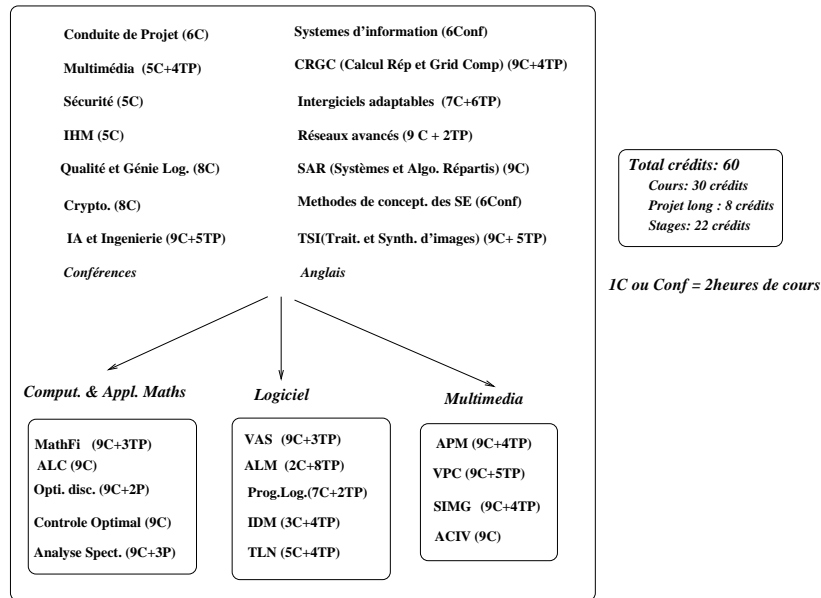


Département Informatique et Mathématiques Appliquées  
Syllabus des enseignements  
de la troisième année généraliste

Année 2009-2010

(Volume des cours)



Description du contenu des enseignements

Tronc Commun

1 Systèmes et Algorithmique Répartis (SAR)

**Responsable** : Gérard Padiou

**Volume** : 9 Cours + Examen

**Objectifs** : L'objectif de ce cours est de présenter un tour d'horizon des principes et techniques qui permettent de répartir des traitements et des données sur des architectures distribuées.

Différents aspects sont abordés :

- les bases théoriques : notion de protocole, modèle de calcul réparti, notion de causalité.
- les mécanismes de base : horloges logiques, réseaux logiques, protocoles ordonnés, groupes de diffusion, vagues, synchronisme virtuel, etc
- les algorithmes répartis génériques : exclusion mutuelle, terminaison, détection de l'interblocage, consensus, prise de diché, cohérence de données répliquées.
- les principaux aspects non fonctionnels à prendre en compte lors de la conception des applications réparties : localisation, tolérance aux fautes, sécurité, disponibilité, autonomie, adaptabilité, etc
- les tendances actuelles des applications réparties : architectures dynamiques (ad hoc, pair à pair), mobilité, grilles de calcul.

Le cours est illustré par des exemples de systèmes ou services mettant en œuvre les principes et mécanismes exposés : à titre d'exemple, pour les fichiers répartis, NFS, pour les protocoles de groupe et le synchronisme virtuel : ISIS, Ensemble, etc.

**Mot clés** : Répartition, Causalité, Algorithmique répartie, Services répartis.

2 Calcul Réparti et Grid Computing (CRGC)

**Responsable** : P. Amestoy

**Volume** : 9 Cours + 4 TP + Exam (bureau d'étude)

**Objectifs** : Ce module répond à un double objectif : donner, d'une part, aux étudiants une culture générale, tant architecturale que logicielle, relative aux calculateurs à hautes performances (architectures parallèles dédiées au calcul scientifique) et, d'autre part, leur faire acquérir une bonne maîtrise de l'algorithmique et des techniques de programmation propres aux architectures à mémoire distribuée.

Ce module décrit donc les problèmes spécifiques au calcul sur architectures multiprocesseurs (mémoires partagées et réparties) ainsi que sur une grille de calculateurs. Après une introduction des aspects architectures réparties, systèmes répartis et grid computing, les modèles de programmation par transfert de messages et par mémoire partagée ainsi que les modèles classiques d'analyse de performance de codes parallèles seront introduits. Le travail algorithmique sera illustré sur des problèmes classiques de séquençement, d'affectation et de partitionnement de graphes de tâches de calcul.

Les outils du domaine public PVM ("Parallel Virtual Machine") et XPVM (générateur/analyseur de trace d'executions) ainsi que les implémentations du standard MPI (Message passing Interface) seront utilisés pour illustrer ces concepts. Une partie de ce cours sera dédiée à la pratique (travaux pratiques et bureau d'étude) de ces modèles de programmation sur des réseaux de stations de travail.

**Mot clés** : Architecture des supercalculateurs, calcul parallèle, programmation d'applications réparties, Message Passing Interface (MPI).

3 Traitement et synthèse d'images

**Responsable** : Vincent Charvillat

**Intervenants** : Vincent Charvillat et Géraldine Morin

**Volume** : 9 Cours + 5 TP + Examen

ACIV : Analyse, Compression, Indexation de la Vidéo    ALC : Algèbre Linéaire creuse    ALM : Architecture logicielle-Matérielle  
APM : Audionumerique : Parole et musique    IDM : Ingenierie des modeles    MathFi : Mathematiques financieres  
SIMG : Synthese d'Images et Modelisation geometriques    TLN : Traitement du Langage Naturel    VAS : Valid. par Anal. Statique  
VPC : Vision par calculateurs

**Objectifs :** Illustrer les concepts de base de l'analyse d'images et de la synthèse d'images en s'appuyant sur des applications de réalité augmentée d'abord sur des environnements 2D (augmentations et trucage de scènes planes) puis sur des scènes 3D.

**Bibliographie :**

- Computer graphics, principles and practice Foley and al. 2nd ed. Addison Wesley
- Analyse d'images : filtrage et segmentation, Cocquerez et al. Dunod

## 4 Gestion de projets

**Responsable :** Yves Latouille (Pierre Fabre SA)

**Volume :** 6 Cours + Examen

**Objectifs :**

Donner une idée précise de la gestion de projet. Détailler plus particulièrement le rôle essentiel du chef de projet. Familiariser les étudiants avec les concepts et les méthodes afin de leur donner les bases pour pouvoir plus facilement prendre à courte échéance la pleine responsabilité de projets.

**Mot clés :**

Méthode, préparation, évaluation des risques, suivi de projet, communication, contrôles, bilan

## 5 Cryptographie

**Responsable :** Jean-Pierre Cabanel

**Volume :** 8 cours + examen

**Objectifs :** Les objectifs du cours consistent à présenter aux étudiants les bases essentielles relatives à la protection des systèmes de communication et informatique sur le plan du chiffrement et des mécanismes d'authentification/identification.

**Plan du cours**

1. Introduction aux bases du chiffrement
2. Les chiffreurs symétriques (blocs et flots)
3. Les chiffreurs asymétriques
4. La notion d'aléas et la gestion des clefs de chiffrement
5. Le «Hash» des données
6. Les processus d'authentification
7. Les différents types d'attaques et les sensibilités des différents systèmes de communication et de systèmes informatiques.

## 6 Intelligence Artificielle et Ingénierie

**Responsables :** F. Evrard et J.C. Buisson

**Volume :** 9 Cours + 3 TP Examen

**Objectifs :** Ce module présente un panorama des méthodes d'intelligence artificielle utiles à la prise de décision lors de la réalisation de projets, ainsi que l'application de ces méthodes en fonction des différentes possibilités de représentation, notamment lors de la construction de plans. Il est complémentaire du cours Heuristique et satisfaction de contraintes effectué en deuxième année informatique et mathématiques appliquées.

**Plan du cours :**

- Introduction : résolution de problème et planification
- Logique de l'imprécis et de l'incertain
- Arithmétique et commande floue
- Connaissances et raisonnements
- Perception et action
- Conclusion

## 7 Sécurité

**Responsable :** Pierre-Yves Bonnetain (B&A Consultants - Sécurité informatique)

**Volume :** 5 Cours + Examen

**Objectifs :** Présentation de la problématique générale de la sécurité informatique, sous son angle technique : principaux risques et matérialisation de ces risques, exemples d'incidents, analyse de faiblesses dans des applications ou des protocoles réseau. Le cours vise à donner aux étudiants les éléments nécessaires pour réfléchir à la sécurité des systèmes qu'ils conçoivent ou mettent en place. Cela doit leur permettre de prendre des décisions informées et appropriées face aux risques auxquels sont confrontés leurs systèmes.

## 8 Réseaux avancés

**Responsable :** Emmanuel Chaput

**Intervenants :** Riadh.Dhaou et Julien Fasson

**Volume :** 9 Cours + Examen

**Objectifs :** Ce module s'appuie sur les compétences acquises lors des modules de deuxième année "Techniques de base des réseaux" et "Architecture des réseaux et Internet" pour dresser un tableau aussi large que possible des évolutions majeures des réseaux de données. Les divers aspects de ces évolutions seront abordés :

- Les évolutions technologiques au travers des communications sans fil
- Les évolutions applicatives par le biais de la voix sur IP
- Les évolutions nécessaires des architectures, en termes de mobilité, multipoint et qualité de service.

## 9 Introduction aux applications multimédia réparties

**Responsable :** Romulus Grigoras

**Intervenants :** Romulus Grigoras, Vincent Charvillat

**Volume :** 5 Cours + 1 TP +1 BE (sur 3TP) + Examen

**Objectifs :**

Introduire les technologies informatiques nécessaires à la conception, au déploiement et à la maintenance des principales applications multimédia réparties.

**Mot clés :**

Multimédia, MPEG, distribution sur IP, Architectures matérielles et logicielles, streaming, API

**Contenu :**

- Introduction :
- Différentes taxonomies du domaine ;
- Exemples d'applications y compris deux études de cas utilisées ensuite (VoD et Visio-conférences) ;
- Utilité, principes et fonctionnement des organismes de normalisation.
- Le cas MPEG\* :
- Présentation des différentes familles de normes de l'ISO ;
- Introduction aux processus de codage, d'indexation et d'échange de contenus numériques.
- Chaîne de distribution :
- Stockage et Transport sur réseau IP : contraintes et solutions pour la QoS ;
- Comparaison du Téléchargement, téléchargement progressif, streaming ;
- Introduction aux protocoles applicatifs de distribution et de signalisation RTP/RTCP/RTSP, ...
- Architectures matérielles et logicielles :
- Serveurs de streaming matériels et logiciels ;
- Réseaux de distribution de contenus (CDN) ;
- Introduction aux API dédiées au développement d'applications multimédia (QuickTime, Windows Media, plate-forme Helix, JMF) ;
- Présentation détaillée des éléments de JMF utilisés en Travaux Pratiques.
- Éléments de perspective sur les nouveaux usages :
- Nomadisme ;
- Systèmes mobiles ou pervasifs ;
- Adaptation et personnalisation des applications.

**Ouvrages conseillés :**

- Iain E.G. Richardson, Video Codec Design, Wiley 2002
- Pereira et al., The MPEG-4 Book, IMSC Press 2002
- Dabous et al., Systèmes multimédia communicants, Hermes Science 2001, chap. 1 & 7 "
- Mostefaoui et al., Gestion des données multimédia, Hermes Science 2004, chap. 1, 2 & 5

## 10 Intergiciels adaptables

**Responsable** : D. Hagimont

**Volume** : 7 Cours + 6 TP + examen

**Objectifs** : On désigne par intergiciels les logiciels se situant entre le système d'exploitation et les applications, permettant de faciliter la construction des applications centralisées ou réparties. Les principaux types d'intergiciels, permettant la construction d'applications en exploitant des modèles à partage de mémoire ou à échanges de messages synchrones ou asynchrones, ont été étudiés dans des cours du niveau M1. L'objectif de ce cours est d'y apporter un complément en étudiant des intergiciels prometteurs dont on retrouve les concepts dans de nombreux produits actuellement utilisés. Une des caractéristiques essentielles de ces intergiciels est de fournir des concepts et techniques pour atteindre les objectifs liés à l'adaptabilité des logiciels, un logiciel devant pouvoir être facilement adapté en fonction de son contexte d'utilisation.

Programme :

- La programmation par aspects - AspectJ
- Les composants logiciels - Fractal
- OSGI

**Bibliographie** :

- <http://www.eclipse.org/aspectj/>
- <http://fractal.objectweb.org/>
- <http://www.osgi.org/>

## 11 Qualité et génie logiciel

**Responsable** : Christophe Pinaud (EADS-Astrium)

**Intervenants** : Alain Bret (Alcyonix France), Christophe Pinaud (EADS-Astrium)

**Volume** : 8 Cours + Examen

**Objectifs** : A la fin de ce cours, les étudiants seront en mesure :

- d'expliquer l'utilité d'organiser le développement logiciel et d'anticiper ;
- de comprendre et expliquer le cycle de vie de développement d'un projet logiciel, et de dégager ses avantages, inconvénients et risques
- de comprendre les principes et motivations de la qualité logiciel
- de mettre en place les bases de gestion de configuration logiciel
- de comprendre l'utilité de gérer les exigences sur les projets complexes
- d'être acteur dans la définition d'un processus
- de comprendre une cartographie de processus
- d'expliquer la notion de maturité des organisations
- de décrire succinctement un modèle de maturité (CMMI)

**Contenu** :

- Principales motivations pour mettre en place une démarche industrielle de développement des logiciels
  - les besoins utilisateurs
  - les évolutions technologiques
  - les constats (échecs et principaux retours d'expérience)
  - les causes
- Les principes du génie logiciel
  - les objectifs ; les cycles de vie
- Présentation détaillée du cycle de vie en V
  - Les activités d'études :
    - Études préalables
    - Spécification

- Conceptions préliminaire et détaillée
- Les activités de vérification
  - détail de la revue conjointe
- Les activités de réalisation
  - codage, tests unitaires et intégration
- Les activités de validation et de recette
- La qualité logiciel
  - définitions
  - spécification de la qualité et objectifs qualité
  - construction de la qualité, standards et processus
  - contrôles produits et processus
  - évaluation de la qualité et indicateurs
- La gestion de configuration logiciel
  - la gestion de versions et organisation des espaces
  - la gestion des évolutions
- L'ingénierie des exigences
  - caractérisation des exigences
  - traçabilité et analyse d'impact
- Standards de processus en Ingénierie Système et logiciel - Processus et panorama général
  - triangle processus/ressources humaines/technologies
  - un processus, c'est quoi ?
    - définition
    - exemples et exercices
  - processus versus cycle de vie
  - différents modèles de processus
- Modèle de maturité CMMI - Introduction et concepts
  - présentation générale
  - modèle étagé à 5 niveaux de maturités
  - caractéristiques par niveau

## 12 Introduction à l'Interaction Homme Machine

**Responsable** : David Navarre

**Volume** : 5 Cours + Bureau d'études

**Objectifs** : L'objectif du cours est avant tout une introduction au domaine de l'interaction Homme-Machine, en survolant les principaux concepts rattachés au domaine, comme la conception centrée utilisateur, l'ergonomie, la psychologie cognitive, mais aussi tous les aspects génie logiciels particuliers, appelés génie des systèmes interactifs. L'accent est surtout mis sur ce dernier point à travers la présentation des processus de développement, des méthodes de conception et des architectures logicielles pratiquées dans le domaine. Une partie importante du cours est dédiée à la modélisation du comportement interactif d'une application à l'aide d'une notation dédiée, basée sur des machines à états finis.

Ce cours donne lieu à un bureau d'étude consistant à appliquer les concepts présentés sur un cas d'étude réaliste.

**Mot clés** : Conception centrée utilisateur, Génie des Systèmes Interactifs, Architecture logicielle, Modélisation, Prototypage.

## 13 Introduction aux systèmes embarqués

**Responsable** : Claire Pagetti (ONERA CERT)

**Intervenants** : F. Boniol (ONERA), M. Bovet (Airbus) et C. Pagetti (ONERA)

**Volume** : 6 Conférences

**Objectifs** : Les systèmes informatiques embarqués connaissent depuis plusieurs années un essor considérable dans tous les domaines (automobile, aéronautique, espace...). Ils sont généralement soumis à des contraintes strictes imposées par leur environnement (miniaturisation, résistance aux vibrations et/ou aux variations importantes de températures ...). De ce fait, leur conception suit des processus de développement adaptés et

d'intenses vérifications dans le cas des systèmes critiques. L'objectif de ce cours est de présenter des étapes fondamentales dans la conception de systèmes embarqués. Les intervenants étant des spécialistes du domaine avionique, ce domaine sert d'illustration aux différentes présentations.

**organisation du cours** : Le cours est décomposé en trois parties :

1. une introduction générale pose les fondements des processus de conception. Plusieurs problématiques sont décrites illustrant ainsi les besoins inhérents aux systèmes embarqués. On constate alors que de nombreuses activités, notamment de spécification fonctionnelle, de validation ou encore de performance temps réel, doivent être menées, parfois par des équipes différentes.
2. La deuxième partie du cours est une introduction à la sûreté de fonctionnement, une des activités centrales dans la conception de systèmes critiques. La sûreté de fonctionnement consiste à évaluer les risques potentiels, prévoir l'occurrence des défaillances et tenter de minimiser les conséquences des situations catastrophiques lorsqu'elles se présentent. Plusieurs méthodes et outils classiques seront présentés.
3. La dernière partie présente le développement d'un composant avionique complet, allant du fonctionnel au matériel en passant par des contraintes génériques comme celles de sûreté de fonctionnement.

**Mot clés** : systèmes embarqués, sûreté de fonctionnement, sécurité, systèmes temps réel

## 14 Système d'information d'entreprise

**Responsable** : Marc Rodier (IBM)

**Intervenants** : Hubert Lalanne (IBM) et Marc Rodier (IBM)

**Volume** : 6 C Cours + Exam

**Objectifs** : Donner une vision pratique du système d'information d'entreprise, fondée sur :

- les challenges du Directeur Informatique en 2007,
- L'urbanisation du Système d'information,
- La gestion de l'information,
- Le "Data Center" au quotidien.

**Domaines couverts** :

- Le système d'information : histoire - fonctions - challenges actuelles - urbanisation d'entreprise
- La gestion de l'information : catégories d'information - modèles de données - nouveaux concepts
- Approche "Buy et ERPs" : pourquoi et quels ERPs - CRM - Supply Chain - e-procurement ...
- Approche "Make" : les développements - Service Oriented Architecture (SOA)
- nouvelles approches méthodologiques
- L'utilisateur du système d'information : informatique de mobilité - convergence des moyens/approches - Web 2.0 - "Social Collaboration"
- Le Data Center :
  - Architecture générale - Choix des infrastructures
  - Inventaire des technologies - Virtualisation des infrastructures, des accès, du management....
  - Gestion du service à l'utilisateur : niveau de service - haute disponibilité - plan de reprise d'activité
  - Administration/Exploitation

## 15 Mathématiques Financières

**Responsables** : Jérôme Decamps (IXIS-CIB)

**Volume** : 9 Cours + 3 TP + Examen

**Objectifs** : Ce cours a pour but d'introduire les modèles mathématiques de la finance dans le cadre de la théorie des options. L'étude des mécanismes des contrats à termes et des options dans le contexte d'un exemple académique simplifié sert de cadre à ce cours.

Les équations mathématiques régissant les flux contingents de ces contrats sont décrites et expliquées. On introduit par la suite le contexte financier et le vocabulaire nécessaire concernant les objets de bases de la finance : actions, obligations, taux de change, dividende ... Les notions d'arbitrage et de portefeuille de réplcation sont définies et manipulées à l'aide de nombreux exemples permettant d'appréhender la discipline. Le modèle Binomiale ou de Cox Ross Rubinstein est ensuite décrit comme premier modèle discret de valorisation et de couverture des options.

Une version simplifiée à 2 états est en suite généralisée pour construire l'arbre recombinaut de valorisation.

Le cours se poursuit par la description du modèle continu de Black et Scholes. Pour se faire, un certain nombre de rappels de calculs stochastiques sont nécessaires : mouvements Browniens, Filtrations, Adaptations, Intégrales stochastiques, EDS, Lemme d'Itô, Théorème de Girsanov et Lemme de Feynman-Kac.

L'ensemble de ces résultats est utilisé pour dériver le modèle de Black et Scholes, son EDP, et sa solution. Des notions utiles, comme la volatilité implicite et la couverture Delta neutre, sont enfin introduites ainsi que la description de méthodes numériques de résolution du modèle de Black et Scholes (EDP, Monte Carlo).

## 16 Algèbre Linéaire Creuse

**Responsable** : Luc Giraud

**Intervenants** : Luc Giraud et Serge Gratton (CNES)

**Volume** : 9 Cours, 1 Conférence + Examen

**Pré-requis** : Base en algèbre linéaire et sur le traitement des EDP ; notion sur l'architecture des calculateurs et en système réparti.

**Objectifs** : Pour des arguments économiques (coûts des tests en vraie grandeur) ou parce qu'aucune alternative n'existe (prévision du futur ou tests à de trop grandes/petites échelles de temps et d'espace) le recours à la simulation numérique fait aujourd'hui partie des outils quotidiens du design et du développement industriel. La simulation numérique devient ainsi un outil incontournable pour la modélisation de phénomènes relevant de sciences de l'ingénieur (mécanique des structures, combustion, pollution atmosphérique, ...), de l'économie (simulations des comportements des marchés, ..) ou de la sociologie (évolutions des populations, ...). Après une étape de modélisation, puis de discrétisation, on trouve dans de nombreuses simulations, au coeur des schémas non-linéaires ou temporels, la résolution de systèmes linéaires de la forme  $Ax = b$ . Sur de nombreux tableaux noirs la solution s'écrit  $x = A^{-1}b$  mais son calcul sur ordinateurs peut s'avérer complexe et requiert de solides compétences en informatique et en mathématiques appliquées. L'un des objectifs de ce module est de décrire les différentes techniques numériques et leurs implantations informatiques qui visent à résoudre efficacement ces problèmes de base rencontrés dans de nombreux codes industriels de simulation. On s'attachera à présenter les grandes classes de méthodes génériques de résolution ainsi que les choix algorithmiques de mise en œuvre qui sont souvent dictés par les caractéristiques matérielles des calculateurs cibles. Des solveurs plus spécialisés seront également présentés, en particulier les techniques utilisées pour des problèmes tels que ceux issus de la discrétisation d'EDP que l'on rencontre couramment en physique ou en finance. Les classes de calculateurs scientifiques parallèles considérés incluent les multiprocesseurs à espace d'adressage global ou disjoint. Les outils informatiques mis en œuvre sont le multi-threading et l'échange de messages.

**Mot clés** : calcul scientifique, simulation numérique, systèmes linéaires de grande taille, calcul haute performance, factorisation dense et creuse, accélération de convergence/préconditionnement, méthodes multi-niveaux et multigrilles, applications industrielles.

**Ouvrages conseillés**

1. J. J. Dongarra, I. S. Duff, D. C. Sorensen, and H. A. van der Vorst, *Numerical Linear Algebra for High-Performance Computers*, SIAM Publication, Philadelphia, 1998.
2. Y. Saad, *Iterative Methods for Sparse Linear Systems*, SIAM, Second edition, 2003.
3. B. F. Smith, P. Bjørstad, and W. Gropp. *Domain Decomposition, Parallel Multilevel Methods for Elliptic Partial Differential Equations*. Cambridge University Press, New York, 1st edition, 1996.

## 17 Optimisation discrète

**Responsable** : Joseph Gergaud

**Intervenants** : Joseph Gergaud et Frédéric Messine

**Volume** : 8 Cours + 1BE + Examen

**Objectifs** : De nombreux problèmes industriels se posent comme des problèmes d'optimisation en variables entières (les inconnues sont dans  $N$ ) ou en variables mixtes (certaines inconnues sont dans  $R$ , les autres dans  $N$ ). Nous ne pouvons donc plus utiliser, pour ces variables entières, la notion de dérivée. L'objectif de ce cours est de donner une introduction à ce vaste domaine, ainsi qu'aux algorithmes modernes associés.

**Plan du cours** :

1. Introduction et exemples
2. Programmation linéaire en variables entières (ILP)
3. Programmation linéaire en variables mixtes (MILP)
4. Programmation non linéaire en variables mixtes (MINLP)

**Bibliographie** :

1. R. Fletcher and S. Leyffer, *Solving Mixed Integer Nonlinear Programs by outer approximation*, *Mathematical Programming*, 66(3) :327-349, 1994.
2. C. A. Floudas, *Nonlinear and Mixed-Integer Optimization*, Oxford University Press, 1995.
3. A. M. Geoffrion, *Generalized Benders Decomposition*, *Journal of Optimization Theory and Applications*, 10(4) :237, 1972.
4. M. Minoux, *Programmation mathématique, Volume 1*, Dunod, 1983.
5. H. D. Sherali and P. J. Driscoll, *Evolution and state-of-the-art in integer programming*, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 124 :319-340, 2000.
6. L. A. Wolsey and G. L. Nemhauser, *Integer and Combinatorial Optimization*, J. Wiley and sons, 1988.

## 18 Contrôle optimal

**Responsable** : Jean-Baptiste Caillaud

**Intervenants** : Jean-Baptiste Caillaud, Joseph Gergaud, et Bernard Bonnard (Univ. Bourgogne & CNRS).

**Volume** : 9 cours, 4 conférences, 1 Examen.

**Objectifs** : l'objet du cours est la présentation des principaux résultats du contrôle optimal des équations différentielles ordinaires, et l'introduction de quelques techniques de résolution numérique. Concernant ces deux aspects, l'accent sera mis sur les fondements plutôt que sur la pratique, de façon complémentaire au cours de contrôle optimal de majeure mathématiques en deuxième année Informatique et Mathématiques Appliquées. Avoir suivi ce premier cours est donc conseillé mais nullement requis. Le cours sera complété par quatre conférences assurées par un spécialiste du domaine afin d'apporter un éclairage à la fois applicatif et orienté recherche sur le sujet.

**Mots-clés** : contrôle, équations différentielles ordinaires, principe du maximum, méthodes de tir et homotopie

**Bibliographie** :

1. E. L. Allgower, K. Georg, *Introduction to numerical continuation methods*, *Classics in Applied Mathematics* 45, SIAM (2003).

2. B. Bonnard and J.-B. Caillaud, *Introduction to nonlinear control* in *Advanced topics in control systems theory*, pp. 1-60, *Lecture Notes in Control and Information Sciences* Vol. 328, A. Loria, F. Lamnabhi et al. Eds., Springer-Verlag (2006).
3. B. Bonnard, L. Faubourg et E. Trélat, *Mécanique céleste et contrôle des véhicules spatiaux*, *Mathématiques et Applications* 51, Springer (2005).
4. E. Trélat, *Contrôle optimal – Théorie et applications*, *Mathématiques concrètes*, Vuibert (2005).

## Parcours Logiciel

## 19 Ingénierie des modèles

**Responsable** : Marc Pantel

**Volume** : 3 Cours et 4 TP (notés)

**Objectifs** : L'ingénierie des modèles consiste à développer l'abstraction et la séparation des aspects dans l'ingénierie des systèmes en s'appuyant sur de nombreux formalismes (ou langages dédiés) de modélisation pour exprimer le plus simplement possible les différentes facettes d'un même système (que ce soit les différentes étapes du cycle de vie, ou les différents aspects techniques fonctionnels et non-fonctionnels). Les transformations de modèle permettent ensuite de relier les différents modèles associés à un même système. L'objectif est de présenter l'objectif de cette démarche, les principaux choix technologiques disponibles et de les appliquer dans le cadre de la plate-forme Eclipse.

- Introduction à l'ingénierie des modèles
- Les standards OMG : L'architecture MDA, Le langage de méta-modélisation MOF, Le format universel de sauvegarde XMI/XMI-DI, Le langage OCL d'expression de requêtes et de propriétés, Le langage de transformation de modèles QVT.
- Meta-modélisation : Principe de méga-méta-modèles, Définition de la syntaxe abstraite, Diagrammes de classe (application EMF), Contraintes sémantiques de bonne formation (application, OCL/TOPCASED), Une approche plus abstraite (Grammaires de graphe)
- Définition des syntaxes concrètes : Format texte : application AMMA/TCS, Approche HUTN, Format graphique (application TOPCASED)
- Transformations de modèles : Approche QVT : application AMMA/ATL, Une typologie des transformations, Tissage de modèles : application AMMA/AMW, Une autre approche (réécriture de graphe)
- Exécution et validation des modèles : Langages d'action, Transformations endogènes

**Bibliographie** :

1. Beyond MDA : Model Driven Engineering L'Ingénierie Dirigée par les Modèles : au-delà du MDA Jean-Marie Favre, Jacky Estublier, Mireille Blay Edition Hezmes-Lavoisier, Février 2006
2. MDA en action, Ingénierie logicielle guidée par les modèles Xavier Blanc
3. The Object Constraint Language - Second Edition

**Mot clés** : Ingénierie des modèles, Langages dédiés, Architecture OMG MDA/MOF/QVT, Méta-modélisation, Transformation de modèles, Validation statique de modèles, Exécution de modèles, Eclipse EMF

## 20 Vérification par analyse statique

**Responsable** : Marc Pantel

**Intervenants** : Pierre-Loïc Garoche (ONERA), Marc Pantel (N7), Xavier Thirioux

**Volume** : 9 Cours + 3 TP + Bureau d'étude + Conférence industrielle (intervenants AIRBUS)

**Objectifs** :

L'importance et la complexité du logiciel dans les systèmes critiques augmentent régulièrement ainsi que les contraintes de sûreté et de fiabilité imposées par les autorités de certification. Il devient alors de plus en plus difficile de vérifier la correction de ces systèmes en s'appuyant exclusivement sur des techniques de tests et sur le respect d'un processus de développement éprouvé. Il devient nécessaire de s'appuyer sur des techniques formelles pour prouver mathématiquement leur correction. Pour donner de bons résultats et passer à l'échelle de systèmes industriels réels, celles-ci doivent être adaptées au type de systèmes et de propriétés considérées.

Les nouvelles chaînes de développement de logiciel pour les systèmes critiques en cours de déploiement s'appuient sur des combinaisons de langages de modélisation/programmation et de techniques de vérification pour répondre aux différents objectifs de certification.

Cet enseignement présente ce contexte ainsi que trois des techniques de vérification formelle les plus utilisées pour la construction de ces chaînes. Il s'agit de techniques exhaustives, qui ne demandent pas d'exécution du système final, et reposent sur différentes abstractions de ce système : les méthodes déductives, la vérification de modèle et l'interprétation abstraite.

La première consiste à prouver mathématiquement de manière semi-automatique que le système respecte sa spécification.

La deuxième consiste à faire un test exhaustif de l'ensemble des propriétés de la spécification sur tous les états possibles d'une, ou plusieurs, abstractions adéquates du système.

La troisième consiste à effectuer une exécution abstraite du système pour parcourir l'ensemble des chemins d'exécution possibles et déterminer les propriétés les plus fortes que le système possède. Cette technique donnera lieu aux travaux pratiques et bureau d'étude.

Ces techniques ont été mise en oeuvre dans les chaînes de développement de systèmes réels tels le métro METEOR ou les commandes de vol électrique de l'A380 et sont en cours de généralisation sur les systèmes futurs.

**Mot clés :**

Vérification des systèmes, Techniques formelles, Développement certifié, Analyses statiques, Vérification de modèles, Interprétation abstraite.

## 21 Architecture logicielle-Matérielle

**Responsable :** Jean-Christophe Buisson

**Intervenants :** Jean-Christophe Buisson et Francis Bony

**Volume :** 2 Cours + 8 TP + Exam

**Objectifs :** Le cours présentera les différentes interconnexions des parties qui constituent un système embarqué, à partir de bibliothèques pré établies. En utilisant une méthodologie de conception conjointe (Codesign), la relation entre la cartographie matérielle et le lien avec le logiciel (Description des adresses mémoires des différents périphériques) établira les différentes couches logicielles (pilotes de périphériques). Une présentation des outils de développement (EDK de chez Xilinx) et les méthodes de vérification seront évoquées.

**Prérequis :** Cours tronc commun (SOC et architecture des DSP et processeurs) et langage C

**Mot clés :** Système embarqué, Codesign, Architecture

## 22 Programmation Logique

**Responsable :** Fabrice Evrard

**Volume :** 7 Cours + 2 TP + exam écrit.

**Objectifs :** Ce module consiste à examiner divers algorithmes de démonstration automatique de théorèmes et à étudier celui mis en oeuvre par Prolog. Il continuera par l'apprentissage des rudiments de ce langage et l'utilisera en résolution de problèmes.

- Démonstration automatique
- Méthodes de recherche d'une réfutation
- Méthode Prolog
- Le langage Prolog
- Résolution de problèmes

**Bibliographie :**

1. L'art de Prolog (L. STERLING, E. SHAPIRO - Dumod, Décembre 1997)
2. Éléments d'Intelligence Artificielle (H. FARRENY et M. GHALLAB - Hermès)

**Mot clés :** Démonstration automatique, prolog, résolution de problèmes

## 23 Traitement du langage naturel

**Responsable :** Fabrice Evrard

**Volume :** 5 Cours + 4 TP + Examen

**Objectifs :** Le but du cours est l'initiation au traitement du langage naturel. On y verra les éléments fondamentaux d'analyse syntaxique, sémantique et pragmatique du discours. On abordera les aspects dialogaux de la communication entre agents et quelques moyens rhétoriques. L'objectif poursuivi sera celui de disposer d'un maximum de modèles et de techniques pour implanter des agents autonomes dialoguants. Les retombées sont par exemple celles des avatars en interaction avec l'utilisateur d'une part mais aussi les éléments nécessaires à des traitements de l'information électroniquement accessible.

**Plan :**

- Objectifs de la communication en langue naturelle
- Bases de l'informatique linguistique
- Fondements linguistiques en morphologie, syntaxe et sémantique
- Problèmes épistémologiques simples : diachronicité, sens, apprentissage et ressources
- Les Grammaires Catégorielles et logiques
- La correspondance entre Langage Naturel et Langage Formel
- Les Actes de Discours
- Le principe de coopération discursive
- Les représentations du discours
- Le dialogue

### Parcours Multimedia

## 24 Synthèse d'Images et Modélisation Géométrique : Nouvelles applications

**Responsable :** Géraldine Morin

**Intervenants :** Géraldine Morin, Jean-Pierre Jessel

**Volume :** 9 Cours + 4 TP + Examen

**Objectifs :**

L'objectif de ce cours est, d'une part, de présenter les concepts de modélisation géométrique utilisés dans le domaine de la CAO, de la synthèse d'images et de la réalité augmentée et, d'autre part, d'identifier les nouvelles exigences liées à la mise en ligne de tels modèles 3D (compression, streaming, scaling, adaptation, interactivité, ) en introduisant les conséquences sur les techniques de rendu et de visualisation.

**Mot clés :**

Modèles 3D en ligne, Surfaces paramétriques, Implicites, Procédurales, Rendu, Visualisation volumique, Éclairage, Visibilité

**Contenu :**

- Modélisation d'objets et de scènes 2-3D statiques et animées :
  - Modélisation surfacique et volumique ;
  - Représentation paramétrique ;
  - Représentation volumique ;
  - Représentation algorithmique (subdivision).
- Portabilité et mise en ligne des modèles :
  - Compression statique ;
  - Représentation multi-échelle, adaptabilité du contenu à l'utilisation ;
  - Compression dynamique : algorithme de suivi 2D et 3D suivi de modèle CAO ;
  - Conséquences sur le rendu et la visualisation ;
  - Robustesse des modèles face aux bruits/pertes.
- Édition et manipulation des modèles : standard MPEG4, modèles mixtes 2D-3D.
- Applications : réalité augmentée et mixte, interactivité (interacteurs tangibles)

**Ouvrages conseillés :**

- Subdivision : A constructive approach, Warren & Weimer 2001
- The MPEG-4 book, F. Peirera and T. Ebrahimi, IMSC Press
- Compression 3D <http://www.3Dcompression.com>

## 25 Audionumérique : parole et musique

**Responsable** : Régine André-Obrecht (UPS)

**Intervenants** : Régine André-Obrecht, Benjamin Bigot (LAAS), Brice Burger (UPS)

**Volume** : 9 Cours + 4 TP + Examen

**Objectifs** : Ce cours a pour but de donner les fondements du traitement automatique de l'audio avec pour fil conducteur le traitement de la parole ; un parallèle systématique est fait avec le traitement de la musique.. Après avoir donné les éléments fondamentaux en analyse d'un signal acoustique (paramétrisation, codage et normes), les modèles théoriques de la reconnaissance de la parole et de la synthèse de parole à partir du texte sont approfondies afin d'acquérir les connaissances nécessaires pour affronter un travail de recherche dans le domaine. Les solutions aux problèmes d'apprentissage et d'adaptation largement présents actuellement en recherche, sont détaillées. Les méthodes d'analyse et d'identification automatique en musique sont étudiées. Nombre de problèmes restent ouverts (musique polyphonique, parole spontanée, parole naturelle, recherche d'informations dans des documents sonores) ; ce cours donne quelques pistes quant aux défis posés à la recherche de demain.

**Mot clés** : Analyse du signal acoustique, Modèles de Reconnaissance automatique de la Parole et la Musique, Synthèse de la parole à partir du texte, Apprentissage et évaluation, Identification d'une mélodie, d'un tempo, musique monophonique et polyphonique

**Contenu** :

- Initiation à la musique et à la parole
  - Eléments de production et perception
  - Description acoustique des sons
- Bases en traitement du signal de parole :
  - Transformées de Fourier et analyse cepstrale pour la reconnaissance
  - Transformées pour le codage (LPC)
  - Normes (MP3, ...)
- Modélisation statistique pour le traitement automatique de la parole
  - Mélange de lois gaussiennes
  - Modèles de Markov Cachés
  - Réseaux de neurones
  - Modèles de langage (ngram, nclass)
- Les problèmes d'apprentissage
  - Algorithme de type EM
  - Adaptation de type MAP, MMI et MLLR
- Méthodes d'évaluation
  - Corpus, Ressources
  - Mesure de confiance. Fiabilité. Robustesse.
- Synthèse vocale
  - Synthèse à partir du texte
  - Synthèse par unités élémentaires (diphones ?)
- Applications
  - Commandes vocales en milieu bruité
  - Transcription automatique parole/musique
  - Reconnaissance de la langue et du locuteur
  - Indexation parole/musique

**Ouvrages conseillés** :

- La parole et son traitement automatique, Calliope, Masson, 1989.
- Fundamentals of Speech Recognition, L.Rabiner, B.H. Juang, Prentice Hall Signal Processing Series, 1993
- Reconnaissance automatique de la parole, JP Haton, C. Cerisera, D. Fohr, Y. Laprie, K. Smaili, Ed. Dumod, 2006
- Synthèse de la Parole à partir du texte, C. d'Alessandro, E. Tzoukermann - Hermes, collection Traitement automatique des langues, 2001
- Applications of digital signal processing to audio and acoustics, M. Kahrs, Kluwer Academic Publishers, 1998

## 26 Vision par ordinateur

**Responsable** : Philippe Marthon

**Intervenants** : Philippe Marthon, Bernard Thiesse

**Volume** : 9 Cours + 5 TP notés + Examen

**Objectifs** : Ce module a pour but de permettre d'acquérir les compétences indispensables à tout étudiant qui s'intéresse au domaine de la vision par ordinateur, aussi bien pour mener des recherches dans ce domaine que pour utiliser de manière optimale des outils dans d'autres domaines de recherche ou dans la réalisation d'applications industrielles.

**Contenu** :

- Introduction aux problèmes de vision par ordinateur ;
- Méthodes de calibrage de caméra ;
- Géométrie de la stéréovision binoculaire ;
- Mise en correspondance stéréoscopique ;
- Détection et mise en correspondance de points d'intérêt ;
- Vision multi-vues ;
- Méthodes de stéréovision monoculaire ;
- Shape from shading.

**Ouvrages conseillés** :

- R. Horaud, O. Monga. Vision par ordinateur, outils fondamentaux. Hermès, 1993.
- O. Faugeras. Three-Dimensional Computer Vision : a Geometric Viewpoint. The MIT Press, 1993.
- O. Faugeras, Q-T. Luong. The Geometry of Multiple Images. The MIT Press, 2001.
- R. Hartley, A. Zisserman. Multiple view geometry in computer vision. Cambridge University Press, 2000.
- B. Horn, M. Brooks. Shape From Shading. The MIT Press, 1989.

## 27 Analyse, Codage, Indexation de la Vidéo

**Responsable** : Vincent Charvillat, Philippe Joly

**Volume** : 9 Cours + Examen

**Objectifs** : L'objectif de ce cours est de présenter les connaissances théoriques de base et certaines avancées récentes dans le domaine de la vidéo numérique. Le cours s'articule en trois temps : codage, indexation, analyse du mouvement.

Une idée force est de souligner les relations d'interdépendance entre ces trois disciplines. On montrera par exemple que les codages par objets les plus ambitieux reposent sur une analyse du mouvement performante ou encore que les représentations des images induites par le codage peuvent contribuer aux processus d'indexation...

**Contenu** :

- Partie A - Codage :
  - Éléments de théorie de l'information (modèles de sources, entropies)
  - Compresseurs réversibles universels (codeurs entropiques,)
  - Compression des hauts débits (par transformées...)
  - Normes (Jpeg, Mpeg\*, h26\*)
  - Contraintes de codages induites par la diffusion (en streaming)
  - Techniques émergentes : codage orienté par le contenu, approches par transformées géométriques (bandelettes, ...) ou approches par codage contextuel (EBCOT optimisé)
- Partie B - Indexation :
  - Caractéristiques de bas niveau : description et indexation par la couleur, la forme et la texture
    - couleurs dominantes
    - distribution spatiale de la couleur
    - descripteurs perceptifs de la texture
    - Curvature Scale Space et autres descripteurs de formes
  - Descriptions des mouvements : formes paramétriques, interpolations, localiseurs de région, mouvements de caméra.
  - Structuration des contenus : structuration temporelle, spatio-temporelle, classification en genre
- Partie C - Analyse du mouvement et traitement des séquences d'images :
  - modèles de mouvements rigides ou non rigides (2D/3D)
  - estimation numérique de mouvements 2D apparents

- techniques basées sur l'appariement d'indices visuels caractéristiques
- techniques basées sur l'intensité ou l'apparence (dont flux optique)
- méthodes de suivi
  - modèles de dynamique
  - méthodes de filtrage (kalman et particulaire : condensation)
- segmentation spatio-temporelle

**Ouvrages conseillés :**

- Compression et codages des images et des vidéos, M. Barlaud et C. Labit, Traité IC2, Hermes, 2002
- The MPEG-4 book, F. Pereira, T. Ebrahimi, IMSC Press Multimedia Series, 2002.
- Compression et cryptage des données multimédia, X. Marsault, Hermès, 1995.
- Systèmes multimédia communicants, W. Dabbous, Hermès, 2001.
- Computational Analysis of Visual Motion, A. Mitiche, Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Motion-Based Recognition, M. Shah, R. Jain, Kluwer Academic Publishers, 1997.
- Motion Analysis for Image Sequence Coding, G. Tziritas, C. Labit, Elsevier Science, 1994.
- 3D Dynamic Scene Analysis - A Stereo Based Approach, Z. Zhang, O. Faugeras, Springer-Verlag, 1992.