



UFR  
DES SCIENCES ET TECHNIQUES

Le Master Recherche SIC est co-habilité par  
l'ENSEA et l'Université de Cergy-Pontoise



## ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES ET INGÉNIERIE

DE

CERGY-PONTOISE

**MASTER 2 Recherche**

### **SYSTÈMES INTELLIGENTS ET COMMUNICANTS (SIC) Master en INFORMATIQUE ET INGÉNIERIE DES SYSTÈMES COMPLEXES**

Cinq parcours Recherche :

- Image et Masses de Données : responsables D. PICARD et D. KOTZINOS
- Intelligence artificielle et Robotique : responsable A. PITTI
- Signal et Télécommunications : responsable I. FIJALKOW
- Electronique des Systèmes Autonomes : responsables J. LORANDEL et E. BOURDEL
- Méthodes d'Analyse des Données Complexes : responsables B. CHALMOND et A. HISTACE

ENSEA

Secrétariat du Master Recherche

6, avenue du Ponceau

CS 20707 Cergy

95014 Cergy Cedex

Tél. : (33) 1.30.73.62.63

Email : [masterSIC@ensea.fr](mailto:masterSIC@ensea.fr)

Inscription jusqu'au 30 juin

Mise à jour : avril 2017

## **Objectifs scientifiques et pédagogiques**

Les parcours orientés recherche ou Recherche et Développement (R&D) du master Systèmes Intelligents et Communicants (SIC) visent à :

- former des étudiants aux techniques les plus récentes en matière de traitement numérique de l'information, depuis le capteur jusqu'à la prise de décision. Elle recouvre des champs thématiques variés tels que : le traitement du signal et des images, les télécommunications, la reconnaissance des formes, l'analyse "intelligente" des données, les sciences cognitives et la robotique, les systèmes intégrés hétérogènes, l'architecture des systèmes embarqués, etc.

Les technologies de l'information et de la communication génèrent des besoins importants en termes de logiciels, de matériels informatiques spécifiques et de systèmes électroniques embarqués. L'évolution de ces technologies va permettre à l'informatique et à l'électronique d'investir les objets de tous les jours de façon transparente. Elles apparaissent déjà dans de nombreux champs applicatifs, on les retrouve notamment dans la conception :

- d'outils logiciels (compression d'images et de sons, traitement d'images numériques, reconnaissance de formes, indexation de bases de données...),
- de produits dédiés appelés objets communicants ou info-appliances (domotique, assistants personnels, systèmes intelligents pour l'automobile, etc.),
- de services pour le commerce électronique (sites internet spécialisés, agents logiciels mobiles, fouille de données...),
- d'interfaces homme-machine multimodales intuitives (IHMs).

## **Spécificité de la formation**

Notre formation a pour but de former des étudiants qui effectueront une recherche fondamentale ou appliquée d'un haut niveau scientifique. Le but est d'apprendre aux étudiants à analyser et concevoir de nouveaux algorithmes et systèmes pour :

- concevoir des systèmes embarqués numériques et mixtes analogiques/numériques,
- concevoir des architectures matérielles/logicielles,
- traiter et analyser des signaux de natures différentes (traitement du signal, des images),
- analyser, indexer, retrouver des documents multimédia (images, vidéos),
- classifier et fusionner, fouiller dans des flux de données complexes,
- apprendre à réagir de manière pertinente à un environnement difficile (intelligence artificielle, robotique, systèmes numériques reconfigurables),
- transmettre ces informations (communications numériques).

Cinq parcours offerts sont :

- Image et Masses de Données : responsables D. PICARD et D. KOTZINOS
- Intelligence Artificielle et Robotique : responsable A. PITTI
- Signal et Télécommunications : responsable I. FIJALKOW
- Electronique des Systèmes Autonomes : responsables J. LORANDEL et E. BOURDEL
- Méthodes d'Analyse des Données Complexes : responsables B. CHALMOND et A. HISTACE

La spécificité de la formation, unique à notre connaissance, est de permettre grâce à un enseignement diversifié l'acquisition de compétences transversales utiles dans les activités pluridisciplinaires qu'ils seront amenés à exercer. La formation couvre un large spectre de compétences et s'adresse à des étudiants ayant suivi des parcours variés (informatique, électronique, physique, mathématiques, etc.). La première semaine de cours/TP de remise à niveau permet d'assurer à tous les étudiants un socle de connaissances communes nécessaires au bon suivi de la formation (programmation, bases de traitement du signal et de processus aléatoires), ainsi que des TP associés aux unités d'enseignement fondamentales.

Au travers de l'un des cinq parcours proposés, l'étudiant pourra acquérir une spécialisation de très grande qualité grâce à des intervenants ayant une expertise reconnue au niveau international.

Le caractère applicatif des thèmes abordés permet aux étudiants de s'orienter soit vers une thèse dans un cadre universitaire ou industriel (CIFRE), soit vers un emploi dans l'industrie en recherche et développement.

Le M2 SIC s'appuie majoritairement sur les chercheurs du laboratoire ETIS (Equipes de Traitement de l'Information et Systèmes, UMR CNRS 8051). Elle bénéficie en outre, grâce aux relations et collaborations d'ETIS, des apports d'enseignants ou de chercheurs issus de différents laboratoires reconnus dans le domaine des sciences et technologies de l'information et de la communication.

## **Conditions d'admissions**

La sélection des étudiants se fait sur dossier par les membres de l'équipe pédagogique. La formation est ouverte :

- aux étudiants de niveau M1 de la mention « Informatique et Ingénierie des Systèmes Complexes », de « Mathématiques, physique et applications » (MFPA) et de « Génie électrique et informatique industrielle » (GEII) de l'Université de Cergy-Pontoise, sous réserve de prérequis ;
- aux étudiants de niveau M1 des universités françaises ou étrangères des domaines afférents à la formation (électronique, mathématique, physique, informatique, etc.), sous réserve de prérequis ;
- aux élèves d'un niveau suffisant en deuxième année d'écoles d'ingénieurs du site de Cergy-Pontoise (ENSEA, EISTI) en cursus conjoint de dernière année du cycle d'ingénieur sous réserve d'acceptation par leur école et dans le cadre des conventions avec ces établissements précisant les dispenses et équivalences de cours ;
- aux élèves de troisième année d'écoles d'ingénieurs du site de Cergy-Pontoise ;
- aux étudiants diplômés de niveau Bac+5 ;
- aux ingénieurs diplômés cherchant une spécialisation ;
- aux personnes reprenant leur études ou désirant valoriser leur expérience professionnelle dans le cadre de la valorisation des acquis de l'expérience après instruction d'un dossier spécifique et entretien.

## **Organisation de la formation**

Les étudiants devront effectuer (UE = unité d'enseignement) :

- 5 UE Fondamentales (UEF) à choisir
- 4 UE Complémentaires (UEC) à choisir
- 1 UE d'Anglais
- 1 UE « Management de l'Innovation et Entrepreneuriat »
- 1 UE libre à choisir parmi les UE des parcours Recherche
- 1 UE de Projet d'Initiation à la Recherche
- Stage long (de préférence de 6 mois)

Le choix des UEF et UEC dépend du parcours suivi (6 étudiants au minimum doivent être inscrits à un cours pour que ce cours puisse ouvrir).

La formation est organisée en deux semestres :

### **SEMESTRE 3 = 30 crédits à valider sur 33**

Les étudiants choisissent un parcours dès le début de l'année. Les étudiants suivent 9 unités d'enseignement (UE) de 20h chacune et représentant 3 ECTS (27 ECTS sur les 60 nécessaires à l'obtention du diplôme).

Chaque étudiant suit 5 unités d'enseignement fondamentales (UEF) et choisit 4 unités d'enseignement complémentaires (UEC) parmi la liste détaillée plus bas. Ce choix se fera au cours du premier trimestre et devra être validé par l'équipe de formation qui veille à la cohérence pédagogique. Les UEF visent à s'assurer que les étudiants provenant de cursus très différents (informatique, électronique, mathématiques, génie électrique, etc.) disposent à la fin de la première partie des enseignements d'un socle minimal de compétences pour suivre les cours complémentaires ou de

spécialités qui sont proposés. Les UEC sont dispensées dans la deuxième partie du semestre (de décembre à février). En fonction des choix des étudiants, 6 à 8 unités d'enseignement ouvrent en général. Les UE complémentaires approfondissent le parcours choisi. Les UEC choisies par les étudiants doivent être validées par l'équipe de formation. L'équipe de formation pourra éventuellement valider un choix transverse aux parcours, en veillant à sa cohérence après discussion avec l'étudiant.

Les étudiants peuvent suivre en plus une UE libre. L'UE libre est à choisir dans l'ensemble des autres parcours recherche de la mention.

Ces enseignements scientifiques sont complétés par une UE de « Management de l'Innovation et Entrepreneuriat » animée par Accet Technopole Val d'Oise et une UE d'Anglais. Un projet de recherche permet de préparer les étudiants à leur stage. Le projet de recherche implique une mise en pratique poussée (pratique et théorique) sur des thèmes proposés par les enseignants du Master. Ce projet s'effectue au sein du laboratoire ETIS et a une durée supérieure à 150h. Un stage long (en laboratoire de recherche privé ou public) d'une durée habituelle de 6 mois (7 au minimum) complète la formation.

### **SEMESTRE 4 = 30 crédits à valider sur 30**

Grâce aux 80h de modules de spécialisation du M2 dans l'un des parcours et au projet, puis au stage, les étudiants vont découvrir les outils et les problématiques de recherche leur permettant d'accéder à une thèse du domaine.

#### **Parcours Image et Masses de Données (IMD)**

##### **Liste des UE fondamentales du parcours – Image et Masses de Données**

###### 2 UEF obligatoires :

- UEF-2-IMD Traitement numérique des images (D. Picard, A. Histace et Ph.-H. Gosselin)
- UEF-8-IMD Intégration et fouille de données (partie UEF SICp) (D. Vodislav et C. Marinica)

###### 3 UEF à choisir parmi :

- UEF-9-IMD Systèmes et applications distribués 1 (SAD1) (D. Kotzinos)
- UEF-MADOCS-1 Machine Learning (B. Chalmond)
- UEF-3-ST Bases des communications numériques (I. Fijalkow et Cl. Weidmann)
- UEF-4-IAR Intelligence artificielle (Ph. Gaussier et M. Quoy)
- UEF-5-ST-IAR Techniques d'optimisation (I. Fijalkow et Ph. Gaussier)
- UEF-7-IAR Architectures des Systèmes Intelligents (partie de l'UEF SICp 4) (Ph. Gaussier)

##### **Liste des UE complémentaires du parcours – Image et masses de données**

###### 2 UEC recommandées :

- UEC-1-IMD Interprétation d'image et recherche dans les bases multimédia (D. Picard)
- UEC-9-IMD Big Data (D. Kotzinos, D. Vodislav, Cl. Marinica et T-Y. Jen)
- UEC-6-IAR Apprentissage, adaptation (P. Andry, Ph. Gaussier et M. Quoy)
- UEC-11-IMD Systèmes et applications distribués 2 (SAD2) (D. Kotzinos)

###### 2 UEC au choix parmi :

- UEC-2-ST Codage de source, compression d'images fixes et vidéos (Cl. Weidmann)  
UEC-3-ST Principes de physique-mathématique et problèmes inverses en imagerie (M. Nguyen)  
UEC-4-IAR Vision naturelle et artificielle (L. Hafemeister et Ph. Gaussier)  
UEC-ESA-IAR-IMD-1 Architectures des systèmes reconfigurables (-)

## **Parcours – Intelligence Artificielle et Robotique (IAR)**

### **Liste des UE fondamentales du parcours – Intelligence Artificielle et Robotique**

#### 3 UEF obligatoires :

- UEF-4-IAR Intelligence artificielle (Ph. Gaussier et M. Quoy)  
UEF-5-ST-IAR Techniques d'optimisation (I. Fijalkow et Ph. Gaussier)  
UEF-7-IAR Architectures des Systèmes Intelligents (partie de l'UEF SICp 4) (Ph. Gaussier)

#### 2 UEF à choisir parmi :

- UEF-1-IAR Ondelettes et bancs de filtres (M. Chapron et A. Histace)  
UEF-2-IMD Traitement numérique des images (D. Picard, A. Histace et Ph.-H. Gosselin)  
UEF-3-ST Bases des communications numériques (I. Fijalkow et Cl. Weidmann)  
UEF-6-ST Bases de données (D. Kotzinos)  
UEF-8-IMD Intégration et fouille de données (partie UEF SICp) (D. Vodislav et C. Marinica)  
UEF-MADOCs-1 Machine Learning (B. Chalmond)

### **Liste des UE complémentaires du parcours – Intelligence artificielle et robotique**

#### 3 UEC recommandées :

- UEC-4-IAR Vision naturelle et artificielle (L. Hafemeister et Ph. Gaussier)  
UEC-5-IAR Robotique et commande bio-inspirée (A. Pitti)  
UEC-6-IAR Apprentissage, adaptation (P. Andry, Ph. Gaussier et M. Quoy)

#### 1 UEC au choix parmi :

- UEC-1-IMD Interprétation d'image et recherche dans les bases multimédia (D. Picard)  
UEC-10-IMD Techniques avancées des IHMs (A. Pitti)  
UEC-ESA-IAR-IMD-1 Architectures des systèmes reconfigurables (-)

## **Parcours – Signal et Télécommunications (ST)**

### **Liste des UE fondamentales du parcours – Signal et Télécommunications**

#### 2 UEF obligatoires :

- UEF-3-ST Bases des communications numériques (I. Fijalkow et Cl. Weidmann)  
UEF-5-ST-IAR Techniques d'optimisation (I. Fijalkow et Ph. Gaussier)

3 UEF à choisir parmi :

UEF-2-IMD	Traitement numérique des images (D. Picard, A. Histace et Ph.-H. Gosselin)
UEF-4-IAR	Intelligence artificielle (Ph. Gaussier et M. Quoy)
UEF-6-ST	Bases de données (D. Kotzinos)
UEF-7-IAR	Architectures des Systèmes Intelligents (Ph. Gaussier)
UEF-MADOCS-1	Machine Learning (B. Chalmond)
UEF-ESA-5	Communications embarquées (R. Sobot)

**Liste des UE complémentaires du parcours – Signal et Télécommunications**

3 UEC recommandées :

UEC-2-ST	Codage de source, compression d'images fixes et vidéos (Cl. Weidmann)
UEC-7-ST	Codage, turbo-codage (D. Declercq et I. Andriyanova)
UEC-8-ST	Transmissions à haut-débit (I. Fijalkow, M. Le Treust, L. Luzzi et L. Wang)

1 UEC au choix :

UEC-3-ST	Principes de physique-mathématique et problèmes inverses en imagerie (M. Nguyen)
UEC-6-IAR	Apprentissage, adaptation (P. Andry, Ph. Gaussier et M. Quoy)
UEC-ESA-1	Communication dans les systèmes hétérogènes (E. Bourdel et P. Lecoy)

**Parcours – Electronique des Systèmes Autonomes**

**Liste des UE fondamentales du parcours Electronique des Systèmes Autonomes**

5 UEF obligatoires :

- UEF-ESA-1 Conception et modélisation en VHDL (M. Karabernou)
- UEF-ESA-2 Architectures de traitement pour les systèmes embarqués (O. Romain)
- UEF-ESA-3 Capteurs intégrés/gestion de l'énergie (O. Romain)
- UEF-ESA-4 Systèmes d'exploitation pour architectures logicielles/matérielles (F. Ghaffari)
- UEF-ESA-5 Communications embarquées (R. Sobot)

**Liste des UE complémentaires du parcours Electronique des Systèmes Autonomes**

Choisir 4 UEC parmi :

- UEC-ESA-1 Communication dans les systèmes hétérogènes (E. Bourdel, P. Lecoy)
- UEC-ESA-2 Méthodologie de conception de systèmes hétérogènes (C. Duperrier)
- UEC-ESA-3 Traitement de l'information et systèmes embarqués temps réel (A. Histace et O. Romain)
- UEC-ESA-4 Systèmes électroniques implantables (R. Sobot)
- UEC-ESA-5 Interactions des systèmes électroniques complexes avec le vivant (F. Kölbl)
- UEC-ESA-6 Vers des systèmes embarqués efficaces en énergie (J. Lorandel)
- UEC-ESA-7 Fiabilité des architectures électroniques numériques et analogiques (F. Ghaffari)
- UEC-ESA-IAR-IMD-1 Architectures des systèmes reconfigurables (-)

## Parcours – Méthodes d'Analyse des Données Complexes (MADOCS)

### Liste des UE du parcours MADOCS

#### UE obligatoires :

- Apprentissage Statistique 1
- Simulation Monte Carlo

#### 2 UEF à choisir parmi :

- Traitement numérique des images
- Technique d'optimisation
- Intégration et fouille de données
- Ondelettes et bancs de filtres
- Systèmes et applications distribués 1 (SAD1)

#### UEC :

- Problèmes inverses (obligatoire)
- Apprentissage statistiques 2 (obligatoire)
- Imagerie et modélisation
- Big Data
- Systèmes et applications distribués 2 (SAD 2)
- Vision naturelle et artificielle

### **Projet de recherche**

Le Projet d'Initiation à la Recherche est un travail de synthèse (comprenant bibliographie, analyse théorique et mise en pratique) permettant d'approfondir l'un des champs disciplinaires du Master et de préparer le stage en laboratoire de recherche (apprendre à planifier son travail, à rédiger un rapport, à faire un exposé de recherche...).

L'étudiant est encadré pendant la période du Projet d'Initiation à la Recherche par un enseignant.

### **Stage**

Le stage long d'une durée habituelle de 6 mois (4 mois au minimum) constitue une part très importante de la formation. Il valide 20 crédits ECTS sur les 60 crédits totaux. Ce stage validé par l'un des responsables du parcours doit s'effectuer sur un sujet de recherche au sein d'un laboratoire universitaire ou industriel. Parmi nos partenaires français ayant accueilli des stagiaires ces dernières années, citons :

#### ***Laboratoire d'appui***

ETIS (Equipes Traitement de l'Information et Systèmes, UMR 8051), ENSEA-UCP-CNRS.

#### **Autres laboratoires ou partenaires industriels pouvant accueillir les étudiants en stage (liste non-limitative) :**

##### Laboratoires locaux :

QUARTZ, EPMI, SATIE (UMR8029) antenne de Cergy, Johnson Controls Automotive (Osny), SAGEM (Cergy), Thalès Broadcast and Multimedia (Conflans Sainte Honorine), EADS (Les Mureaux), SYRTEM (Franconville)

##### Laboratoires nationaux :

INRIA (Sophia Antipolis), Armines (Paris), ENS (Lyon), Centre Hospitalier Becquerel (Rouen), CEA Saclay (Gif-sur-Yvette), CEA-LETI (Grenoble), INSERM (Paris), ENST (Paris), IRISA (Rennes), LIP6 (UMR7606) à l'Université Pierre-et-Marie-Curie, IEF (UMR8622) à l'Université Paris-Sud, LSS (UMR8506) à Supélec, LRV (FRE2659) à l'Université de Versailles-Saint-Quentin, LVR (EA2078) à Bourges, LAAS (UMR8001) à Toulouse, TRT (UMR137) à Orsay-Corbeville, United Monolithic Semiconductors à Orsay-Corbeville, Alcatel Space Industries à Toulouse, Thalès Air Defence à Ymare, Thalès Electron Devices à Vélizy, Thales Research and Technologie (Palaiseau), LIRMM (UMR CNRS, Université de Montpellier 2), IMS (UMR5218, Talence), etc.

#### Partenaires industriels :

Orange Labs (Issy-les-Moulineaux, Meulan, Lannion), Thalès ATM (Bagneux), Thalès Communications (Gennevilliers), Thalès Services SAS (Osny), Thomson Airsystemes (Vélizy), Safran (Eragny), Morpho (Osny), EDF (Chatou), EADS (Vernon), Alcatel (Vélizy), Loxane (Cergy), IGN (Saint-Mandé), Gostai (Paris), SNCF (Paris), Institut Français du Pétrole, ONERA (Arcueil, Palaiseau), DOLABS (Boulogne), METACOM (Magny-Chateaufort), ST Microelectronics (Grenoble), etc.

#### Et à l'étranger :

HW Communications Limited (Lancaster, UK), University of Central Lancashire (Preston, UK), Lulea Tekniska Universitet (Lulea, Suède), Université de Laval (Québec, Canada), ITT (Illinois Institute of Technology, Chicago, USA), Université Technique de Sofia (Bulgarie), Université Gh. Asachi à Iasi (Roumanie), Ecole Polytechnique de Tunisie à La Marsa (Tunisie), Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Université de Cantabrie à Santander (Espagne), Université Technique de Berlin (Allemagne), ACCO-USA à Littleton (Etats-Unis), School of Electrical Engineering, Information Technology and Maths SEEITM (University of Surrey, GB), etc.

Voir aussi les annonces sur les différents GDR et associations liées à nos domaines :

<http://gdr-isis.fr/> (Image-signal)

<http://www.gdr-robotique.org/> (robotique)

<http://www.risc.cnrs.fr/> (sciences cognitives)

<http://gdr-biocomp.fr>

<http://www.gdr-soc.cnrs.fr/> (Systèmes sur Puces). Remarque : s'inscrire sur le site pour recevoir les offres.

## **Contrôle des connaissances**

L'obtention de la spécialité Recherche doit garantir que l'étudiant diplômé a acquis de façon satisfaisante les compétences requises pour pouvoir poursuivre une formation doctorale ou être ingénieur de recherche dans le domaine de l'électronique associée aux systèmes autonomes. Dans cet esprit, le mécanisme de compensation entre les différentes UE est conditionné à l'obtention d'une note minimale dans chacune d'elles. Ce principe est commun à l'ensemble de la mention.

A l'issue du M2, dont l'entrée est conditionnée par la validation des deux semestres du M1 ou par celle d'une formation équivalente, le diplôme de Master en Systèmes Intelligents et Communicants Mention Informatique et Ingénierie des Systèmes Complexes est attribué si l'une des conditions suivantes est remplie :

- la moyenne des UE (unité d'enseignement) est supérieure ou égale à 10/20
- la note de stage est supérieure ou égale à 10/20.

Les UE de Tronc Commun et les UE de Spécialité, le Projet d'Initiation à la Recherche et le stage sont validés par contrôle terminal.

Chaque UE est affectée d'une valeur en crédits européens ECTS. L'échelle des valeurs en crédits européens est identique à celle des coefficients. Les unités d'enseignements et les crédits correspondants sont acquis et capitalisables, si l'étudiant y a obtenu une note supérieure ou égale à 10/20. Chaque semestre correspond à 30 crédits et chaque année à 60 crédits. La deuxième année du master est validée dans son ensemble.

L'obtention du diplôme confère les 60 crédits correspondants au M2.



L'obtention du master doit garantir que l'étudiant diplômé a acquis de façon satisfaisante les compétences requises pour pouvoir poursuivre une formation doctorale ou être ingénieur de recherche dans les domaines des systèmes intelligents et communicants.

## **2<sup>e</sup> session**

La première session regroupe les notes des épreuves des UEF, UEC et du Projet d'Initiation à la Recherche. Une deuxième session est organisée en juin pour les épreuves ayant donné lieu à une note inférieure à 08/20 ou pour les UE spécifiées par le jury si l'étudiant a une moyenne partielle (UE et Projet d'initiation à la recherche) inférieure à 10/20 et aucune note inférieure à 08/20. Les notes obtenues à cette deuxième session remplacent celles de la première pour les matières concernées.

Une note inférieure à 08/20 au stage implique un échec au M2.

Le jury est souverain pour déclarer l'admission d'un étudiant à suivre le Master et pour délivrer le diplôme.

## **Calendrier**

UE fondamentales	Octobre à décembre
UE complémentaires	Novembre à février
Projet d'Initiation à la Recherche	Décembre à mars
Stage	Avril à septembre

## **Evaluation des enseignements**

Un questionnaire à remplir anonymement est distribué aux étudiants avant leur départ en stage. Ils sont invités à donner leur avis sur le déroulement des enseignements UE par UE.

Un délégué des étudiants élu par ses pairs est invité aux différents jurys. Il a la possibilité de transmettre les avis des étudiants. Toutes ces remarques sont prises en compte par l'équipe de formation pour l'améliorer l'enseignement.

Un questionnaire plus général est également proposé par l'Université de Cergy-Pontoise.

### **MASTER Informatique & Ingénierie des Systèmes Complexes**

**Responsable : Professeur Philippe GAUSSIER**

**Correspondant ENSEA : Hedi TABIA**

Contact :

**Secrétariat MASTER M2 Recherche :**

ENSEA

6, avenue du Ponceau – CS 20707 CERGY

95014 CERGY-PONTOISE

Tél. : (33) 01 30 73 62 63

Fax : (33) 01 30 73 66 27

Courriel : [mastersic@ensea.fr](mailto:mastersic@ensea.fr)

Site web pour télécharger le dossier de candidature :

<http://www-etis.ensea.fr/fr/formation.html>

## Contenu des enseignements du M2 Recherche (Le nom du responsable est souligné)

### Unités d'Enseignement Fondamentales

#### **UEF-1- IAR : Ondelettes et bancs de filtres** (Michel CHAPRON – ETIS, ENSEA).

Mots clés : Ondelettes continues et discrètes, Analyse multi-résolution, Filtres Miroirs en Quadrature, algorithmes Pyramidaux, décomposition Dyadiques, Relations d'Incertitude, facteur de qualité constant, Pavage du plan temps-fréquence.

Ce cours introduit les bases de la théorie des ondelettes qui permettent de maîtriser leur utilisation et de saisir leurs enjeux dans des différentes applications, telles que le codage et la compression, la détection de non-stationnarités, la synthèse de bancs de filtres, le débruitage. Les points suivants seront traités :

Transformée en ondelettes discrètes et continues

Transformée en ondelettes orthogonales et bi-orthogonales

Analyse Multirésolution 1D et 2D

Algorithmes pyramidaux

Algorithmes à trous, en quinconce

Filtres Miroirs en quadrature QMF et à reconstruction parfaite

Transformée en ondelettes et leur transformées de Fourier, propriétés

Transformée en ondelettes géométriques (bandlets, curvelets)

Le cours se termine par une présentation d'applications dans le domaine du traitement des images, ainsi que les problématiques et solutions engendrées par le passage aux signaux à deux dimensions.

*Prérequis : Transformée de Fourier.*

#### **UEF-2-IMD : Traitement numérique des images**

(David PICARD, Aymeric HISTACE et Philippe-Henri GOSSELIN – ETIS, ENSEA).

Mots clés : numérisation, filtrage, segmentation, approche variationnelle, contours actifs, restauration par EDP, décomposition, compression

L'objet de ce cours est, dans un premier temps, de présenter les concepts de base du traitement d'images, depuis l'acquisition et la formation de l'image, jusqu'à l'extraction de primitives contours et régions et dans un deuxième temps de présenter des méthodes avancées et récentes dans les domaines de la segmentation, de la restauration d'image, de la décomposition et de l'estimation du mouvement. L'objectif est donc double : (i) se familiariser avec l'objet étudié, à savoir l'image numérique comme signal bidimensionnel discret, puis (ii) d'apporter les outils mathématiques nécessaires permettant de maîtriser les techniques de filtrage, de restauration, de segmentation et de compression des images.

Introduction (2h) : Acquisition d'images, échantillonnage, quantification, pavage du plan, modèles mathématiques

1. Fondamentaux du traitement des images (8h) :

1.1 Opérations élémentaires : transformations d'histogrammes, transformée de Fourier, convolution

1.2 Filtrage : débruitage (filtrage linéaire et non linéaire), détection de contours (gradient, Laplacien, Sobel, Prewitt, Canny-Deriche...), transformée de Hough, déconvolution.

1.3 Segmentation : principe, application, approches classiques (croissance de région, ligne de partage des eaux)

1.4 Compression des images : principe, compression avec pertes, sans pertes, principaux standards.

2. Méthodes avancées (10h) :

2.1 Approche variationnelle en traitement d'image.

2.2 Restauration d'image par EDP (Equations aux Dérivées partielles) : Equation de la chaleur,

isotropie, anisotropie, non-linéarité (Perona-Malick), approche tensorielle (Weickert).

2.3 Segmentation d'images par contours actifs : principe des contours actifs, approche contour, approche région, modèle explicite ou paramétrique, modèle implicite ou courbes de niveaux (level-set), a priori de forme, de bruit...

2.4 Estimation du mouvement dans des séquences d'images.

*Prérequis : Traitement numérique du signal, transformée de Fourier, signal aléatoire.*

### **UEF-3-ST : Bases de communications numériques : information, détection**

(Inbar FIJALKOW – ETIS, ENSEA, et Claudio WEIDMANN – ETIS, UCP).

Mots clés : capacité, codage de source, alphabet de modulation, codage de canal, condition de Nyquist, filtre de mise en forme, canal additif Gaussien, rapport signal à bruit, filtre adapté, probabilité d'erreur bit, efficacité spectrale, canal dispersif en temps, canal dispersif en fréquence, égalisation.

Le but de ce cours est de présenter les différents organes d'une chaîne de communication usuelle, en insistant sur les outils empruntés aux théories de l'information et de la détection.

#### ➤ Émission

Au niveau de l'émetteur, on utilise les résultats de la théorie de l'information pour transformer les signaux que l'on veut émettre. Ces transformations servent entre autre à réduire la redondance des signaux (codage de source), mettre en forme l'information (techniques de modulation), sécuriser ou améliorer la transmission (codage de canal), maximiser le débit d'information utile (calcul de capacité).

#### ➤ Réception

En présence de bruit thermique et en l'absence d'autres perturbations, le récepteur d'une chaîne de communication se construit comme une fonction de détection. On dérive ainsi le filtre adapté, les détecteurs optimaux et les performances des différents alphabets de modulation. Lorsque l'on considère en plus un canal de propagation, de nouvelles perturbations sont introduites. On décrira en particulier, les canaux dispersifs en temps ou en fréquence et les traitements appliqués pour réduire les perturbations, codage correcteur d'erreur ou égalisation.

*Prérequis : Bases de probabilités, filtrage, processus aléatoires.*

### **UEF-4-IAR : Intelligence artificielle** (Mathias QUOY et Philippe GAUSSIER – ETIS, UCP).

Mots clés : résolution de problèmes, algorithmes de jeu, systèmes experts, logique floue, réseaux de neurones, algorithmes génétique.

Le but de ce cours est d'introduire différents types de techniques dites d'Intelligence Artificielle (IA) appliquées à des problèmes liés au traitement du signal, à la reconnaissance des formes et à la robotique. Tout d'abord nous présenterons la notion d'agent intelligent puis les techniques classiques de résolution automatique de problèmes dans un espace d'état de grandes dimensions :

- Rappels de recherche dans un arbre ou un graphe
- Algorithme A\* (notion de fonction heuristique)
- Arbres ET/OU, minimax, alpha/beta...

Nous étudierons ensuite comment le raisonnement peut être formalisé et utilisé dans des systèmes experts :

- Logique formelle d'ordre 0 et d'ordre 1 (principe de résolution...)
- Systèmes à bases de règles
- Logique floue

Nous analyserons les limites de ce type de systèmes ("symbol grounding problem" et "frame problem"). Nous montrerons comment dans certains cas des systèmes réactifs très simples peuvent être utilisés pour résoudre des problèmes qui semblaient au départ relativement complexes (approche ascendante de la cognition) :

- Planification réactive (potential fields, ...)
- Notion de systèmes multi-agents

- Intelligence collective (application à des tâches de clustering, de recherche de plus court chemin...)

Par la suite, des techniques basées sur l'emploi de réseaux de neurones seront présentées de même que les systèmes à base de classificateur et les algorithmes génétiques :

- Notion de neurone formel (règle de Hebb, réseaux de Hopfield...)
- Perceptrons
- Classification non supervisée (carte de Kohonen)

*Prérequis : Bonnes bases en algorithmique et programmation.*

## **UEF-5-ST-IAR : Techniques d'optimisation**

(Inbar FIJALKOW – ETIS, ENSEA, et Philippe GAUSSIER – ETIS, UCP).

Mots clés : erreur quadratique moyenne, filtre de Wiener, gradient déterministe, gradient stochastique, LMS, RLS, Kalman, équation différentielle ordinaire, recuit simulé, optimisation sous contrainte, multiplicateurs de Lagrange, régularisation.

Le but de ce cours est de présenter des techniques de résolution de problèmes se traduisant par l'optimisation d'un critère (ou fonction de coût). Nous abordons d'abord le critère quadratique qui correspond à maximiser la ressemblance entre un signal de référence et le filtrage (spatial ou temporel) des signaux observés. Pour minimiser ce critère avec une complexité réduite, nous envisageons :

- la solution linéaire optimale (filtre de Wiener).
- des algorithmes adaptatifs (LMS).
- des algorithmes récursifs (RLS, Kalman).

L'optimisation de critères plus complexes comprenant des minima locaux peut être réalisée par des algorithmes adaptatifs (gradient stochastique) avec des risques de minima locaux ou par des techniques alternatives de type recuit simulé ou algorithmes génétiques.

Les méthodes d'analyses des performances de ces algorithmes seront également présentées.

La construction et l'optimisation de critères convexes fournissent une classe très vaste de solutions non linéaires, dont les performances peuvent être très supérieures à celles du filtrage linéaire. On présentera quelques propriétés générales liées à la convexité, dont l'absence de minima locaux, puis leurs conséquences en déconvolution : approche pénalisée non quadratique, interprétation probabiliste bayésienne, formulation semi-quadratique, ainsi que des techniques d'optimisation adaptées (relaxation, gradient conjugué, relaxation sur critère semi-quadratique).

- Approximation d'une fonction par un réseau de neurones multi-couches (rétro-propagation du gradient).
- Recuit simulé et Algorithmes génétiques.

Application : annulation d'écho en visiophonie, restauration d'images, classification

*Prérequis : Filtrage de processus aléatoire, modélisation des signaux aléatoires.*

## **UEF-6-ST : Bases de données (Dimitris Kotzinos – ETIS, UCP).**

Le but de ce cours est de présenter un condensé des notions fondamentales en bases de données, nécessaires pour pouvoir suivre les autres modules du parcours traitant de la gestion des masses de données.

Le cours aborde les notions présentées autour d'exercices dirigés sur des exemples concrets. Centré sur les bases de données relationnelles, il présente le modèle de données, avec l'algèbre relationnelle et le langage SQL, ainsi que le fonctionnement d'un système de gestion de bases de données (SGBD) pour l'exécution des requêtes. Au-delà du modèle relationnel, sont également présentées d'autres types de données courants sur le Web: texte, HTML et XML.

Le cours est enseigné en anglais.

Contenu :

- \* Bases de données relationnelles: modèle relationnel, algèbre, SQL
- \* Exécution de requêtes dans un SGBD: plans d'exécution, optimisation

\* Données sur le web: texte, HTML, XML

### **UEF-7-IAR : Architectures des systèmes intelligents** (Philippe GAUSSIER – ETIS, UCP).

Le but de ce cours est d'apprendre à intégrer les différentes briques de base (vues dans les autres cours du master) nécessaires à un système « intelligent ». Le cours est basé sur les modèles d'architectures de contrôles imaginées en IA, robotique et SMA pour contrôler des systèmes complexes. Des comparaisons avec des résultats en psychologie, neurobiologie et éthologie seront discutées. De nombreuses études de cas seront présentées.

- Architectures pour les systèmes intelligents :
  - Introduction à la théorie des systèmes.
  - Méthodologie de conception de systèmes.
  - Dynamique des boucles Perception/Action.
  - Modèles d'architectures de contrôle pour les systèmes robotiques.
  - Dynamique des processus de prise de décision.
- Systèmes multi-agents
  - Résolution de problèmes à base d'agents réactifs ou d'éco-agents. Agents mobiles sur Internet.
  - Application à la recherche d'information sur le web et à la communication avec des systèmes embarqués.
  - Etudes de cas d'objets communicants et de systèmes intelligents.
- IHM multimodales (image/parole)
  - Analyse du signal de parole.
  - Codages.
  - La reconnaissance en ligne de l'écriture.
  - L'utilisation de la vision pour les IHMs.
  - Présentation par un industriel des problèmes liés aux IHM sur un cas pratique.

*Prérequis : Intelligence artificielle, architecture.*

### **UEF-8-IMD : Intégration et fouille de données**

(Dan VODISLAV et Claudia Marinica – ETIS, UCP).

L'objectif de ce cours est de présenter les notions de base et les principales approches en intégration et fouille de données. Le cours présente les principaux algorithmes de fouille de données et les architectures d'intégration de sources de données hétérogènes sur le Web, en s'appuyant sur des exemples et des exercices.

Contenu :

- \* Principales méthode de fouille de données.
  - Classification supervisée et application à la prédiction ;
  - Classification non supervisée (ou clustering) ;
  - Extraction de motifs fréquents et règles d'association.
- \* Intégration de données.
  - Architectures de médiateur et d'entrepôt ;
  - Intégration Global-as-View et Local-as-View ;
  - Architectures distribuées sur le Web.

*Prérequis : Bases de données relationnelles, intelligence artificielle, logique.*

### **UEF-ESA-1 : Conception et modélisation en VHDL**

(Si Mahmoud KARABERNOU – ETIS, ENSEA).

Ce module présente le flot et la méthodologie de conception des circuits numériques pour le traitement de l'information. Les différents types de circuits (ASIC, CPLD, PLA, FPGA) sont présentés. Les outils de conception assistée par ordinateur sont présentés ainsi que les langages de description et modélisation de matériel tel que VHDL, HandelC, Verilog.

Des applications de description en VHDL de quelques circuits simples puis leur simulation, synthèse et implémentation sur des cartes cibles à base de FPGA seront développées.

### **UEF-ESA-2 : Architectures de traitement pour les systèmes embarqués**

(Olivier ROMAIN – ETIS, UCP).

L'objectif de ce module de tronc commun est de donner aux étudiants du Master les bases générales des architectures de traitement numérique : architectures câblées vs architectures programmées, architectures des unités de traitement (processeurs CISC, processeurs RISC, processeurs DSP, processeur GPU).

- Classification des architectures de traitement.
- Evaluation des performances des unités de traitement.
- Les concepts généraux.
- CISC / RISC / DSP.
- Pipeline, super-pipeline.
- Architectures scalaires et super-scalaires.
- Architectures VLIW.
- Architectures GPU.
- Programmation des unités de traitement.

### **UEF-ESA-3 : Capteurs intégrés/gestion de l'énergie** (Olivier ROMAIN – ETIS, UCP).

L'UE capteur et gestion de l'énergie a pour objectif de donner à l'étudiant un panorama des recherches en cours dans le domaine des capteurs implantables ultra low power et de la récupération d'énergie. L'UE est dispensée sous forme de conférences par des intervenants majoritairement extérieurs, dont les domaines couvrent la micro-électronique, l'instrumentation, la modélisation, les transmissions RF et le traitement de l'information. Les cours sont illustrés par des résultats de recherche et des solutions industrielles. Cette UE a la particularité d'être mutualisée avec le Cursus Master Ingénieur Biosan.

### **UEF-ESA-4 : Systèmes d'exploitation pour architectures logicielles/matérielles** (Fakhreddine GHAFARI – ETIS, UCP).

Ce module s'intéresse au contrôle et à la gestion des plateformes embarquées temps réel à travers l'étude des systèmes d'exploitation temps réel (RTOS: Real Time Operating System) et de leur programmation. Nous y étudierons le modèle de programmation d'applications temps réel, les principales caractéristiques et la comparaison de ces systèmes d'exploitation ainsi que les politiques d'ordonnancement existantes dans la bibliographie monoprocesseur et multiprocesseur.

Nous terminerons le module par une réflexion sur le passage des OS du logiciel vers le matériel, notamment pour gérer au plus près les plateformes reconfigurables dynamiquement.

- composition d'un OS en services
- classification et comparaison des OS existants
- étude de la littérature sur l'implémentation matérielle des OS
- exploration et conception d'OS dédié au domaine des MPSoC
- les OS pour les systèmes reconfigurables

### **UEF-ESA 5 : Communications embarquées** (Robert SOBOT, ETIS, ENSEA).

Après un rappel concernant la mise en forme des signaux à transmettre (modulation, filtrage), le cours s'orientera principalement sur l'étude du front-end RF d'une chaîne d'émission/réception. Les caractéristiques des circuits utilisés dans les systèmes autonomes doivent répondre à des contraintes de taille, coût, consommation et performances. Les architectures et les circuits sont donc présentés.

Ce cours s'articule autour des parties suivantes :

1. architecture d'un émetteur/récepteur.
2. contraintes et conception des circuits analogiques : réseau d'adaptation, amplificateur RF, oscillateur- étage mélangeur RF, et décodeur.
3. influence des caractéristiques des circuits sur la qualité.

Un TP illustre ce cours et permet de concevoir et de simuler des circuits analogiques.

Prérequis : notion de base sur les circuits analogiques et les modulations numériques.

### **UEF-MADOCS-1 : Machine Learning (Apprentissage statistiques I)**

(Bernard CHALMOND - UCP).

Sciences de données.

D'immenses quantités de données de données sont maintenant générées dans tous les domaines. Il y a nécessité de traiter ces données pour en extraire des informations pertinentes mais aussi pour réaliser des prédictions. Ces deux objectifs majeurs – extraction et prédiction – sont réalisés suivant des processus d'analyse des données connus sous différentes appellations : « Learning from data », « Machine Learning », « Statistical Learning », « Data Mining » ...

Ces méthodes d'apprentissage numérique connaissent depuis plus d'une décennie un immense succès. Ce type de technique est aujourd'hui si répandu que vous l'utilisez probablement des dizaines de fois par jour sans le savoir. La variété des secteurs et des problèmes traités est illustrée par la plate-forme de compétition Kaggle. Citons les domaines des réseaux, du biomédical, de la finance, de la surveillance de structure industrielle, des télécommunications, de la robotique, de l'automobile, et bien d'autres encore.

### **UEF-MADOCS-2 : Méthodes de Monte Carlo** (Bernard CHALMOND - UCP).

Simulation de Monte Carlo.

Le hasard a souvent été perçu comme un fléau que l'on ne pouvait pas maîtriser. Cependant depuis quelques décennies, la puissance des ordinateurs a permis de reproduire des processus aléatoires afin de simuler des entités complexes comme des images radiographiques ou encore la dynamique des protéines. Ces techniques dites de Monte Carlo permettent d'explorer l'univers de ces entités pour en déduire des informations inaccessibles aux expériences réelles. © *La Recherche*, vol. 354, pp 60-61, 2002.

Calcul de Monte Carlo. Depuis quelques décennies, le hasard est aussi utilisé pour réaliser des tâches où curieusement il n'intervenait pas auparavant. C'est par exemple le cas de problèmes de décision qui nécessitent de rechercher une combinaison optimale de facteurs au regard d'un critère de choix. Contrairement à toute intuition, on a découvert que pour optimiser un tel critère, il n'est pas utile d'examiner toutes les combinaisons des facteurs, mais qu'un examen aléatoire bien mené peut suffire à trouver la combinaison optimale. © *La Recherche*, vol. 357, pp 48-49, 2002.

### **UEC-MADOCS-1 : Problèmes inverses** (Bernard CHALMOND - UCP).

Au-delà de l'apparence des choses se cachent souvent d'importantes vérités. Cette sage pensée populaire peut résumer la notion de « problème inverse » présent dans de nombreux domaines scientifiques et technologiques. L'apparence y est considérée comme une version dégradée d'une réalité inconnue : les techniques d'inversion tentent alors de retrouver la réalité par des traitements numériques de l'apparence. Un exemple connu de tous est celui de la correction visuelle opérée par nos lunettes qui consiste à retrouver une image nette à partir d'une image floue. © *La Recherche*, vol.369, pp 90-91, 2003.

## **Unités d'Enseignement Complémentaires**

### **UEC-1-IMD : Interprétation d'image et recherche dans les bases multimédia**

(David Picard – ETIS, ENSEA).

Mots clés : reconnaissance des formes, indexation, recherche dans des bases

L'indexation est un thème en pleine expansion, du fait de l'explosion du multimédia et de la demande d'accès à des bases d'images de taille de plus en plus importante. Ce cours présente tout d'abord des techniques d'analyse d'images pour la reconnaissance de forme et la classification d'images. Ensuite, le problème de la comparaison entre images et de la recherche d'images par similarité est traité. Enfin, les techniques d'apprentissage pour la recherche dans les bases multimédia sont présentées.

Extraction de primitives visuelles : points caractéristiques, droites, segments, squelette,...

#### Description des primitives visuelles

- Invariants d'images (histogrammes, moments, ...)
- Calcul de signature d'image (couleur, texture, formes).
- Représentation par sacs et par graphes

#### Méthodes de classification supervisée et non supervisée

- Mesures de similarité, k plus proches voisins
- ACP, K-means, classification hiérarchique, arbres de décision, SVM, etc.

#### Méthodes d'indexation, technique de hachage

#### Appariement d'images et recherche dans des bases multimédia

- Adaptation, bouclage, interaction avec l'utilisateur
- Recherche dans les très grandes bases

*Prérequis : Cours de base en traitement d'image.*

### **UEC-2-ST : Codage de source, compression d'images fixes et vidéos**

(Claudio WEIDMANN – ETIS, UCP).

L'objectif de ce cours est d'acquérir les fondamentaux en codage de source et compression de données. On s'attachera à présenter les notions et techniques fondamentales ainsi que les applications aux différents standards de compression existants.

Le cours est organisé de la manière suivante :

#### Compression sans perte :

- Modèle de sources, entropie, codage entropique à longueur variable (Huffman), théorème fondamentale du codage de source sans perte.
- Codes de Shannon-Fano et arithmétiques.
- Compression universelle.
- Méthodes de compression à base de dictionnaire, codage de Lempel-Ziv.
- Codes entropiques particuliers et transformation de Burrows-Wheeler.

#### Compression avec pertes :

- Quantification scalaire, algorithme de Lloyd-Max.
- Entropy différentielle, théorie Débit-distorsion, théorème fondamentale du codage de source avec perte.
- Quantification vectorielle et algorithme LBG.
- Compression de source progressive.
- Codage par transformée : codage par transformation DCT et ondelettes. Application à la compression d'images (JPEG et JPEG2000).
- Principe de compression vidéo. Application : standards H264 et MPEG-part10.

#### Méthodes avancées :

- Quantification en treillis.
- Codage par descriptions multiples.
- Introduction au tatouage numérique.

*Prérequis : Bases de traitement numériques des images, bases de communications numériques, ondelettes et banc de filtres.*

### **UEC-3-ST : Principes de physique mathématique et problèmes inverses en imagerie** (Mai NGUYEN - ETIS, ENSEA).

Mots clés : systèmes d'imagerie, imagerie par émission, par transmission et par réflexion, formation et reconstruction d'images, transformations intégrales, méthodes inverses.



L'objectif du cours est de fournir les connaissances pluridisciplinaires (traitement de l'image, physique, mathématiques, problèmes inverses et analyse numérique) en vue d'étudier les différents aspects d'un système d'imagerie, à savoir le processus physique de formation d'images, instrumentation, reconstruction d'images et leurs modélisations mathématiques. Sont concernés les systèmes d'imagerie qui utilisent les ondes acoustiques, électromagnétiques et les rayonnements ionisants (X et gamma) fonctionnant par réflexion, par émission et par transmission. Ces systèmes d'imagerie se trouvent dans de nombreuses applications telles que l'imagerie médicale, le contrôle industriel non destructif, la sécurité du territoire, l'astronomie, etc.

Les points suivants seront abordés et illustrés :

- Principes d'imagerie par émission, par transmission et par réflexion basés sur la physique des ondes et du rayonnement ionisant
- Transformées intégrales (Radon, Fourier, Hankel, Legendre) et leur application en imagerie
- Élément d'analyse harmonique et application en imagerie
- Problèmes inverses en imagerie : méthodes de restauration et de reconstruction d'images (analytiques, algébriques et statistiques)
- Algorithmes associés et analyse numérique

*Prérequis : Optimisation de critères (tronc commun), bases de traitement d'images (tronc commun).*

#### **UEC-4-IAR : Vision naturelle et artificielle**

(Laurence HAFEMEISTER - ETIS, ENSEA, et Philippe GAUSSIER - ETIS, UCP).

Mots clés : vision, perception, systèmes bio-inspirés, modélisation neuronale, systèmes dynamiques, navigation visuelle.

Dans ce cours nous montrerons que la conception de systèmes artificiels s'inspirant de l'étude des systèmes nerveux biologiques peut déboucher sur des réalisations très performantes. Centré principalement sur l'étude de la modalité visuelle (insectes, mammifères, primates...) nous présenterons des modèles allant de la rétine aux centres de décision moteurs en passant par les différentes aires corticales visuelles... Ce cours s'appuiera sur des exemples de transferts réussis entre biologie et sciences pour l'ingénieur, notamment :

- rétines artificielles (perception contraste, couleur, mouvement,...)
- systèmes de segmentation (extraction de contours, contours virtuels, extraction de points d'intérêt,...)
- reconnaissance et discrimination de formes (différents circuits de reconnaissance, propriétés des mécanismes de reconnaissance de l'homme,...)
- robotique (localisation, navigation,...)

Ce cours permettra aussi d'introduire les outils de modélisation et de simulation neuronale actuels :

- théorie des câbles (modèles de neurones à compartiments)
- modèles de neurones directement inspirés de la neurobiologie (modèles de neurones à spikes / integrate and fire, à fréquence moyenne de décharge,...)
- mécanismes de compétition et de coopération dynamique (utilisation pour des problèmes de régularisation, remplissage de région,...)
- théorie des systèmes dynamiques
- L'accent sera mis sur le fait que les systèmes de vision n'ont de sens que dans le cadre d'une approche écologique de la vision (Gibson). C'est à dire, prenant en compte le couplage perception/action et la dynamique des interactions entre l'agent et son environnement.

*Prérequis : Modèles classiques de réseaux de neurones, traitement d'images.*

#### **UEC-5-IAR : Robotique et commande bio-inspirée** (Alexandre Pitti – ETIS, UCP).

Mots clés : Robotique, modélisation, commande, préhension, locomotion, commande par apprentissage, contrôleurs bio-inspirés,

Le but de ce cours est d'acquérir d'une part les éléments essentiels à la compréhension des modèles mécaniques utilisés classiquement en robotique, et d'autre part de découvrir les méthodes de

commande de robots inspirées de la biologie. Le cours se situera dans le cadre de la robotique humanoïde en se focalisant sur les tâches de manipulation et de locomotion.

### 1ère partie : Robotique.

- principes de base des modèles géométrique, cinématique, dynamique.
- types d'actionnement (électrique, pneumatique, hydraulique,) et de liaisons (prismatique, rotoïde)
- automatique linéaire et commande des robots: systèmes du premier ordre et du second ordre, boucle ouverte, boucle fermée, correcteur PID, notion de stabilité et de précision, notion de contrôle optimal, notion de contrôle adaptatif
- manipulation et préhension : stratégies
- notion de compliance : mécanique, contrôlée

### 2ème partie: commande bio-inspirée.

- robotique humanoïde: intérêts et difficultés
- principes du système nerveux moteur chez l'animal et l'homme : membres supérieurs (manipulation, préhension) et inférieurs (locomotion)
- notion de plasticité synaptique et neuronale
- synthèse évolutionniste: coévolution morphologie/contrôleurs, impact des modèles utilisés (robot, variables d'environnements du robot,...) contrôleurs neuronaux : modèles de neurones (statique, dynamiques) et modèles d'architectures
- algorithmes d'apprentissage de lois de commande, rétropropagation classique et temporelle
- liens rétropropagation/contrôle optimal, plasticité/contrôle adaptatif
- genèse de mouvements rythmiques: modèles de CPG (neuronaux, à base d'oscillateurs linéaires ou non linéaires).

*Prérequis: Bases en intelligence artificielle.*

## **UEC-6-IAR : Apprentissage, adaptation**

(Pierre ANDRY, Philippe GAUSSIER et Mathias QUOY – ETIS, UCP).

Mots clés : classification statistique, réseaux de neurones pour la classification, apprentissage associatif, apprentissage par renforcement, cartes cognitives, dynamique et adaptation.

L'objectif de ce cours est d'étudier des techniques permettant à un système de s'adapter aux variations de son environnement ou de classer des données en fonction de certaines régularités statistiques. Chaque technique sera illustrée par des études de cas pratiques : classification de billets de banques, apprentissage de la planification dans un labyrinthe, optimisation du routage dans un réseau ATM.

Tout d'abord nous étudierons les différents types de techniques de classification de données :

- analyse des données (analyse en composantes principales,...)
- classifieurs statistiques (classifieurs bayésien, nuées dynamiques,...)
- réseaux de neurones supervisés (LMS, rétropropagation du gradient,...)
- arbres de décision
- RN non supervisés (LVQ, cartes topologiques, ART,...)
- machines à support vecteur

Ensuite nous nous intéresserons aux problèmes d'apprentissage par renforcement :

- apprentissage d'associations sensori-motrices (conditionnement)
- politiques de maximisation de renforcement (greedy policy, fonction d'utilité, mécanismes de prise de décision simples,...)
- résolution de problème avec une récompense frustrée et/ou retardée (TD-lambda, Q-learning, mécanismes de prise de décision complexes...)

Ces techniques seront comparées à des techniques de planification classiques et/ou de construction de carte cognitives (grilles résistives, réseaux de croyance, graphes pour la planification). Pour finir, le problème de la dynamique de la prise de décision et de ses implications à la fois pour l'apprentissage

et la stabilité des comportements sera abordé (winner take all dynamiques, théorie des systèmes dynamiques, champs neuronaux : équations d'Amari,...).

*Prérequis : Techniques de base d'Intelligence Artificielle, statistiques et optimisation.*

### **UEC-7-ST : Codage, turbo-codage**

(David DECLERCQ – ETIS, ENSEA, et Iryna ANDRIYANOVA – ETIS, UCP).

Mots clés : Codes en bloc, codes convolutifs, décodage souple, Algorithme de Viterbi, algorithme BCJR, treillis, graphe factoriel, propagation de croyances, codes LDPC, turbo-codes.

La vocation du cours est de doter ses auditeurs des connaissances théoriques et pratiques qui permettent de concevoir et analyser un codeur de canal destiné à lutter contre les erreurs. Les points suivants seront traités :

Théorie générale des codes linéaires, codage aléatoire, distance minimale

Structure et décodage des codes convolutifs : algorithme de Viterbi, BCJR, représentation graphique des codes convolutifs, extension aux turbo-codes

Décodage et optimisation des codes LDPC : algorithme de propagation de croyances, codes LDPC irréguliers, évolution de densités

*Prérequis : bases de Communications numériques, probabilités.*

### **UEC-8-ST : Transmissions à haut-débit**

(Inbar FIJALKOW, Laura LUZZI, Ligong WANG – ETIS, ENSEA et Mael LE TREUST – ETIS, CNRS).

Mots clés : haut-débit, modulation multi-porteuses OFDM, accès multiple, CDMA, codage spatio-temporel (MIMO).

Le but de ce cours est présenter les alternatives à l'égalisation afin d'optimiser l'utilisation du support fréquentiel pour bien transmettre la plus grande quantité d'information possible (le codage correcteur d'erreur est étudié en UEF-SIC-R-8).

Les points suivants seront traités :

- émission et réception en multi-porteuses (OFDM),
- accès multiple : multiplexage par répartition de codes (CDMA) en fréquence (OFDMA, SC-FDMA)
- Multiplexage spatial, Formation de voies, MRC, diversité d'antenne en émission et réception, codage spatio-temporel.

*Prérequis : Bases de communications numériques, bases de probabilités.*

### **UEC-9-IMD : Big data**

(Dimitris KOTZINOS, Dan VODISLAV, Claudia MARINICA et Tao-Yuan JEN – ETIS, UCP).

Le but de ce cours est d'introduire les principales problématiques de recherche liées au défi actuel de gestion de grandes masses de données ("Big Data"). L'accent est mis sur les aspects intégration et fouille de ces grands volumes de données, sur leurs principales sources (Web, flux d'information, réseaux sociaux, etc.) et sur les techniques de type "cloud computing" pour leur traitement. Les élèves présenteront des exposés basés sur des articles de recherche dans ce domaine qui leur seront proposés.

Contenu :

- principes du traitement massif des données (Map-Reduce, cloud, etc) ;
- RDF, données ouvertes et web de données ;
- réseaux sociaux et flux d'information ;
- fouille de données dans le cloud ;
- traitement de requêtes OLAP dans le cloud ;
- lecture d'articles et exposé.

*Prérequis : Intégration et fouille de données.*

### **UEC-10-IMD : Techniques avancées aux IHMs** (Alexandre PITTI – ETIS, UCP).

Ce cours présente les techniques actuelles en Interactions Hommes Machines (système immersif, GUI, Realite Virtuelle/Augmentée, Interface Tangible), un descriptif en sciences cognitives des propriétés de l'interaction perceptuelle et active d'un utilisateur. Divers algorithmes d'optimisation en machine learning et en reconnaissance des formes seront montrés pour le suivi d'une personne, le recalibrage d'un QR code pour les systèmes augmentés, le clustering d'individus par affinité et l'analyse textuelle et la représentation graphique.

*Prérequis : Notions de base en informatique, mathématique et en traitement du signal.*

### **UEC-ESA-1 : Communication dans les systèmes hétérogènes**

(Emmanuelle BOURDEL et Pierre LECOY - ETIS, ENSEA).

Les réseaux d'interconnexions répondent au besoin de communications entre blocs au sein des systèmes intégrés sur puce. Ils représentent les principaux facteurs limitatifs des performances des futurs systèmes sur puce.

L'objectif de ce cours est de fournir les éléments théoriques et les briques technologiques permettant de modéliser les différentes architectures d'interconnexions dans les systèmes hétérogènes. Il abordera en particulier :

- La présentation des interconnexions classiques de type bus
- La définition des paramètres nécessaires à une modélisation niveau système des réseaux d'interconnexions
- L'étude des technologies émergentes pressenties comme solutions potentielles pour les futurs systèmes hétérogènes comme par exemple les réseaux d'interconnexions RF (RF-NoC, RF-Network on Chip) ou les réseaux d'interconnexions optiques (O-NoC).

### **UEC-ESA-2 : Méthodologie de conception de systèmes hétérogènes**

(Cédric Duperrier - ETIS, ENSEA).

La conception des systèmes sur puce, de type SoC (System on Chip) ou SiP (System in Package), qui intègrent l'ensemble de la chaîne de traitement qui va du capteur à l'actionneur en passant par le traitement, ne peut se faire uniquement sur l'expérience d'un savoir-faire. La complexité de tels systèmes nécessite des outils et des méthodes de conception à haut niveau d'abstraction, permettant une simulation du système et sa validation avant toute réalisation.

Cette simulation est elle-même complexe puisqu'elle se base sur des modélisations multi-domaines (électrique, mécanique, optique, ...), multi-technologies (CMOS, AsGa, GaN, ...) ou multi-niveaux (électrique, structurel, fonctionnel, ...).

Ce cours porte sur l'apprentissage des méthodologies sous-jacentes à la conception de ces systèmes sur puces. Il abordera notamment :

- La définition des SoC et des SiP et les différences qui les caractérisent.
- Les langages de description multi-domaine, multi-technologies, multi-niveau, principalement VHDL-AMS, mais aussi SystemC-AMS.
- La définition des niveaux des modèles.
- L'interopérabilité des modèles, et notamment l'utilisation de modèles niveau circuit dans une simulation au niveau système.
- La modélisation d'un système hétérogène complet en vue de sa réalisation

### **UEC-ESA-3 : Traitement de l'information et systèmes embarqués temps réel**

(Aymeric HISTACE – ETIS, ENSEA, et Olivier ROMAIN - ETIS, UCP).

Ce module s'intéresse aux méthodologies de conception d'architecture de traitement pour des applications liées à la vision par ordinateur et à la radio logicielle. Cette UE comprend à la fois des cours de traitement d'image et des cours de méthodologie d'exploration architecturale à haut niveau de type System Level Design – SLD et High Level Synthesis – HLS.

Ce cours abordera les notions de :

- Traitement d'image.
- SDR.
- Exploration architecture.

- Modélisation.
- Méthodologie type System Level Design – SLD.
- Méthodologie type High Level Synthesis – HLS.

#### **UEC-ESA-4 : Systèmes électroniques implantables** (Robert SOBOT – ETIS, ENSEA).

Un système embarqué implantable est un concept très important dans des applications biomédicales pour la surveillance des signes vitaux en temps réel. Les systèmes implantables sont destinés à fonctionner à l'intérieur d'un être vivant. Le cours s'orientera principalement sur l'étude des contraintes de l'architecture et la conception d'un système implantable pour, par exemple, la surveillance cardiaque.

Ce cours s'articule autour des parties suivantes :

1. les capteurs et l'interface,
2. le dispositif de commande,
3. l'émetteur-récepteur RF, et
4. la récupération d'énergie et l'unité de gestion de puissance.

Un TP illustre ce cours et permet la conception et la simulation des circuits analogiques.

*Prérequis : UEF-ESA-5.*

#### **UEC-ESA-5 : Interactions des systèmes électroniques complexes avec le vivant**

(Florian KOLBL – ETIS, UCP).

Ce module s'intéresse aux interactions entre les systèmes électroniques et le vivant, et bien en écho au module Interfaces électronique/vivant. Certaines cellules biologiques (neurones, cellules musculaires, certaines cellules pancréatiques...) ont une activité électrique permettant soit l'acquisition et l'interprétation de bio-potentiels, soit leur stimulation par des dispositifs électroniques. De nombreux systèmes thérapeutiques (implants type pacemakers par exemple) ou des interfaces cerveau machine (BCI) sont à ce jour basés sur ces principes. D'autres interactions, notamment entre les cellules et les champs électromagnétiques sont également au cœur d'enjeux de sociétés avec le développement des dispositifs de communication.

Ce cours traitera entre autre de(s) :

- notions de base d'électrophysiologie
- électrodes - physique des interfaces
- interface électronique/vivant
- interfaces cerveau/machines
- réseaux de neurones
- couplage neurones artificiels/vivants
- effet des champs électromagnétiques sur le vivant

#### **UEC-ESA-6 : Vers des systèmes embarqués efficaces en énergie**

(Jordane LORANDEL – ETIS, UCP).

La consommation énergétique est devenue un critère majeur durant la conception de système, particulièrement lors que ce système est embarqué, avec une source d'énergie limitée. Les systèmes actuels sont de plus en plus complexes afin de pouvoir atteindre un haut niveau de performance.

Pour supporter cette complexité croissante, des circuits reconfigurables comme les FPGAs peuvent s'avérer être une solution opportune avec leur grand nombre de ressources et leur flexibilité. Dans ce contexte, l'objectif de ce cours est d'identifier les problématiques de l'évaluation de la consommation dans l'optique de mieux appréhender les manières d'optimiser la consommation d'un circuit numérique.

Pour cela, on dressera un état de l'art sur :

- les techniques permettant de réduire et d'estimer la consommation dans un circuit numérique,
- les outils et plateformes académiques / industriels intégrant la dimension énergétique dans un flot de conception.

Un accent particulier sera mis sur l'estimation de la consommation de circuits logiques reconfigurables de type FPGA.

### **UEC-ESA-7 : Fiabilité des architectures électroniques numériques et analogiques**

(Fakhreddine GHAFARI – ETIS, UCP, et Cédric DUPERRIER – ETIS, ENSEA).

Dans cette UEC nous étudierons la problématique de la fiabilité des circuits électroniques contre les fautes permanentes et transitoires et les solutions existantes à l'échelle industrielle et académique. Nous commençons par étudier la fiabilité des transistors en mode opérationnel et nous finirons par la fiabilité des circuits reconfigurables dynamiquement tels que les FPGAs à base des mémoires SRAMs.

- Inversion des bits
- Etude des transistors en mode opérationnel (vieillesse des transistors, effet de la température, fluctuation de la tension ...)
- Analyse microstructurale (échelle atomique)
- Codes redondants (ECC, CRC, Hamming, Checksum, ...)
- Redondance matérielle (TMR, DWC ...), redondance temporelle
- Checkpointing/Recovery

### **UEC-ESA-IAR-IMD-1\* : Architecture des systèmes reconfigurables**

Responsable : - (\*UE commune aux parcours IAR et IMD).

L'objectif de ce module est de présenter le plus largement possible les concepts technologiques et architecturaux qui permettent l'exploitation des circuits reconfigurables pour la réalisation de systèmes de traitement numérique embarqués.

- La technologie des circuits FPGA
  - Les ressources de routage
  - Les cellules de base (LE, CLB)
  - L'organisation générale des circuits FPGA
  - Les ressources spécifiques (PLL, E/S rapides, multiplieurs, mémoires)
- Introduction aux architectures de Systèmes Programmables (SOPC)
  - Les « Intellectual Properties »
  - Les processeurs reconfigurables/custom
  - Les bus embarqués
- Introduction aux systèmes auto-reconfigurables