche qui s'inscrivent dans ces thèmes. Voici les UE auxquelles contribueront les enseignants-chercheurs du LIH dans le cadre de ce master :

- l'UE (GI) « Modélisation en base de données » : cette UE est constituée de 2 parties. La première, « bases de données et entrepôts » est portée par le PSI. La seconde « Contraintes temporelles dans les SI » est portée par le LIH.
- l'UE « Connaissances, cognition et décision » : cette UE est constituée de 2 parties. La première, « Modélisation des connaissances » est portée par le PSI. La seconde, « Coopération de composants connaissances par des agents » est portée par le LIH.
- l'UE « Application des SMA » est portée complètement par le LIH.

Les programmes sont détaillés en annexe.

## **6. Mutualisation des enseignements de mathématiques avec l'Université de Rouen**

Elle se fait en partenariat avec le master recherche de MFA de Rouen. Elle est basée sur une intégration dans ce master avec aménagement de certaines options proposées initialement dans le projet initial. Ces UE complètement portées par les enseignants-chercheurs du LMAH dans le master MFA sont :

- UE « Semi-groupes et problèmes d'évolution »
- UE « Optimisation convexe »
- UE « Aspect stochastique de la dynamique »
- UE « Chaos et dynamique non-linéaire »

Les programmes sont détaillés en annexe.

# Annexes

## 1 Programmes détaillés des unités d'enseignement

### 1.1 Unités d'enseignement proposées dans le master de recherche MIASC de l'Université du Havre

-----  
Fiche descriptive de l'UE

#### MIASC-1 « Modélisation des systèmes complexes »

Intitulé	Vol. horaire	Crédits ECTS	Coef.	Responsable
MIASC-1 : Modélisation des systèmes complexes	CM : 22h	6	6	Joël Colloc

#### Participants

Aziz Alaoui, Alain Cardon, Joël Colloc

#### Objectifs

Ce cours a pour but d'expliquer ce qu'est un système complexe, du point de vue de l'informatique et de celui des mathématiques. On présentera les concepts sous-jacents à la complexité. Partant essentiellement de problèmes issus du monde du vivant, on décrira pas à pas le processus de construction d'un modèle mathématique. La conception de modèles discrets, continus (EDO ou EDP), avec retard, ou réguliers par morceaux, est développée. On présentera également des approches de conceptions informatiques capables de respecter la nature complexe, notamment adaptative et évolutive des systèmes étudiés.

#### Pré-requis (le cas échéant)

##### Contenu de l'UE

Cette unité d'enseignement se compose de deux parties :

#### 1. Modèles conceptuels des systèmes complexes adaptatifs

Responsables : A. Cardon et J. Colloc

Contenu :

- Modélisation équationnelle et modélisation calculable,
- Systèmes ouverts, systèmes adaptatifs et auto-adaptatifs,
- De la conception à l'analyse du comportement des systèmes,
- Systèmes et évolution,
- Des algorithmes génétiques à la génétique d'agents,
- Introduction aux systèmes dans les sciences cognitives.

#### 2. Modélisation mathématique et simulation des systèmes complexes

Responsable : A. Alaoui

Contenu :

- Généralités, complexité du monde réel et du vivant,
- Méthodologie de la modélisation et de la simulation,
- Événements et modèles discrets (exemples issus de la biologie ou écologie)
- Modèles continus (exemples : des modèles EDO aux modèles de réaction-diffusion, puis autres modèles),
- Modèles discontinus (EDO régulières par morceaux), traitement des discontinuités,

#### Bibliographie

- J.-L. Lemoigne « Modélisation des systèmes complexes », Dunod.
- TRJ Bossomaier et David G. Green « Complex systems », Cambridge university press

## Fiche descriptive de l'UE MIASC-2 « Méthodes d'optimisation combinatoire »

Intitulé	Vol. horaire	Crédits ECTS	Coef.	Responsable
MIASC-2 : Méthodes d'optimisation combinatoire	CM : 22h	6	6	Adnan Yassine Paul Raynaud De Fitte (LMRS – Rouen)

### Participants

Adnan Yassine, Serigne Gueye, Paul Raynaud de Fitte (LMRS – Rouen)

### Objectifs

Apprendre la base des méthodes de l'optimisation convexe numérique. Ce cours traite des problèmes modélisés et résolus à l'aide de la théorie des graphes en insistant sur les fondements issus de mathématiques discrètes, de l'algorithmique et de l'optimisation combinatoire. Les applications visées sont des problèmes concrets issus de divers domaines depuis la logistique, passant par les réseaux neuronaux jusqu'à la génomique. Nous utilisons des algorithmes approchés (génétiques, tabou, recuit simulé, etc.) pour résoudre cette classe de problèmes de grandes tailles.

### Pré-requis

Programmation linéaire, analyse numérique

### Contenu de l'UE

1. Théorie de graphes. Applications sur la BioInformatique ;
2. Métaheuristiques : algorithmes génétiques, méthode Tabou, recuit simulé. Applications sur les réseaux neuronaux et les problèmes logistiques ;
3. Programmation dynamique discrète. Exemples : recherche du plus court chemin, alignement de séquences ADN. Principes généraux. Programmation dynamique stochastique et application à un problème de consommation optimale.

### Bibliographie

- J.P. Aubin, P. Nepomiaschty, A.M. Charles « Méthodes explicites de l'optimisation », Dunod, 1982.
- J.F. Bonnans, J.C. Gilbert, C. Lemaréchal, C. Sagastigabel « Optimisation numérique, aspects théoriques et applications », Springer, 1997.
- M. Minoux « Programmation mathématique », tome 1, Bordas, 1983.

## Fiche descriptive de l'UE MIASC-3 « Modèles non linéaires »

Intitulé	Vol. horaire	Crédits ECTS	Coef.	Responsable
MIASC-3 : Modèles non linéaires	CM : 22h	6	6	Aziz Alaoui

### Participants

Aziz Alaoui, P. Magal, M. Cadivel, C. Bertelle

### Objectifs

Dans ce cours on présente les méthodes théoriques et outils numériques fondamentaux pour analyser le comportement de la dynamique de systèmes non linéaires issus du monde du vivant (équations différentielles ordinaires ou à retards). L'accent sera mis sur le lien existant avec d'autres options de ce master, par exemple celle, en informatique, sur l'analyse des motifs sur des séquences d'ADN.

### Pré-requis (le cas échéant)

Analyse numérique et théorie des EDO de base.

### Contenu de l'UE

- Introduction aux problèmes de mathématiques-biologie via les équations différentielles ordinaires (modèles proies-prédateurs, épidémiologiques, ...). Existence, bornage et stabilité des solutions, cycles limites, permanence, persistance ou extinction d'une population ...
- Introduction aux problèmes de dynamique de populations déterministe via les équations différentielles à retards. Généralités sur l'introduction des équations différentielles à retards en dynamique des populations (Exemples de modèles de génétique de population. Exemples de modèles compétitifs et coopératifs. Exemples de modèles de populations structurées en stades. Lien entre équation différentielle à retards et équations aux dérivées partielles de type transport (lien avec les modèles de dynamique de populations structuré en âges).
- Traitement numérique des systèmes différentiels issus du monde du vivant.

### Bibliographie

- « Essential of Mathematical Biology », N.F. Britton, Springer, 2003
- « Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems and Bifurcation of Vector Fields », Springer-Verlag, Guckenheimer J., Holmes, P.

## Fiche descriptive de l'UE MIASC-4 « Simulations discrètes distribuées »

Intitulé	Vol. horaire	Crédits ECTS	Coef.	Responsables
MIASC-4 : Simulations discrètes distribuées	CM : 22h	6	6	Moustapha Nakechbandi Mhamed Itmi (PSI-Rouen)

### Participants

- Moustapha Nakechbandi
- Mhamed Itmi

### Objectifs

- Illustrer les évolutions actuelles dans les méthodes et les outils du parallélisme.
- Aborder les principaux problèmes liés à la simulation, notamment lorsque le simulateur doit s'exécuter dans un environnement distribué.

### Pré-requis (le cas échéant)

M2-13 (parallélisme et distribution), M1-09 (Analyse numérique matricielle)

### Contenu de l'UE

#### Partie A : Environnements parallèles et distribués

1. Rappel sur les notions de base du parallélisme :
  - Speedup et efficacité, la loi d'Amdahl. Le modèle de PRAM, diviser et paralléliser, préfixe parallèle, le théorème de Brent.
  - Parallélisation de boucles. Analyse de la dépendance, systèmes d'équations de récurrence, transformations du temps et de l'espace, et génération du code.
  - Le modèle réseau de stations (le meta-parallélisme) et les outils de développement MPI, OpenMP
  - Problèmes liés à la parallélisation des algorithmes : répartition de charge, ordonnancement, routage, synchronisation, terminaison.
2. Itération asynchrone : modèle mathématique, étude de la convergence : espace continu, espace discret
3. Applications :
  - Simulation parallèle pour un problème de dynamique des populations.
  - Simulation parallèle pour le problème routage dans les réseaux.

#### Partie B : Simulation discrète : aspect mathématiques et informatique (mutualisée avec master recherche MI, Rouen)

- 1.Principes généraux : concepts, étape d'une étude de simulation
- 2.Modèles mathématiques et informatique
- 3.Simulation distribuée : introduction à HLA et à la simulation multi-agents
- 4.Analyse de résultats : étude des entrées/sorties. Vérification et validation d'un modèle de simulation.

### Bibliographie

- Parallel and Distributed Simulation Systems, Richard M. Fujimoto , Edition: Hardcover, 1999.
- Les application du calcul parallèle, pratique et outils, coordonnateur Bernard Philippe, Hermès 1999.
- Algorithmique parallèle, A. Legrand, Y. Robert, Dunod, 2003.
- La Simulation distribuée et parallèle, Florent NOLOT, Polycopiés, Cours de DEA Univ. de Lille, 2003.

## Fiche descriptive de l'UE MIASC-5 « Modèles du vivant »

Intitulé	Vol. horaire	Crédits ECTS	Coef.	Responsable
MIASC-5 : Modèles du vivant	CM : 22h	6	6	Cyrille Bertelle

### Participants

C. Bertelle, A. Cardon, J. Colloc, F. Guinand, D. Olivier, B. Mermet

Intervenant invité potentiel : E. Perrier (IRD)

### Objectifs

La démarche scientifique sous-tendue dans les enseignements dispensés est double. D'une part, sont présentées des approches basées sur l'intelligence artificielle distribuée pour modéliser le vivant et son codage dans leur complexité structurelle. D'autre part, les caractéristiques du vivant, du code génétique jusqu'aux mécanismes permettant l'émergence d'organisations dans certaines sociétés d'insectes, sont analysés et exploités pour concevoir de nouvelles approches constructives du développement, du déploiement et de la supervision de systèmes informatiques distribués à large échelle.

### Pré-requis (le cas échéant)

Théorie des graphes

Programmation orientée objet

Notion d'informatique distribuée et parallèle

### Contenu de l'UE

Les enseignements se décomposent en plusieurs parties représentant des volumes horaires compris entre 5 et 8 heures. Chaque année, seules certaines parties sont enseignées, laissant leur place l'année suivante à d'autres parties.

1. Intelligence collective ou en essaim
  - Introduction à la modélisation par coopération/compétition
  - Exemples naturels de l'intelligence en essaim : Les insectes sociaux, le contrôle émergent dans les mouvements collectifs
  - Algorithmes fourmis : problèmes combinatoires, division du travail, clustering
2. Modélisation des systèmes complexes naturels et des écosystèmes
  - Ecologie, systémique et écosystèmes : une introduction
  - Les approches équationnelles en dynamique de population
  - Propriétés markoviennes de l'évolution des systèmes
  - Les modèles individus-centrés
  - Modélisation des organisations émergentes : systèmes hiérarchiques, simulation de leur dynamique, modélisation multi-échelles
3. Approches bio-inspirées distribuées pour la génomique.
  - Algorithmes évolutionnistes distribués, algorithmes fourmis distribués.
  - Application à l'alignement et à la phylogénie à grande échelle.
4. Systèmes adaptatifs et conscience artificielle
  - Emotions artificielles en robotique
5. Modélisation agent pour les systèmes d'aide à la décision. Application à la simulation pour la gestion des risques environnementaux

### Bibliographie

- T.K. Yap, O. Frieder et R.L. Martino, "High Performance Computational Methods for Biological Sequence Analysis", Kluwer academic publishers, 1996
- E. Bonabeau, M. Dorigo et G. Theraulaz, « Swarm intelligence », Oxford university press, 1999
- V. Pichot-Viale et S. Frontier, « Ecosystèmes », Dunod, 1999
- L. Kallel, B. Naudts et A. Rogers ed., « Theoretical aspect of evolutionary computing », Natural computing series, Springer Verlag, 2000
- A. Cardon, « Conscience artificielle et systèmes adaptatifs », Eyrolles, 2000

Fiche descriptive de l'UE  
**MIASC-6 « Anglais et humanités »**

<b>Intitulé</b>	<b>Vol. horaire</b>	<b>Crédits ECTS</b>	<b>Coef.</b>	<b>Responsable</b>
MIASC-6 : Anglais et humanités	CM : 32h	6	6	

**Participants**

**Objectifs**

Perfectionner l'apprentissage de l'anglais pour des activités de recherche, aider les apprenants dans leur démarche vers l'autonomie face à l'apprentissage de l'anglais.

**Contenu de l'UE**

- L'enseignement d'humanités a pour but essentiel d'apporter une meilleure connaissance des entreprises et de leur environnement économique et social.
- L'enseignement d'anglais porte à la fois sur l'écrit et l'oral.
  - Préparation à la recherche : langue écrite
    - Approche de documents scientifiques en compréhension écrite, lecture d'articles publiés, lecture de portions de thèses de doctorat en anglais ;
    - Atelier d'écriture : l'abstract, l'article, la bibliographie ;
    - La langue scientifique : style, grammaire, syntaxe.
  - Préparation à la recherche : langue orale
    - Prise de parole en public ;
    - Compréhension de la langue lorsque les étudiants sont dans la situation d'écoute d'exposés scientifiques (séminaires, conférences) ;
    - Expression orale et gestion d'un exposé scientifique lorsque les étudiants sont dans la situation de faire eux-mêmes cet exposé (séminaires, conférences).

## 1.2 Unités d'enseignement proposées dans le cadre de la mutualisation avec les master de recherche « partenaires » de l'Université de Rouen.

### 1.2.1 Mutualisations avec le master MFA

-----

#### UE : Sommes d'opérateurs linéaires et applications concrètes

Mention	Mathématiques
Spécialité	MFA
Semestre	4
Mutualisation	Oui
Crédit (UE)	6
Resp. de l'UE	Rabah LABBAS, Professeur, 26 Sect. CNU
Nature de l'UE*	C
Nature des activités pédagogiques	CM : 20 h
Travail personnel estimé (hors présentiel)	40 h
Modalité du contrôle des connaissances	Examen 100%

\* Obligatoire (O) ; au choix (C) ; facultatif (F)

#### Présentation de l'UE (ou de l'EP), objectifs, compétences visées

Le but de ce cours est d'initier à la théorie des sommes d'opérateurs dans les espaces de Banach. Une partie sera consacrée aux applications concrètes liées à certains problèmes régis par des équations aux dérivées partielles de type elliptique ou parabolique. On s'intéressera aussi, pour la première catégorie aux comportements des solutions dans le cas d'ouverts singuliers et dans le deuxième cas à certaines équations paraboliques dégénérées.

#### Programme détaillé

- 1) Semi-groupes fortement continus et semi-groupes analytiques.
- 2) Espaces d'interpolation.
- 3) Sommes d'opérateurs linéaires dans les espaces de Banach.
- 4) Applications aux E.D.P.:  
problèmes aux limites elliptiques et singularités,  
problèmes paraboliques et paraboliques dégénérés.

#### références:

- 1) **A. Pazy** : Semigroups of linear operators and applications to partial differential equations. Springer, New York Berlin Heidelberg Tokyo, 1983...
- 2) **Lions-Peetre**: Sur une classe d'espaces d'interpolation. Publications mathématiques de L'IHES, 19,5-68,1964.
- 3) **P. Grisvard**: Elliptic problems in nonsmooth domains, monographs and studies in Mathematics, 24, Pitman, London.
- 4) **Labbas-Terreni**: Sommes d'opérateurs de type elliptique et parabolique. BUMI, 7, 1B, 545-569)
- 5) **Labbas-Terreni**: Sommes d'opérateurs de type elliptique et parabolique. BUMI, 7, 2B, 141-162.
- 6) **Favini-Yagi**: Degenerate Differential equations in Banach Spaces. M. Dekker, New York (1999)

## **UE :Aspects stochastiques de la dynamique**

<b>Mention</b>	<b>Mathématiques</b>
<b>Spécialité</b>	<b>MFA</b>
Semestre	4
Mutualisation	Oui
<b>Crédit (UE)</b>	<b>6</b>
<b>Resp. de l'UE</b>	<b>Coquet F., Professeur. 26Ème CNU</b>
Nature de l'UE*	C
Nature des activités pédagogiques	CM : 20 h
Travail personnel estimé (hors présentiel)	40 h
Modalité du contrôle des connaissances	Examen 100%

\* Obligatoire (O) ; au choix (C) ; facultatif (F)

### **Présentation de l'UE (ou de l'EP), objectifs, compétences visées**

#### **Objectifs**

Introduction aux techniques de base dans les modélisations de phénomènes aléatoires reliés aux sciences du vivant et évoluant avec le temps.

#### **Contenu de l'UE**

- Généralités sur les dynamiques aléatoires. Modélisations markoviennes, processus de branchement.
- Evolution du patrimoine génétique d'une population, équilibre de Hardy-Weinberg et dérive génétique.
- Arbre de Galton-Watson, probabilités d'extinction et d'explosion.
- Introduction aux équations de transport et de diffusion, lien entre un modèle microscopique probabiliste et un modèle macroscopique déterministe (EDP).

## **UE : OPTIMISATION**

<b>Mention</b>	<b>Mathématiques</b>
<b>Spécialité</b>	<b>MFA</b>
Semestre	4
Mutualisation	Non
<b>Crédit (UE)</b>	<b>6</b>
<b>Resp. de l'UE</b>	<b>Adnan YASSINE, PU, 26<sup>ème</sup> section</b>
Nature de l'UE*	C
Nature des activités pédagogiques	CM : 20 h
Travail personnel estimé (hors présentiel)	40 h
Modalité du contrôle des connaissances	Examen 100%

\* Obligatoire (O) ; au choix (C) ; facultatif (F)

### **Présentation de l'UE (ou de l'EP), objectifs, compétences visées**

Une introduction générale à la recherche en optimisation permettant aux étudiants de connaître les algorithmes de base en optimisation convexe.

### **Programme détaillé**

Les chapitres abordés dans cette option sont les suivants :

- 1- Éléments de l'analyse convexe : Notions fondamentales, définitions, propriétés générales ;
- 2- Optimisation unidimensionnelle ;
- 3- Optimisation convexe ;
- 4- Les méthodes de points intérieurs pour la programmation linéaire et quadratique ;
- 5- Programmation quadratique (méthodes de points intérieurs, méthode du gradient conjugué conditionnel, algorithme de Lemke, etc.) et ses applications sur des problèmes concrets ;
- 6- Méthodes de Newton, quasi-newtoniennes, de région de confiance ;
- 7- Pénalité extérieure.

## **UE : Chaos et Dynamique Non Linéaire**

<b>Mention</b>	<b>Mathématiques</b>
<b>Spécialité</b>	<b>MFA</b>
Semestre	3 ou 4
Mutualisation	Oui
<b>Crédit (UE)</b>	<b>6</b>
<b>Resp. de l'UE</b>	<b>Aziz Alaoui, Professeur, 26ème</b>
Nature de l'UE*	C
Nature des activités pédagogiques	CM : 20 h
Travail personnel estimé (hors présentiel)	40 h
Modalité du contrôle des connaissances	Examen 100%

\* Obligatoire (O) ; au choix (C) ; facultatif (F)

### **Présentation de l'UE (ou de l'EP), objectifs, compétences visées**

Le but de ce cours est de fournir une introduction à l'étude du chaos et des systèmes dynamiques non linéaires et dissipatifs. L'étude de l'évolution de systèmes non linéaires, des bifurcations et celle du chaos seront théoriquement abordées et illustrées par des exemples pratiques issus par exemple du monde du vivant (modèles proies-prédateurs, ...). La notion de synchronisation du chaos sera présentée et aussi illustrée sur des exemples.

### **Pré-requis**

Notions de base sur les problèmes différentiels (EDO): Cours de base conseillé = UE24 (du master MFA, Rouen).

### **Programme détaillé**

- Introduction aux systèmes dynamiques discrets (mappings en  $D1$ ,  $D2$ , ensemble limites et attracteurs chaotiques, ...)
- Théorie des bifurcations pour les systèmes discrets
- Sensibilité aux conditions initiales et chaos dans les systèmes différentiels (attracteur étranges, exposants de Lyapunov, ...).
- Théorie des bifurcations pour les EDO
- (cascade de dédoublement de périodes et bifurcation col-noeud ; Bifurcation de Hopf ; Théorème de la variété centre, ...).
- Synchronisation du chaos

## 1.2.2 Mutualisations avec le master GI

### Fiche descriptive partielle de l'UE « Modélisation en base de données »

Intitulé	Vol. horaire	Crédits ECTS	Coef.	Responsable
Modélisation en base de données Partie A : Bases de données et entrepôts Partie B : Contraintes temporelles dans les SI	CM : 24h	6	6	Partie A : Michel Mainguenaud Partie B : Bruno Sadeg

La description de la partie A se trouve dans le dossier du master recherche GI, de Rouen. Nous décrivons dans la suite, la partie B.

#### Objectifs

Les applications actuelles deviennent de plus en plus complexes. Quelques aspects soulignant cette complexité sont la distribution des données et/ou des traitements, et les contraintes temporelles auxquelles elles sont soumises. Les systèmes d'information, notamment les SGBD, qui sont à la base de ces applications doivent donc tenir compte de ces nouvelles caractéristiques. Dans ce cours, nous nous intéressons particulièrement à la manière dont s'expriment ces contraintes temporelles, sur quoi elles portent, par quels mécanismes elles peuvent être respectées. Le cours de cette option a pour objectif de fournir aux étudiants les éléments de bases pour poursuivre des recherches dans le cadre d'un doctorat.

#### Pré-requis (le cas échéant)

Cours de bases de données

#### Contenu de l'UE

1. Systèmes d'information : caractéristiques
2. SGBD temps réel distribués
3. Exemple de systèmes à temps contraint pour les applications multimédia (BeeHive)
4. Prise en compte des contraintes temporelles dans :
  - le contrôle de concurrence distribué
  - les modèles de transactions étendus
  - la validation des transactions distribuées
5. Ordonnement causal et COMMIT temps réel
6. Ordonnement et ordonnancement
7. Qualité de service et Qualité des données dans les SGBD multimédia
8. Problèmes ouverts

#### Bibliographie

1. A. Bestavros, K-J. Lin and S.H. Son, Real-Time Database Systems: Issues and Applications, Kluwer Academic Publishers, 1997.
2. A. Bestavros and V. Wolfe eds., Real-Time Database and Information Research Advances, Kluwer Academic Publishers, 1997.
3. C. Duvallet, Z. Mammeri et B. Sadeg, Les SGBD temps réel, revue Technique et Science Informatique (TSI), Vol. 18, Num. 5, pp. 479-517, 1999.
4. K-Y. Lam and T-W. Kuo eds., Real-Time Database Systems: Architecture and Techniques, Kluwer Academic Publishers, 2001.
5. K. Ramamritham, Real-Time Databases, Journal of Distributed and Parallel Databases, Vol. 1, Num. 2, pp. 199-226, 1993.

Fiche descriptive partielle de l'UE  
« **Connaissances, cognition et décision** »

<b>Intitulé</b>	<b>Vol. horaire</b>	<b>Crédits ECTS</b>	<b>Coef.</b>	<b>Responsable</b>
« Connaissances, cognition et décision » Partie A : Modélisation des connaissances Partie B : Interopérabilité de composants connaissances	CM : 24h	6	6	Partie A : Jean-Philippe Kotowicz Partie B : Joël Colloc

La description de la partie A se trouve dans le dossier du master recherche GI, de Rouen. Nous décrivons dans la suite, la partie B.

**Participants**

A. Cardon et J. Colloc

**Objectifs**

Cette unité d'enseignement concerne les modèles et les méthodes de conception de systèmes multi-agents.

**Pré-requis (le cas échéant)**

Programmation orientée objets

Intelligence artificielle

**Contenu de l'UE**

- Une classification des connaissances et des modes de raisonnements
- Modèles de représentation des connaissances
- Un modèle d'agent cognitif
- Systèmes multi-agents d'aide à la décision
- Analyse des processus décisionnels : aspects psychologiques et comportementaux de la décision humaine
- Systèmes adaptatifs et cognitions artificiels

## Fiche descriptive de l'UE « Applications et Systèmes multi-agents »

Intitulé	Vol. horaire	Crédits ECTS	Coef.	Responsable
Applications et Systèmes multi-agents	CM : 24h	6	6	Joël Colloc

### Participants

C. Bertelle, J. Colloc, B. Mermet

### Objectifs

Cette unité d'enseignement concerne les modèles et les méthodes de conception de systèmes multi-agents.

### Pré-requis (le cas échéant)

Programmation orientée objets  
Intelligence artificielle

### Contenu de l'UE

1. Méthodes formelles pour les SMA
2. Apprentissage et méthodologie dans les SMA
  - Apprentissage dans les agents (supervisé ou non-supervisé)
  - Apprentissage au sein d'un système multi-agents
  - Les modèles d'apprentissage disponibles :
    - ex: Raisonnement à partir de cas, auto-adaptation, clustering dynamique, génétique d'agents...
  - Etude d'opportunité : Indications ou les systèmes représentables à l'aide d'une approche SMA
  - Démarche d'analyse et de conception d'un SMA
  - Cycle de vie : Etude d'opportunité, de faisabilité, analyse, conception, validation...
  - Outils méthodologiques
    - de recueil de composants représentables en terme d'agents,
    - Structures d'agents disponibles,
    - Protocoles,...
    - Interfaces
3. Distribution des SMA : Corba et agents mobiles
  - Des systèmes distribués à objets aux plateformes d'agents mobiles
  - De Corba à Masif
  - Codes et agents mobiles
  - Implémentation en Java : Aglets, proActive
4. Intelligence collective
5. Systèmes complexes naturels
6. SMA pour la modélisation de la gestion des risques
7. SMA neuronaux
  - Embryogenèse et évolution du système nerveux
  - Modélisation objet de la connexité (modélisation d'objets jonction supports des contraintes de communication au sein d'un réseau).
  - De la modélisation objet de réseaux de neurones à un système multi-agents réactif neuronal
  - Les approches évolutionnistes : cycle d'évolution d'un SMA neuronal Problématiques et voies de recherche
  - Projet de développement d'un système multi-agent neuronal

### Bibliographie

- J. Ferber, « Les systèmes multi-agents », InterEditions, 1995
- G. Weiss ed., « Multiagent Systems », MIT Press, 1999
- J.-P. Muller, « The design of intelligent agents : a layered approach », LNAI, Springer, 1996

## 2. Liste des options proposées par les masters « partenaires » de Rouen

### 2.1 Options proposées dans le master recherche MFA

Les options suivantes constituent un choix approprié pour les étudiants souhaitant acquérir des compétences complémentaires en probabilités et statistiques :

- Statistique asymptotique
- Chaînes et processus de Markov
- Théorie ergodique
- Systèmes infinis de particules
- Introduction à la modélisation pour l'analyse d'images

Les options suivantes constituent un choix approprié pour les étudiants souhaitant acquérir des compétences complémentaires en analyse, problèmes différentiels et optimisation :

- Equations différentielles ordinaires
- Modélisation et étude de problèmes non linéaires en EDP
- Modélisation, optimisation non convexe et optimisation non globale

### 2.2 Options proposées dans le master recherche GI

Les options suivantes constituent un choix approprié pour les étudiants souhaitant acquérir des compétences complémentaires en traitement informatique de documents.

- Classification
- Fusion d'information
- Modèles Bayésiens
- Fouille de documents
- Apprentissage en contexte

### 2.3 Options proposées dans le master recherche ITA

Les options suivantes constituent un choix approprié pour les étudiants souhaitant acquérir des compétences complémentaires en Bio-informatique.

- Bio informatique
- Bio-Info et parallélisme

### 3. Fiches individuelles des enseignants de l'Université du Havre

Ne sont présentes dans ce document, que les fiches des responsables d'UE. Les fiches des collègues rouennais, nous renvoyons aux dossiers des masters rouennais partenaires, MFA, GI et ITA.

-----  
**Fiche Individuelle synthétique**  
**AZIZ ALAOUI M.A.**

Professeur des universités, 26ème section  
LMAH – Université du Havre

#### **Thématique de recherche**

Cadre général : Systèmes dynamiques dissipatifs réels, théorie des équations différentielles (ou des applications discrètes), théorie des bifurcations, chaos déterministe et applications pratiques, étude des attracteurs étranges, synchronisation du chaos, dynamique des populations.

#### **Trois productions scientifiques significatives/récentes**

- Aziz-Alaoui M.A. and Daher O.M, (2003).  
Boundedness and global stability for a predator-prey model with modified Leslie-gower and Holling-type II schemes,  
Applied Math.Lets.,Vol. 16(7), pp. 1069-1075.
- Aziz-Alaoui M.A., (2002).  
Study of a Leslie-Gower-type tritrophic population model,  
Chaos Sol. and Fractals, Vol. 14(8), pp. 1275-1293.
- Aziz-Alaoui M.A. and Chen G.R,(2002).  
Asymptotic analysis of a new piecewise-linear chaotic system,  
Intern. Journ. of Bifurcation and Chaos, Vol. 12(1), pp. 147-157.

## Fiche Individuelle synthétique

### **BERTELLE Cyrille**

Maître de Conférences- HDR, 27ème section  
LIH – Université du Havre

#### **Thématique de recherche**

Le thème principal de recherche est la modélisation des systèmes complexes naturels, notamment les écosystèmes et les estuaires. On s'intéresse à un couplage de l'hydrodynamique, modélisée par des approches particulières, avec des modèles individus-centrés. Un des points clés de cette problématique est la détection d'organisations dynamiques et leur réintroduction en cours de calcul dans la simulation. Une représentation suffisamment générique de ces organisations permet alors de réitérer le processus sur plusieurs niveaux hiérarchiques. La localité des modèles utilisés d'une part et la gestion automatique d'organisations émergentes nous a conduit alors à nous intéresser à la représentation multi-échelle qui intègre la modélisation des transferts entre les différents niveaux de description. Ce travail nous a conduit également vers l'étude des systèmes auto-organisés, l'intelligence collective ou en essaim.

#### **Trois productions scientifiques significatives/récentes**

- C. Bertelle, A. Dutot, F. Guinand and D. Olivier, Dynamic Placement using Ants for Object-based Simulations, In proceedings of the "International Symposium on Distributed Objects and Applications (DOA'2003)", Catania, Sicily, November 3-7, 2003. (To appear in the LNCS series).
- C. Bertelle, A. Dutot, F. Guinand, and D. Olivier. DNA sequencing hybridization based on multi-castes ant system. In BIXMAS 2002, AAMAS 2002 Conf., Bologna (Italy), July 2002.
- P. Tranouez, S. Lerebourg, C. Bertelle, and D. Olivier. Contribution à la représentation multi-échelle des écosystèmes aquatiques. In JFSMA 2003, Hammamet - Tunisie, 27-29 Novembre 2003. (To appear in RSTI -Ed. Hermès).

## Fiche Individuelle synthétique

### CARDON Alain

Professeur des universités, 27ème section  
LIH – Université du Havre

#### **Thématique de recherche**

Conscience artificielle, modélisation des systèmes adaptatifs, systèmes multi-agents.

#### **Trois productions scientifiques significatives/récentes**

- Alain Cardon  
« Conscience artificielle et systèmes adaptatifs »,  
Eyrolles, 2000
- Alain Cardon et Christophe Dabancourt  
« Initiation à l'algorithmique objet : modélisation en UML et exemples en Java et C++ »,  
Eyrolles, 2001
- Alain Cardon  
« Modéliser et concevoir une machine pensante »,  
Editions Automates Intelligents, 2003

## Fiche Individuelle synthétique

### COLLOC Joël

Professeur des universités, 27ème section  
LIH – Université du Havre

#### Thématique de recherche

- La modélisation du vivant : une approche multi-agents de l'épigenèse, de la plasticité des connexions et des modes de communication du système nerveux.
- Une approche multi-agents pour l'intégration de modèles de connaissances dans les systèmes d'aide à la décision.
- La coopération de bases de données et de bases de connaissances

#### Trois productions scientifiques significatives/récentes

- Colloc J., Sybord C. A Multi-Agent Approach to Involve Multiple Knowledge Models and the Case Base Reasoning Approach in Decision Support Systems, In proceedings of 35th IEEE Southeastern Symposium on System Theory SSST'03, WVU, Morgantown USA, 17-18 March 2003.
- Colloc J., Bouzidi L., A Case Based Reasoning Decision Support System for use in Medicine, UPGRADE Vol. II, n°1, Feb 2001, pp30-35.
- Colloc J., Un système multi-agents neuronal: vers des systèmes d'information épigénétiques, Revue Systèmes d'Information et Management, N°4, Vol.5, ESKA :2000, pp. 55-71.

Fiche Individuelle synthétique  
**NAKECHBANDI Moustafa**

Maître de Conférences-HDR, 27ème section  
LIH – Université du Havre

**Thématique de recherche**

Parallélisation des algorithmes non numériques, ordonnancement et routage dans les systèmes distribués.

**Trois productions scientifiques significatives/récentes**

- Scheduling Tasks with Communication Delays on Multi-Levels Clusters, Nakechbandi M., J.-Y. Colin, P. Colin, and Frédéric Guinand , PDPTA'99 : Parallel and Distributed Techniques and Application, June 1999, Las Vegas, U.S.A.
- Bounding the makespan of best pre-schedulings of task graphs with fixed communication delays and random execution times on a virtual distributed system ", M. Nakechbandi, J.-Y. Colin , C. Delaruelle, OPODIS02, Reims, décembre 2002.

## Fiche Individuelle synthétique

### YASSINE Adnan

Professeur des universités, 26ème section  
LMAH – Université du Havre

#### Thématique de recherche

Mes activités d'enseignement et de recherche sont centrées sur l'analyse numérique (algorithmique numérique, calcul scientifique, programmation mathématique), optimisation convexe et non convexe (différentiable et non différentiable), optimisation globale, optimisation financière et la recherche opérationnelle (optimisation combinatoire, optimisation dans les réseaux, ordonnancement et théorie de graphes).

#### Trois productions scientifiques significatives/récentes

- A. Kadiri, A. Yassine : Une procédure de purification pour les problèmes de complémentarité linéaires, monotones. RAIRO Operations Research. Vol.38, pp 63-83, 2004.
- Y. Bereaux, J.R. Clermont et Adnan Yassine : Optimization methods for solving non-linear equations and viscoelastic flow problems. Engineering Optimization, Vol. 31, pp 405-434, 1999.
- A. Yassine, N. Alaa et A. Elhilali : Convergence of Tholand's critical points for sequences of D.C. functions and application to the resolution of semilinear elliptic problems. Control and Cybernetics, Vol. 30, n°.4, pp.405-417, 2001.