

PÉRIODE D'ACCRÉDITATION : 2016 / 2021

UNIVERSITÉ PAUL SABATIER

---

# SYLLABUS MASTER

Mention Electronique, énergie électrique,  
automatique

M2 signal imagerie et applications audio-vidéo,  
médicales et spatiales

---

<http://www.fsi.univ-tlse3.fr/>  
<http://www.eea.ups-tlse.fr>

2019 / 2020

20 JANVIER 2020

# SOMMAIRE

---

PRÉSENTATION . . . . .	3
PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS . . . . .	3
Mention Electronique, énergie électrique, automatique . . . . .	3
Parcours . . . . .	3
PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M2 signal imagerie et applications audio- vidéo, médicales et spatiales . . . . .	3
Liste des formations donnant accès de droit : . . . . .	5
RUBRIQUE CONTACTS . . . . .	6
CONTACTS PARCOURS . . . . .	6
CONTACTS MENTION . . . . .	6
CONTACTS DÉPARTEMENT : FSI.EEA . . . . .	6
Tableau Synthétique des UE de la formation . . . . .	7
LISTE DES UE . . . . .	11
GLOSSAIRE . . . . .	32
TERMES GÉNÉRAUX . . . . .	32
TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES . . . . .	32
TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS . . . . .	32

# PRÉSENTATION

---

## PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS

### MENTION ELECTRONIQUE, ÉNERGIE ÉLECTRIQUE, AUTOMATIQUE

L'objectif du Master, **labélisé CMI**, est de former des cadres spécialistes en Electronique, Energie électrique, Automatique, Informatique industrielle et/ou Traitement du signal, capables d'intégrer les secteurs de l'Aéronautique, de l'Espace, de l'Energie, des Télécommunications et de la Santé. La structure indifférenciée des parcours permet une insertion professionnelle (2 mois de durée moyenne de recherche d'emploi) dans l'industrie ou une poursuite en doctorat.

Cette mention est composée de 8 parcours types :

- Electronique des Systèmes Embarqués et Télécommunications (ESET)
- **Systèmes et Microsystèmes Embarqués** (SME)
- **Ingénierie des Systèmes Temps Réel**(ISTR)
- **Robotique : Décision et Commande**(RODECO)
- Signal Imagerie et Applications Audio-vidéo Médicales et Spatiales (SIA-AMS)
- Radiophysique Médicale et **Génie BioMédical**(RM-GBM)
- **Energie Electrique : Conversion, Matériaux, Développement durable**(E2-CMD) - M2 commun avec l'INP/ENSEEIH de Toulouse
- Sciences et Technologies des Plasmas (STP) *bi-diplomation avec l'université de Montréal (Québec)*

Les parcours **en gras** peuvent être suivis **en alternance en M2, via des contrats de professionnalisation**, ou de façon classique.

## PARCOURS

Ce parcours de master en Signal Imagerie et Applications aux domaines Audio-vidéo, Médical et Spatial vise à former aux métiers de la conception et de l'exploitation des systèmes d'acquisition, de traitement et d'analyse de signaux et images dans divers secteurs en forte croissance : observation de la terre et de l'univers, imagerie médicale, télécommunications numériques, multimédia, contrôle de procédés industriels... Il est original par son interdisciplinarité. Les enseignements sont assurés par des spécialistes de l'ingénierie, des sciences et de la santé. Il s'adresse à des étudiants titulaires d'une licence (ou d'un M1 pour une admission en M2) dans les domaines de l'EEA, de la physique appliquée, des mathématiques appliquées et de l'informatique.

En deuxième année du master (M2), 3 spécialisations sont proposées afin d'approfondir et appliquer les concepts, méthodes ou outils aux domaines d'applications du signal et/ou de l'imagerie numérique :

- Audio-vidéo
- Médicale
- Spatiale

A l'issue de ces deux années de formation et du stage de fin d'études, les étudiants peuvent intégrer le milieu professionnel en tant qu'ingénieur spécialisé en SIA ou préparer un doctorat.

## PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M2 SIGNAL IMAGERIE ET APPLICATIONS AUDIO-VIDÉO, MÉDICALES ET SPATIALES

### Objectifs

Les signaux, images et dispositifs d'imagerie sont de plus en plus présents dans notre vie de tous les jours : on pense bien sûr aux signaux audio, à la photographie et à la vidéo, mais l'imagerie médicale et l'imagerie spatiale

sont devenues des outils incontournables des domaines de la santé et de l'étude de l'environnement et de l'espace. De nouvelles applications s'appuyant sur de tels types de données sont proposées chaque jour.

Si chaque dispositif s'appuie sur des connaissances particulières liées à son domaine d'application, un grand nombre d'outils pour l'acquisition, l'analyse, le traitement des signaux et images sont communs à tous les domaines d'application.

Le parcours Signal Imagerie et Applications aux domaines Audio-vidéo, Médical et Spatial s'adresse à des étudiants souhaitant se spécialiser dans les dispositifs d'acquisition et l'exploitation des données (signaux, images, vidéo, images hyperspectrales, etc.) des différents domaines d'application du multimédia, de l'imagerie médicale et de l'imagerie spatiale.

## **Organisation du cursus et contenu**

### **Master 1**

La première année s'articule autour d'un socle de connaissances de base communes au traitement des données pour tous les domaines application. Différentes Unités d'Enseignement (UE) sont ainsi centrées chacune sur une classe particulière de données, leur représentation et leur traitement :

- signaux temporels analogiques déterministes ou aléatoires,
- signaux temporels numériques (essentiellement déterministes),
- images,
- données de nature générale, constituées de divers paramètres, qui donnent lieu à différents traitements statistiques, opérations de classification automatique...

Les données définies ci-dessus sont fournies par différents types de systèmes d'acquisition. Ce M1 comporte donc aussi des UE présentant les capteurs et chaînes d'acquisition mises en jeu dans les domaines d'application concernés. Une partie de ces applications nécessite de traiter ces données en temps réel, à l'aide de processeurs spécialisés. Ces processeurs font donc l'objet d'une UE spécifique. Enfin, plusieurs UE sont dédiées à divers champs d'application correspondant à ce parcours : audio, vidéo, biomédical, spatial, télécommunications.

Au-delà des UE définies ci-dessus, qui couvrent les thématiques situées au coeur de ce parcours, il est proposé dans ce M1 l'ouverture vers les domaines de l'informatique, l'automatique, l'électronique et la physique au travers du choix de deux unités d'enseignement mises à disposition par les autres parcours du Master 1 EEA.

De plus, les notions ainsi acquises par les étudiants durant ce Master 1 sont mises en oeuvre de manière concrète dans le cadre de l'UE « Initiation à la recherche et projet ».

### **Master 2**

En deuxième année, suite à un tronc commun d'approfondissement sur les outils de traitement du signal, de l'image, de statistique et un projet informatique, 3 blocs de spécialisation sont proposés suivant les 3 domaines d'application :

- « Audio-vidéo » qui propose un approfondissement des outils propres aux signaux audio, aux images et à la vidéo sur des aspects tels que l'analyse et la compression, le débruitage, la classification et le traitement de la parole...
- « Médical » qui met l'accent sur les spécificités du traitement d'images médicales, en particulier sur les techniques d'imagerie utilisées en médecine, l'extraction de données anatomiques et physiopathologiques, l'imagerie fonctionnelle... Cette spécialisation s'adresse également aux professionnels de santé souhaitant approfondir l'imagerie médicale quelle que soit leur spécialité.
- « Spatial » qui présente les différents modes d'acquisition de signaux et images en observation de la terre et de l'espace et leur utilisation possible ainsi que des outils pour la cartographie thématique, les systèmes d'information géographique et les bases de données...

### **Débouchés**

Notre master étant indifférencié, il permet d'envisager une carrière professionnelle aussi bien dans l'industrie (Ingénieur d'étude, de recherche et développement, chef de projet, consultant, technico-commercial...) que dans la recherche (chercheur et enseignant-chercheur suite à la préparation d'une thèse de doctorat).

Il forme aux métiers de la conception et de l'exploitation des systèmes d'acquisition et d'analyse de signaux et images dans divers secteurs en forte croissance : observation de la terre, de l'environnement et de l'espace, télécommunications numériques, imagerie médicale, contrôle de procédés industriels.

Notre master offre donc une palette variée de postes envisageables selon la spécialisation choisie :

- La spécialisation « applications Audio et Vidéo » forme des diplômés capables de concevoir et mettre en œuvre des systèmes de traitements et d'analyse complexes dans tous les domaines concernant signal, image et multimédia.
- La spécialisation « applications Médicales » prépare aux métiers de l'imagerie médicale et de l'ingénierie de la santé, pour devenir ingénieur R&D dans des laboratoires de recherche ou dans les groupes industriels constructeurs ou distributeurs d'équipements d'imagerie médicale, de PACS et de logiciels de traitement d'images. Les candidats des corps de santé y trouvent un complément de formation par la recherche qualifiant pour les carrières hospitalo-universitaires.
- La spécialisation « applications Spatiales » a pour objectif de former des spécialistes de la télédétection, de la géomatique et de l'imagerie numérique. Il vise les métiers de la conception et de l'exploitation de systèmes d'acquisition et d'analyse d'images dans des secteurs de l'environnement et de l'espace, de la surveillance et de la métrologie des territoires et des applications de l'imagerie numérique.

## LISTE DES FORMATIONS DONNANT ACCÈS DE DROIT :

### M1 SIGNAL IMAGERIE ET APPLICATIONS AUDIO-VIDEO, MEDICALES (EMEAIE)

Pour les étudiants ayant suivi une autre formation que l'année précédente du parcours, l'accès est sur dossier. Il est très fortement conseillé de se rapprocher du responsable de la formation envisagée pour en connaître les modalités d'accès.

# RUBRIQUE CONTACTS

---

## CONTACTS PARCOURS

### RESPONSABLE M2 SIGNAL IMAGERIE ET APPLICATIONS AUDIO-VIDÉO, MÉDICALES ET SPATIALES

CARFANTAN Hervé

Email : [Herve.Carfantan@irap.omp.eu](mailto:Herve.Carfantan@irap.omp.eu)

Téléphone : 05 61 33 28 66

### SECRÉTAIRE PÉDAGOGIQUE

BERMUDES Catherine

Email : [catherine.bermudes@univ-tlse3.fr](mailto:catherine.bermudes@univ-tlse3.fr)

Téléphone : +33 561556207

## CONTACTS MENTION

### RESPONSABLE DE MENTION ELECTRONIQUE, ÉNERGIE ÉLECTRIQUE, AUTOMATIQUE

BIDAN Pierre

Email : [pierre.bidan@laplace.univ-tlse.fr](mailto:pierre.bidan@laplace.univ-tlse.fr)

CAMBRONNE Jean-Pascal

Email : [jean-pascal.cambronne@laplace.univ-tlse.fr](mailto:jean-pascal.cambronne@laplace.univ-tlse.fr)

## CONTACTS DÉPARTEMENT: FSI.EEA

### DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT

CAMBRONNE Jean-Pascal

Email : [jean-pascal.cambronne@laplace.univ-tlse.fr](mailto:jean-pascal.cambronne@laplace.univ-tlse.fr)

### SECRETARIAT DU DÉPARTEMENT

LAURENT Marie-Odile

Email : [molaurent@adm.ups-tlse.fr](mailto:molaurent@adm.ups-tlse.fr)

Téléphone : 0561557621

Université Paul Sabatier

3R1

118 route de Narbonne

31062 TOULOUSE cedex 9

# TABLEAU SYNTHÉTIQUE DES UE DE LA FORMATION

## parcours audio-video (60 ECTS)

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TD	TP	Stage
<b>Premier semestre</b>								
21	EIEAI3VM	ANGLAIS	3	O		24		
12	EIEAI3BM	CONNAISSANCE DE L'ENTREPRISE, COMMUNICATION ET GESTION DE PROJETS	3	O	16	2	24	
13	EIEAI3CM	TRAITEMENT DU SIGNAL	4	O	10	13	9	
14	EIEAI3DM	TRAITEMENT ET ANALYSE DES IMAGES	3	O	10	13	9	
15	EIEAI3EM	ANALYSE STATISTIQUE DE DONNÉES	4	O	10	16	9	
16	EIEAI3FM	INFORMATIQUE ET PROJETS SCIENTIFIQUES	6	O			64	
17	EIEAI3GM	VISION PAR ORDINATEUR	3	O	10	13	9	
18	EIEAI3HM	CAPTEURS ET INSTRUMENTATION	4	O	10	13	9	
<b>Second semestre</b>								
23	EIEAI4BM	STAGE	15	O				6
22	EIEAI4AM	ESTIMATION ET OPTIMISATION	3	O	10	13	9	
27	EIEAI4FM	REPRÉSENTATION, ANALYSE DES SIGNAUX AUDIO ET VIDÉO	6	O	12	34	16	
28	EIEAI4GM	DÉBRUITAGE ET CLASSIFICATION DES SIGNAUX ET IMAGES, TRAITEMENT DE LA PAROLE ET DE LA MUSIQUE	6	O	12	35	16	

## parcours medical (60 ECTS)

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TD	TP	Stage
<b>Premier semestre</b>								

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TD	TP	Stage
12	EIEAI3BM	CONNAISSANCE DE L'ENTREPRISE, COMMUNICATION ET GESTION DE PROJETS	3	O	16	2	24	
13	EIEAI3CM	TRAITEMENT DU SIGNAL	4	O	10	13	9	
14	EIEAI3DM	TRAITEMENT ET ANALYSE DES IMAGES	3	O	10	13	9	
15	EIEAI3EM	ANALYSE STATISTIQUE DE DONNÉES	4	O	10	16	9	
16	EIEAI3FM	INFORMATIQUE ET PROJETS SCIENTIFIQUES	6	O			64	
19	EIEAI3IM	TECHNIQUES D'IMAGERIE ET IMAGES EN MÉDECINE	4	O	15	20	15	
20	EIEAI3JM	INTERACTIONS PHOTONS ET ÉLECTRONS HAUTE ÉNERGIE	3	O	10	16	10	
21	EIEAI3VM	ANGLAIS	3	O		24		
<b>Second semestre</b>								
22	EIEAI4AM	ESTIMATION ET OPTIMISATION	3	O	10	13	9	
23	EIEAI4BM	STAGE	15	O				6
30	EIEAI4IM	EXTRACTION DE DONNÉES ANATOMIQUES ET PHYSIO-PATHOLOGIQUES	4	O	6	17	9	
29	EIEAI4HM	IMPLÉMENTATION ET OPTIMISATION D'ALGORITHMES DE TRAITEMENT DES IMAGES	3	O	7	13	12	
31	EIEAI4JM	IMAGERIE FONCTIONNELLE MÉDICALE	5	O	10	20	9	

## parcours spatial (60 ECTS)

page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TD	TP	Stage
<b>Premier semestre</b>								
12	EIEAI3BM	CONNAISSANCE DE L'ENTREPRISE, COMMUNICATION ET GESTION DE PROJETS	3	O	16	2	24	
13	EIEAI3CM	TRAITEMENT DU SIGNAL	4	O	10	13	9	
14	EIEAI3DM	TRAITEMENT ET ANALYSE DES IMAGES	3	O	10	13	9	
15	EIEAI3EM	ANALYSE STATISTIQUE DE DONNÉES	4	O	10	16	9	



page	Code	Intitulé UE	ECTS	Obligatoire Facultatif	Cours	TD	TP	Stage
16	EIEAI3FM	INFORMATIQUE ET PROJETS SCIENTIFIQUES	6	O			64	
17	EIEAI3GM	VISION PAR ORDINATEUR	3	O	10	13	9	
18	EIEAI3HM	CAPTEURS ET INSTRUMENTATION	4	O	10	13	9	
21	EIEAI3VM	ANGLAIS	3	O		24		
<b>Second semestre</b>								
22	EIEAI4AM	ESTIMATION ET OPTIMISATION	3	O	10	13	9	
23	EIEAI4BM	STAGE	15	O				6
24	EIEAI4CM	OBSERVATION DE LA TERRE	4	O	8	18	10	
25	EIEAI4DM	CARTOGRAPHIE THÉMATIQUE	4	O	9	25	12	
26	EIEAI4EM	SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUES ET BASES DE DONNÉES	4	O	9	22	12	



---

## LISTE DES UE

---

<b>UE</b>	<b>CONNAISSANCE DE L'ENTREPRISE, COMMUNICATION ET GESTION DE PROJETS</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAI3BM</b>	Cours : 16h , TD : 2h , TP : 24h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

CARFANTAN Hervé

Email : [Herve.Carfantan@irap.omp.eu](mailto:Herve.Carfantan@irap.omp.eu)

Téléphone : 05 61 33 28 66

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce module porte sur la connaissance de l'entreprise, la conduite de projets, la communication orale et écrite. Il sera accompagné par quelques séminaires généraux par des industriels du domaine du signal et de l'imagerie...

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

L'enseignement de connaissance de l'entreprise porte sur l'entreprise en tant que système (chiffre d'affaire, résultats, produits, etc.), la gestion quantitative de l'entreprise (charges, rentabilité, etc.), la gestion analytique et prévisionnelle (bilan, soldes, plan de trésorerie, etc.), enfin la stratégie industrielle (diagnostic, orientations).

L'enseignement de conduite de projets décrit les principes (stratégie, objectifs, structuration) et méthodes associés (gestion d'équipe, outils de gestion de projet -planification, analyse des risques, suivi des coûts et techniques de valorisation des projets, etc.)

L'enseignement de communication porte sur la rédaction de CV et de lettre de motivation, les techniques vocales, la prise de parole en public, enfin la mise en situation lors de présentation orale en public.

Ces deux derniers enseignements sont mis en pratique lors du projet informatique

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

— Project Management Body of Knowledge (PMBok- V5), édité par Project Management Institute.

### MOTS-CLÉS

Connaissance de l'entreprise, communication orale et écrite, gestion d'équipe, gestion de projet, GANTT, SWOT,

<b>UE</b>	<b>TRAITEMENT DU SIGNAL</b>	<b>4 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAI3CM</b>	Cours : 10h , TD : 13h , TP : 9h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

TROUILHET Jean-François

Email : [jean-francois.trouilhet@irap.omp.eu](mailto:jean-francois.trouilhet@irap.omp.eu)

Téléphone : 05 61 33 28 82

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Les signaux sont à la base de la manipulation de l'information, car ils sont généralement le support physique d'une information. Leur appréhension est donc une étape incontournable pour qui souhaite travailler dans le domaine des STIC (Sciences et Technologies de l'Information et la Communication) et particulièrement dans chacun des domaines d'application audio-vidéo, médical et spatial.

Cette UE doit permettre aux étudiants de prendre du recul sur les bases nécessaires à l'étude des signaux quel que soit le domaine d'application. Ainsi, cet enseignement sera utile pour aborder les enseignements ultérieurs, spécifiques à chaque domaine d'applications.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

La première partie reprend l'étude des variables aléatoires à une ou deux dimensions, ainsi que la composition des lois de probabilité les plus courantes. La généralisation de la notion de variable aléatoire permettra de présenter les signaux aléatoires dans le cas particulier stationnaire et ergodique.

La deuxième partie couvre la caractérisation des signaux déterministes qu'ils soient à énergie finie ou à puissance moyenne finie.

Enfin, la troisième et dernière partie aborde l'analyse et le filtrage des signaux échantillonnés. Les notions d'auto-corrélation, de Densité Spectrale de Puissance ou de Densité Spectrale d'Énergie seront introduites pour chacun des cas particuliers listés ci-dessus.

### PRÉ-REQUIS

UE du M1 "Signaux et systèmes" et "Traitement numérique du signal"

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Signaux aléatoires*, tomes 1 et 2, B. Picinbono, Dunod, 1997
- *Méthodes et techniques de traitement du signal*, Tome 1, J. Max, Editions Masson, 1981
- *Traitement numérique du signal*, M. Bellanger, Dunod, 2006.

### MOTS-CLÉS

Signaux aléatoires, stationnarité, densité spectrale (énergie et puissance),  
Signaux déterministes, transformée Fourier, échantillonnage, filtrage numérique.

<b>UE</b>	<b>TRAITEMENT ET ANALYSE DES IMAGES</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAI3DM</b>	Cours : 10h , TD : 13h , TP : 9h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

HERBULOT Ariane

Email : [ariane.herbulot@laas.fr](mailto:ariane.herbulot@laas.fr)

Téléphone : 05 61 33 69 12

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce module décrit les outils de base de traitement d'images, allant de l'amélioration des images acquises à leur traitement en vue de faciliter leur manipulation et leur interprétation.

Ce cours permet de comprendre et d'appréhender la chaîne de traitement à effectuer une fois l'image numérique acquise, afin de pouvoir l'analyser au mieux, selon l'application visée.

Les méthodes de traitement d'images communes à tous les domaines d'application sont ici présentées sous forme de cours/TD et mises en pratique dans les Travaux Pratiques.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Le cours/TD est structuré comme suit :

1. Introduction : notions de colorimétrie, visualisation et applications
2. Numérisation et pré-traitements
3. Opérations et transformations 2D
4. Filtrage linéaire et non-linéaire, restauration
5. Méthodes avancées de segmentation d'images
6. Formats d'images et vidéos

Les séances de TP se séquentent comme suit :

1. Filtrage et détection de contours(3h).
2. Débruitage d'images non-linéaire pour des images couleur (3h).
3. Segmentation d'images par méthode de split and merge (3h).

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Industrial Image Processing*, C.Demant, B.Streicher-Abel, P.Waszkewitz, Springer, 1999.
- *Les secrets de l'image vidéo*, P.Bellaïche, Eyrolles, 2015.
- *Introduction au traitement d'images*, D. Lingrand, Vuibert, 2008.

### MOTS-CLÉS

Acquisition d'images, filtrage, débruitage, restauration, segmentation, reconnaissance, méthodes linéaires et non-linéaires

<b>UE</b>	<b>ANALYSE STATISTIQUE DE DONNÉES</b>	<b>4 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAI3EM</b>	Cours : 10h , TD : 16h , TP : 9h		

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DEVILLE Yannick

Email : [Yannick.Deville@irap.omp.eu](mailto:Yannick.Deville@irap.omp.eu)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif est de maîtriser les outils classiques d'analyse de données expérimentales, issues de systèmes variés (étude de la tendance moyenne d'un paramètre tel que salaire ou âge, mesuré sur une *population*, histogramme des valeurs de ce paramètre...)

Des outils plus élaborés, tels que l'analyse en composantes principales, sont ensuite considérés.

Un autre objectif est de présenter la notion de test d'hypothèse. Les hypothèses sont décrites par des modèles probabilistes et les données sont considérées comme des réalisations des variables aléatoires. L'objet d'un test statistique est de formuler un jugement sur une hypothèse et de distinguer ce qui est plausible de ce qui est peu vraisemblable. Les principaux tests statistiques sont présentés en s'appuyant sur des exemples d'application.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

### I Introduction générale

#### II Outils d'analyse de données expérimentales

Paramètres permettant d'analyser les valeurs d'une unique variable (moyenne, écart-type, histogramme...).

Outils d'étude de liaisons entre deux variables (analyse de corrélation).

Problème d'extraction d'information à partir d'un nombre quelconque de variables, en particulier à l'aide de l'analyse en composantes principales.

Notions de base concernant la classification automatique de divers types « d'objets » à partir de paramètres mesurés sur chacun d'eux (et la régression) sont présentées.

#### II Variables aléatoires et tests statistiques

Modèles probabilistes, hypothèses nulle et alternative, région de rejet, règles de décision.

Test du rapport de vraisemblance, tests classiques sur la moyenne, la variance et le coefficient de corrélation, tests d'adéquation à une loi de probabilité.

Les divers aspects de la Statistique ainsi présentés conduisent à des applications extrêmement variées. Différentes applications de ce type sont présentées dans les travaux dirigés et travaux pratiques.

## PRÉ-REQUIS

Cette UE n'a pas de pré-requis spécifiques.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Probabilités, analyse des données et statistique*, G. Saporta , Technip, 1990.
- *Probability and statistics for engineers*, R. A. Johnson,, Prentice Hall, 2005.
- *Testing statistical hypotheses*, E. Lehmann, J. P. Romano, Springer, 2005.

## MOTS-CLÉS

Paramètres statistiques (moyenne, écart-type...). Analyse en composantes principales. Classification. Régression. Tests d'hypothèses, de comparaison...

<b>UE</b>	<b>INFORMATIQUE ET PROJETS SCIENTIFIQUES</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAI3FM</b>	TP : 64h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DE BONNEVAL Agnan

Email : [agnan@laas.fr](mailto:agnan@laas.fr)

Téléphone : 05 61 33 69 44

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'enseignement est axé sur la pratique de l'informatique en tant qu'outil pour le traitement du signal, d'image et vidéo.

Un premier volet vise à homogénéiser le niveau de la promotion sur les fondements d'architecture d'ordinateurs, des systèmes d'exploitations, d'algorithmique, de programmation en langage C et d'utilisation d'ateliers logiciels (environnements intégrés de programmation).

Enfin, Matlab est étudié en vue d'une utilisation intensive dans d'autres UE.

Un deuxième volet conséquent, porte sur les concepts de programmation orientée objet (langage de mise en œuvre : C++).

Enfin, un troisième volet approfondit la mise en œuvre d'algorithmes spécifiques au signal et à l'imagerie au travers de la réalisation d'un projet.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

L'enseignement est surtout pratique, mais les bases théoriques indispensables sont présentées au fil des besoins. Dans un premier temps, des travaux pratiques classiques illustrent les bases en système d'exploitation, langage C et Matlab, puis en programmation orientée objet.

Dans un second temps, la programmation objet est approfondie au travers d'un projet (par groupe de 3 à 5 étudiants), sur des thèmes teintés par les domaines d'application Spatial, Médical et Audio-Vidéo. Ce projet permet aussi une mise en situation plus proche du monde du travail : gestion du travail en équipe et des phases d'un projet (de l'analyse du besoin jusqu'à la réalisation d'une application logicielle), communication pendant et après la réalisation du travail. Ces aspects s'appuient sur les enseignements de conduite de projets et de communication de l'UE EIEAI3B1. Ce projet donne lieu à un rapport, une présentation orale et une démonstration sur ordinateur de l'application développée.

L'ensemble de l'enseignement est conçu pour que chaque étudiant puisse progresser à son rythme (selon son cursus passé), jusqu'à la fin du projet.

### PRÉ-REQUIS

Connaissances sur les architectures de calculateurs et systèmes d'exploitation.

Notions d'algorithmique, utilisation basique du langage C. Bases de Matlab.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Systèmes d'exploitation*, A. Tanenbaum, Pearson, 2008.
- *Méthodologie de la programmation en C*, J.-P. Braquelaire, Dunod, 2005.
- *Programmer en C++*, C. Delannoy, Eyrolles, 2014.

### MOTS-CLÉS

Systèmes d'exploitation, Matlab, programmation, langage C, orienté objet, langage C++, traitements informatique, images et signaux, gestion de projet.



<b>UE</b>	<b>VISION PAR ORDINATEUR</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAI3GM</b>	Cours : 10h , TD : 13h , TP : 9h		

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

LERASLE Frédéric  
Email : [lerasle@laas.fr](mailto:lerasle@laas.fr)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Le but est de maîtriser les principales techniques de Vision 3D à partir de capteurs optiques (stéréovision, vision mono- et multi-oculaire, lumière structurée, etc.).

Plus spécifiquement, cette UE se focalise sur quatre modalités essentielles : l'acquisition 3D, la modélisation 3D de scènes, la localisation/reconnaissance 3D, enfin la reconnaissance dans les images par caractéristiques locales. L'UE est illustrée par des exemples concrets d'applications pour des systèmes embarqués, ou ambiants (vidéosurveillance). Des séances de travaux pratiques et des exercices sont associés à chacune des fonctionnalités étudiées.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

### I Capteurs optiques pour l'acquisition 3D

- Capteurs actifs versus passifs.
  - Techniques d'étalonnages et de reconstruction 3D associés.
- 1 séance de TP sur OpenCV illustrant étalonnage et reconstruction 3D par stéréovision passive et capteur actif RGB-D.

### II Modélisation 3D

- Modélisation incrémentale.
  - Représentations 3D.
  - Techniques de segmentation 3D et invariants.
  - Exercices.
- 1 séance de TP sur MATLAB illustrant la modélisation incrémentale.

### III Reconnaissance 3D

- Principales techniques de localisation 3D.
  - Application à la reconnaissance 3D.
- 1 séance de TP sur MATLAB illustrant la localisation 3D d'objets par vision mono- et binoculaire.

### IV Reconnaissance dans les images par caractéristiques locales

## PRÉ-REQUIS

Traitement du signal et des images, calcul matriciel, géométrie, techniques d'estimation et d'optimisation.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Vision par Ordinateur*, R.Horand et O.Monga, Hermès, 1993.
- *Perception visuelle par imagerie vidéo*, M.Dhome. Hermès et Lavoisier, 2003.
- *Three dimensional computer vision. A geometric viewpoint*, O.Faugeras, MIT Press, 1993.

## MOTS-CLÉS

Capteurs optiques 3D et leur étalonnage, reconstruction 3D, modélisation 3D de scènes, localisation et reconnaissance 3D, reconnaissance par points d'intérêts.

<b>UE</b>	<b>CAPTEURS ET INSTRUMENTATION</b>	<b>4 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAI3HM</b>	Cours : 10h , TD : 13h , TP : 9h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

GODET Olivier

Email : [Olivier.Godet@irap.omp.eu](mailto:Olivier.Godet@irap.omp.eu)

Téléphone : 0561557536

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce module présente différents type de capteurs électromagnétiques, leur chaîne analogique/numérique et leurs domaines d'application. Il permet de donner les clés pour prototyper et mettre en oeuvre l'électronique d'une chaîne d'instrumentation (du capteur au convertisseur analogique numérique).

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Ce module présente différents capteurs photo-sensibles utilisés en imagerie multi-longueur d'onde et spectroscopie. Les grands principes physiques de fonctionnement de ces capteurs sont décrits. Il discute aussi les principes de fonctionnement d'une chaîne d'acquisition analogique/numérique ainsi que de ses spécificités pour faire de l'imagerie et de la spectroscopie. Les paramètres dimensionnants de ces capteurs sont introduits au travers d'exemples. Des applications au domaine industriel sont discutées afin de montrer la versatilité de leur utilisation. La seconde partie du module aborde la notion d'aberration des images numériques et présente quelques moyens de correction en se basant sur les technologies de capteurs CCD sous forme de TD et de TP (avec un mini-projet mener).

La troisième partie portera sur les capteurs utilisés en télédétection et en particulier sur les radars imageurs de type SAR (Synthetic Aperture Radar). Pour ces capteurs, un dimensionnement au niveau système est indispensable, la résolution finale de l'appareil dépendant fortement de l'adaptation entre le matériel utilisé et le traitement numérique associé.

### PRÉ-REQUIS

UE du M1 : 'Instrumentation et chaîne de mesure', 'Traitement numérique du signal', 'Capteurs optiques et formation des images'.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Traitement des signaux et acquisitions de données*, Cottet, Dunod, 2002.
- *Acquisition de données du capteur l'ordinateur*, Asch, Dunod, 2003.
- *Imaging with synthetic aperture radar*, D. Massonnet et J.-C. Souyris, EPFL Press 2008.

### MOTS-CLÉS

Capteurs numériques, télédétection, radar ; lumière, processus physiques ; chaîne électronique, résolution, spatial ; aberrations, imagerie, spectroscopie.

<b>UE</b>	<b>TECHNIQUES D'IMAGERIE ET IMAGES EN MÉDECINE</b>	<b>4 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAI3IM</b>	Cours : 15h , TD : 20h , TP : 15h		

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BERRY Isabelle

Email : [berry.i@chu-toulouse.fr](mailto:berry.i@chu-toulouse.fr)

FRANCERIES Xavier

Email : [xavier.franceries@inserm.fr](mailto:xavier.franceries@inserm.fr)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Maîtriser les bases des techniques d'imagerie les plus utilisées en médecine.

Savoir exploiter la physique et les mathématiques afin d'appréhender les différentes techniques ainsi que les avantages et les inconvénients de chacune.

Mettre en œuvre les modifications des paramètres permettant d'améliorer l'image médicale tout en prenant en compte les multiples contraintes, notamment concernant le rapport bénéfice sur risque pour le patient.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

### Généralités

Introduction à la relation patient-image et principaux modes d'obtention des images.

### Les différentes techniques d'imagerie

- L'imagerie du rayonnement X : imagerie en radiodiagnostic, imagerie interventionnelle, angiographie et scanner (TDM / CT).
- L'imagerie du rayonnement gamma : gamma caméra, tomographie d'émission monophotonique (TEMP / SPECT), tomographie d'émission de positons (TEP / PET).
- L'imagerie par résonance magnétique nucléaire (IRM / MRI) : principes physiques, codage par gradients, séquences en T1 et T2, autres séquences pondérées, artefacts.
- L'imagerie par ultrasons : l'interaction ultrasons-matière, échographie, Doppler, imagerie 3D.

### Méthodes de reconstruction des images

- Evolution et comparaison des méthodes et des appareils d'imagerie médicale.
- Application des méthodes utilisées en médecine (e.g. la rétroprojection filtrée, les méthodes itératives - algébriques et statistiques, etc.)

### Évaluation des systèmes d'imagerie

- Paramètres caractéristiques fondamentaux.
- Critère d'évaluation d'une procédure diagnostique.

## PRÉ-REQUIS

UE « Interactions rayonnements-matière. »

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Imagerie Médicale*, A. Séret et M. Hoebeke, Deuxième édition, Editions de l'Université de Liège, 2008.
- *The essential physics of medical imaging*, JT Bushberg. Wolters Kluwer 2012.

## MOTS-CLÉS

Imagerie médicale, Ultrasons, tomodensitométrie, imagerie par résonance magnétique nucléaire, tomographie d'émission mono-photonique, tomographie de positons

<b>UE</b>	<b>INTERACTIONS PHOTONS ET ÉLECTRONS HAUTE ÉNERGIE</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAI3JM</b>	Cours : 10h , TD : 16h , TP : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BERRY Isabelle

Email : [berry.i@chu-toulouse.fr](mailto:berry.i@chu-toulouse.fr)

FRANCERIES Xavier

Email : [xavier.franceries@inserm.fr](mailto:xavier.franceries@inserm.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Définir les différents types de radioactivités naturelles et artificielles selon le numéro atomique du noyau.

Comprendre les différentes filiations radioactives en fonction des périodes de demi-vie des corps parents et descendants. Connaître les différents modèles nucléaires.

Définir et quantifier les interactions photon et électron-matière selon le milieu, le type et l'énergie de la particule incidente.

Comprendre l'action différente engendrée par les différents types de particules sur la matière.

Comprendre l'action des rayonnements ionisants en vue de leur utilisation en médecine.

Les notions acquises dans cette UE sont indispensables pour appréhender les modules de d'imagerie, de dosimétrie et de radiothérapie.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Approfondissements sur la structure atomique et sur le noyau.
- La radioactivité. Les sources radioactives utilisées en curiethérapie, en radiothérapie interne vectorisée et en imagerie.
- Interaction photon-matière : effets photoélectrique, Compton, de paire et triplet, Thomson-Rayleigh. Variation des coefficients d'atténuation en fonction du milieu et de l'énergie du photon incident. Notions de transfert et d'absorption d'énergie.
- Interaction électron-matière : détails des différents processus : collision (élastique, excitation, ionisation et rayonnement de freinage et leur caractérisation). Variation des sections efficaces en fonction du milieu et de l'énergie de l'électron incident. Expression du pouvoir d'arrêt, sa variation en fonction de l'énergie et du milieu. Notion de transfert d'énergie linéique, parcours, diffusions simple et multiple.
- Les accélérateurs de particules en médecine : principe de fonctionnement et applications.
- Les différents détecteurs : chambre d'ionisation, compteur proportionnel, compteur Geiger-Muller, semi-conducteurs, compteur à scintillation, ... avantages/inconvénients.
- Application à l'imagerie, la spectrométrie en médecine.

### PRÉ-REQUIS

Connaissances en physique atomique et nucléaire

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Handbook of Radiotherapy Physics*, Mayles et al. Ed Mayles & Nahum & Rosenwald, 2007.
- *Les rayonnements ionisants*, Blanc et al. Masson, 1997
- *The essential physics of medical imaging*, JT Bushberg, Wolters Kluwer, 2012.

### MOTS-CLÉS

Atome ; noyau ; radioactivité ; atténuation ; effet photoélectrique, Compton et de paire ; ionisation ; rayonnement de freinage ; détecteur à gaz, S-C et scintillateur

<b>UE</b>	<b>ANGLAIS</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>1<sup>er</sup> semestre</b>
<b>EIEAI3VM</b>	TD : 24h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

AVRIL Henri

Email : [h-avril@live.com](mailto:h-avril@live.com)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Développer les compétences indispensables aux étudiant/es en vue de leur intégration dans la vie professionnelle. Perfectionner les outils de communication permettant de s'exprimer dans le contexte international d'aujourd'hui et acquérir l'autonomie linguistique nécessaire à cette intégration.

Niveau C1 du CECRL (Cadre Européen de Certification en Langues).

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Contenu linguistique de la discipline :

Enseignement axé sur le travail de l'expression orale

Documents du domaine de spécialité pouvant faire l'objet de collaboration entre enseignants de science et enseignants de langue

Nécessité d'un parcours individualisé répondant aux attentes de chaque étudiant.

Compétences

CO - EE - EO - EE

- Savoir communiquer en anglais scientifique
- Savoir repérer les éléments constitutifs d'une communication écrite ou orale dans le domaine de spécialité
- Savoir prendre la parole en public (conférence ou réunion) dans le cadre d'un colloque, projet de recherche, projet professionnel

<b>UE</b>	<b>ESTIMATION ET OPTIMISATION</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAI4AM</b>	Cours : 10h , TD : 13h , TP : 9h		

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

CARFANTAN Hervé

Email : [Herve.Carfantan@irap.omp.eu](mailto:Herve.Carfantan@irap.omp.eu)

Téléphone : 05 61 33 28 66

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'estimation paramétrique consiste à déduire de données expérimentales la valeur de paramètres physiques d'intérêt. On peut ainsi découper le schéma d'estimation en trois parties :

- construction d'un estimateur en prenant en compte un modèle d'acquisition des données et les perturbations ;
- calcul de cet estimateur, le plus souvent par un algorithme d'optimisation ;
- caractérisation de cet estimateur en terme d'incertitude sur les paramètres estimés.

A l'issue de ce cours, l'étudiant connaîtra l'ensemble du schéma d'estimation qu'il aura appliqué à des problèmes concrets de traitement du signal et d'imagerie et saura faire face à de nouveaux problèmes d'estimation.

Un accent particulier sera mis sur la résolution des problèmes inverse fréquemment rencontrés en signal et en imagerie

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

### I. Cadre de l'estimation

Définition d'un estimateur, propriétés des estimateurs (biais, variance, erreur quadratique moyenne), notions d'identifiabilité et de discernabilité. Construction des estimateurs : méthode des moments, minimisation de critères, maximum de vraisemblance, cadre Bayésien. Principe du calcul des estimateurs et d'incertitude sur les paramètres estimés.

### II. Introduction à l'optimisation et présentation des méthodes classiques

Conditions de minimalité, cas des fonctions convexes. Moindres carrés et méthodes dérivées. Optimisation locale par algorithmes de descente (sans dérivées, gradient, gradient conjugués, Newton...). Algorithmes d'optimisation sous contrainte (pénalités, barrières) et algorithmes d'optimisation globale.

### III. Ouverture sur les problèmes inverses

Notion de problème mal posé, de conditionnement, de régularisation et les approches générales de résolution

### IV Ouverture sur les méthodes de Monte-Carlo

Les travaux pratiques, sous Matlab, concernent la mise en œuvre et l'utilisation d'algorithmes d'optimisation dans un cadre appliqué d'estimation et de problèmes inverses.

## PRÉ-REQUIS

Connaissance de bases en probabilités : caractéristiques statistiques d'un variables aléatoires, lois, lois conditionnelles, indépendance, espérances...

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Identification de Modèles Paramétriques à Partir de Données Expérimentales*, E. Walter, Masson, 1994.
- *Numerical Optimization*, J. Nocedal, Springer, 2006.
- *Approche bayésienne pour les problèmes inverses*, J. Idier, Hermès, 2001.

## MOTS-CLÉS

biais, variance, vraisemblance, estimateurs Bayésiens, optimisation locale, sous contrainte, algorithmes de descente, sous contrainte, problèmes inverses

<b>UE</b>	<b>STAGE</b>	<b>15 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAI4BM</b>	Stage : 6 mois		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

CARFANTAN Hervé

Email : [Herve.Carfantan@irap.omp.eu](mailto:Herve.Carfantan@irap.omp.eu)

Téléphone : 05 61 33 28 66

TROUILHET Jean-François

Email : [jean-francois.trouilhet@irap.omp.eu](mailto:jean-francois.trouilhet@irap.omp.eu)

Téléphone : 05 61 33 28 82

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif de cette UE est de préparer les étudiants à leur future insertion sur le marché de l'emploi. Plus précisément, il s'agit de :

- les préparer à leur recherche d'emploi à travers leur recherche de stage (rédaction de CV, lettre de motivation, entretiens, etc) ;
- leur permettre d'acquérir une première expérience professionnelle valorisable par la suite sur leur CV ;
- les mettre en situation en leur confiant des missions scientifiques et techniques au sein d'une entreprise (grand groupe, PME, startup) ou d'un laboratoire, selon qu'ils se destinent à une carrière dans l'industrie ou dans la recherche.

Ce stage d'une durée de 4 à 6 mois peut être réalisé en France ou à l'étranger, dans un laboratoire de recherche ou une entreprise.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Les sujets de stages doivent être en cohérence avec les thématiques du master Signal Imagerie et Applications afin que l'expérience professionnelle ainsi acquise soit facilement valorisable pour leur future recherche d'emploi. Il est préférable que le domaine d'application du stage soit le domaine choisi pour l'option à savoir celui du traitement du signal, du traitement d'image et de la vidéo, celui de imagerie médicale ou de l'imagerie spatiale. Pendant son stage, l'étudiant travaillera au sein d'un laboratoire ou d'une entreprise sous la direction d'un responsable.

A l'issue du stage, un rapport devra être rédigé à destination de l'entreprise et une soutenance sera organisée.

### MOTS-CLÉS

Expérience professionnelle, mise en situation.

<b>UE</b>	<b>OBSERVATION DE LA TERRE</b>	<b>4 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAI4CM</b>	Cours : 8h , TD : 18h , TP : 10h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DEVILLE Yannick

Email : [Yannick.Deville@irap.omp.eu](mailto:Yannick.Deville@irap.omp.eu)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

La première partie de cette UE a pour objectif de former les étudiants dans les domaines suivants :

- les enjeux de l'observation de la Terre dans la société actuelle,
- les applications fonctionnelles et les applications à venir,
- les « outils » (capteurs, satellites, ...) qui existent déjà et les évolutions,
- les « méthodes » de traitement d'images qui sont utilisées pour ce type de données.

Parmi ces traitements, la deuxième partie de cette UE apporte aux étudiants la maîtrise des méthodes de séparation aveugle de sources, en mettant l'accent sur leur application au démixage de spectres composites obtenus en imagerie satellitaire ou aérienne.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Première partie :

1. Vue d'ensemble des enjeux de la télédétection et plus particulièrement de l'observation de la Terre : grands programmes européens et mondiaux, leurs causes, leurs conséquences, impact des satellites sur notre vie quotidienne...

Ce descriptif débouche naturellement sur les applications opérationnelles de l'observation de la Terre par satellites : quelles sont-elles ? Quelles utilisations actuellement ? Dans le futur ? Quel degré d'opérationnalité peut-on attendre et atteindre ?

2. Caractéristiques de l'acquisition d'images aériennes ou satellitaires, les capteurs qui existent et les caractéristiques des images obtenues.

3. Méthodes de traitement et d'analyse d'images régulièrement employées dans ce contexte (filtrage, segmentation, analyse de texture, fusion de données).

Cette première partie de l'UE repose sur l'analyse des méthodes par l'angle de leur utilisation et de leur opérationnalité plus que par un développement théorique pointu en traitement du signal et des images.

Deuxième partie :

Méthodes de séparation aveugle de sources et leurs applications. On détaille en particulier le démixage de spectres composites obtenus en imagerie satellitaire ou aérienne.

### PRÉ-REQUIS

UE « Traitement du Signal » et « Analyse statistique de données » de ce M2. Bonne connaissance des signaux aléatoires.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Satellite Imagery : from acquisition principles to processing of optical images for observing the Earth*, CNES-IGN-ONERA, Cépaduès, 2012.
- *Traitement du signal : signaux temporels et spatiotemporels*, Y. Deville, Ellipses, 2011.

### MOTS-CLÉS

Observation de la Terre, Imagerie satellitaire et aérienne, séparation aveugle de sources, démixage de spectres de réflectance.



<b>UE</b>	<b>CARTOGRAPHIE THÉMATIQUE</b>	<b>4 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAI4DM</b>	Cours : 9h , TD : 25h , TP : 12h		

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

DEVILLE Yannick

Email : [Yannick.Deville@irap.omp.eu](mailto:Yannick.Deville@irap.omp.eu)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Dans la première partie de cette unité, on présente d'une part des méthodes génériques de classification et d'autre part les notions fondamentales de la télédétection optique (luminance, réflectance, types de capteurs, prétraitements...). On applique ensuite ces notions à l'analyse d'images de la Terre fournies par des instruments embarqués sur des satellites (en particulier SPOT et/ou LANDSAT), afin de réaliser des cartes d'occupation du sol (champs, forêts...) et d'analyser le lien entre les signatures spectrales des surfaces étudiées et leur fonctionnement.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

### I Présentation détaillée d'outils génériques de classification

On décrit ici des méthodes dites classiques (maximum de vraisemblance ...), diverses classes de réseaux de neurones artificiels (perceptrons multi-couches ou MLP, réseaux à fonctions de base radiales ou RBF, cartes auto-organisatrices de Kohonen ou SOM), ainsi que les machines à vecteurs supports (ou SVM).

### II Télédétection dans le domaine optique appliquée aux surfaces continentales,

On décrit les principes de télédétection, les caractéristiques des capteurs d'observation de la Terre, les grandeurs physiques mesurées (luminance, réflectance, émittance) et les facteurs influençant la mesure.

On présente les notions de signatures spectrales et de couleur.

Les travaux dirigés et travaux pratiques de cette unité incluent tout d'abord des exercices de mise en oeuvre des méthodes de classification vues en cours, puis des manipulations d'images satellitaires (SPOT et/ou LANDSAT) à l'aide du logiciel ENVI. L'objectif de ces travaux consiste à réaliser des classifications pixel et objet en mode supervisé et non supervisé pour des agrosystèmes.

## PRÉ-REQUIS

Cette unité s'appuie sur les bases de classification vues dans l'unité de tronc commun «Analyse statistique de données» de cette année de Master 2 SIA.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Climatologie de l'environnement. De la plante aux écosystèmes*, G. Guyot, Masson, 1997.
- *Pattern recognition*, S. Theodoridis, K. Koutroumbas, Elsevier, 2009.

## MOTS-CLÉS

Classification, télédétection optique, imagerie satellitaire et aéroportée, cartes d'occupation du sol, logiciel ENVI.

<b>UE</b>	<b>SYSTÈMES GÉOGRAPHIQUES ET BASES DE DONNÉES</b>	<b>4 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAI4EM</b>	Cours : 9h , TD : 22h , TP : 12h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

AUDA Yves

Email : [yves.auda@get.omp.eu](mailto:yves.auda@get.omp.eu)

CARFANTAN Hervé

Email : [Herve.Carfantan@irap.omp.eu](mailto:Herve.Carfantan@irap.omp.eu)

Téléphone : 05 61 33 28 66

DEVILLE Yannick

Email : [Yannick.Deville@irap.omp.eu](mailto:Yannick.Deville@irap.omp.eu)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif est de maîtriser la conception et la réalisation d'un Système d'Information Géographique dans toutes les étapes constituées par l'analyse des besoins, la conception, la mise en oeuvre de la base de données et la pratique des analyses spatiales.

Une partie conséquente permettra à l'étudiant d'employer des logiciels non abordés lors du Master, de s'adapter à d'autres contextes et à l'évolution des techniques.

Outre de donner à l'étudiant une solide formation théorique et pratique, l'objectif est de lui permettre de développer un esprit critique lui permettant d'analyser une situation concrète, de choisir le bon outil, la méthode d'analyse adaptée, de lever les difficultés techniques et surtout d'éviter les erreurs les plus communément rencontrées dans l'utilisation des SIG.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Les concepts nécessaires à la compréhension des Systèmes d'Information Géographique comprennent les projections, la modélisation par couches, les mondes vecteur/raster et l'architecture des SIG. Dans le monde vecteur, la logique MERISE est introduite pour comprendre les contraintes des bases de données implémentées dans le moteur du SIG et les apports du SQL spatial. Dans le monde raster, les notions de résolution spatiale, de re-projection, de conversion de vecteur en raster, d'algèbre de cartes sont présentées en fonction des problématiques de télédétection. L'enseignement est conçu pour permettre aux étudiants de s'adapter à d'autres environnements informatiques, les parties théoriques donnent une connaissance valide quels que soient les logiciels utilisés. Les travaux pratiques s'appuient sur des logiciels du monde libre : GRASS, QGIS, spatialite, R du cran... Ils reposent sur l'analyse de cas concrets issus de travaux de recherche. Chaque exemple est accompagné d'une fiche qui guide l'étudiant. Les cas d'étude concernent les modèles numériques de terrain, les modèles hydrologiques, les modèles du paysage...

### PRÉ-REQUIS

Notions de cartographie, télédétection et de programmation traitées dans les autres unités d'enseignement du Master

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

— <http://fad.ensg.eu/moodle/course>

### MOTS-CLÉS

Géographie, bases de données, projection, raster, vecteur, SQL

<b>UE</b>	<b>REPRÉSENTATION, ANALYSE DES SIGNAUX AUDIO ET VIDÉO</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAI4FM</b>	Cours : 12h , TD : 34h , TP : 16h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

CARFANTAN Hervé

Email : [Herve.Carfantan@irap.omp.eu](mailto:Herve.Carfantan@irap.omp.eu)

Téléphone : 05 61 33 28 66

HERBULOT Ariane

Email : [ariane.herbulot@laas.fr](mailto:ariane.herbulot@laas.fr)

Téléphone : 05 61 33 69 12

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

De nos jours, les signaux images et vidéo sont pratiquement exclusivement numériques.

Les outils de base du traitement du signal permettent une bonne analyse du contenu temporel et fréquentiel de ces données. Cependant des outils avancés de représentation sont indispensables pour une meilleure analyse ainsi que pour certains traitements. En particulier, il est souvent nécessaire de compresser les données, notamment les signaux audio et vidéo dans un but de stockage ou de transfert plus rapide. Les différentes méthodes de compressions existantes s'appuient sur de tels outils de représentation.

L'objectif de ce cours est de présenter quelques outils avancés de représentation des signaux et images ainsi que les méthodes classiques de compression des signaux, images et vidéo.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

#### I Outils avancés d'analyse du signal et des images

- Analyse spectrale des signaux, estimation spectrale, analyse temps-fréquence (décompositions énergétiques et atomiques) et temps-échelle (transformée en ondelettes...). Spectrogramme et analyse des signaux audio.
- Représentation temps-échelle des images
- Représentation dans un dictionnaire redondant
- Modèles aléatoires de signaux (ARMA, AR) pour l'analyse et la prédiction des signaux.

#### II Outils de compression de données

- Définition des critères de comparaison de méthodes, Compression sans pertes, Quantification scalaire, Codage prédictif, Codage par Transformées, Quantification Vectorielle
- Puis plus spécifiquement seront traitées les notions de compression de signal audio, image et vidéo :
  - La Parole : le contexte - Codage dans le plan temporel - Codage fréquentiel : modèles d'analyse/synthèse sinusoïdaux - Codage paramétrique : les vocodeurs - Codage par analyse par synthèse - Codage audio : MPEG 1, 2, 4.
  - Compression d'images, principaux formats utilisant la compression avec pertes.
  - Estimation du mouvement pour la compression vidéo (flot optique, block matching), suivi d'objets dans des vidéos, codages vidéo MPEG, formats vidéo

### PRÉ-REQUIS

Bases de traitement du signal, d'images et d'estimation.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Traitement numérique des signaux*, M. Kunt, PPUR, 1996.
- *Techniques de compression des signaux*. N. Moreau, Masson, 1995.
- *Traitement de la parole*, R.Boite et coll PPUR, 2000.

### MOTS-CLÉS

Analyse temps-fréquence et temps-échelle, ondelettes, AR, compression avec ou sans perte, MP3, MPEG

<b>UE</b>	<b>DÉBRUITAGE ET CLASSIFICATION DES SIGNAUX ET IMAGES, TRAITEMENT DE LA PAROLE ET DE LA MUSIQUE</b>	<b>6 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAI4GM</b>	Cours : 12h , TD : 35h , TP : 16h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

HOSSEINI Shahram

Email : [Shahram.Hosseini@irap.omp.eu](mailto:Shahram.Hosseini@irap.omp.eu)

Téléphone : 0561332879

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Dans de nombreuses applications, on souhaite extraire un signal d'intérêt à partir des observations qui sont des mélanges de ce signal avec d'autres signaux (bruit ou interférence). A l'issue de cette unité d'enseignement, les étudiants maîtriseront les techniques de débruitage mono et multicapteur et de séparation de sources et seront capables de les appliquer aux signaux naturels.

Par ailleurs, ces enseignements permettent aux étudiants de se familiariser avec des méthodes avancées de classification et en particulier les réseaux de neurones artificiels.

Enfin, un autre objectif de cette UE est de présenter aux étudiants les méthodes de traitement de la parole et de la musique et en particulier celles utilisées pour la reconnaissance de la parole et du locuteur.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

#### 1) Méthodes de débruitage, d'extraction et de localisation de sources

- Méthodes de base (filtrage de Wiener, soustraction spectrale, débruitage avec référence de bruit).
- Traitement d'antenne, séparation aveugle de sources. Applications : signaux audio (parole, musique ; localisation en robotique), télécommunications, imagerie multi-temporelle ou multi-spectrale en astrophysique et télédétection, signaux et images biomédicaux.

#### 2) Approfondissement sur les méthodes de classification (réseaux de neurones, ...)

#### 3) Traitement de la parole et de la musique

Reconnaissance automatique par modèles de Markov cachés, apprentissage, évaluation de performances. Applications : commande vocale en milieu bruité, transcription automatique parole/musique, indexation dans un flux audiovisuel.

#### TP :

Réalisation d'un système de reconnaissance de mots isolés en milieu bruité.

### PRÉ-REQUIS

UEs « Traitement du signal » et « Analyse statistique de données. »

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Advanced Digital Signal Processing and Noise Reduction*, S Vaseghi, Wiley, 2000.
- *Traitement du signal : signaux temporels et spatiotemporels*, Y Deville, Ellipses, 2011.
- *Reconnaissance automatique de la parole*, J-P Haton, Dunod, 2006.

### MOTS-CLÉS

Débruitage, Traitement d'antenne, Séparation de sources, Classification, Traitement de la parole et de la musique

<b>UE</b>	<b>IMPLÉMENTATION ET OPTIMISATION D'ALGORITHMES DE TRAITEMENT DES IMAGES</b>	<b>3 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAI4HM</b>	Cours : 7h , TD : 13h , TP : 12h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

FRETON Pierre

Email : pierre.freton@laplace.univ-tlse.fr

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Renforcer les bases de C++, (avec notamment la notion d'héritage, polymorphisme, templates) et initier à l'utilisation de QT©
- Sensibilisation à la notion d'optimisation des algorithmes et des codes
- Réduction de temps de calcul, réduction de l'espace mémoire (Profilage de code)
- savoir utiliser des bibliothèques de C++ existantes, notamment en imagerie médicale, comme ITK©, VTK©, FSL©...

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Ce module comporte deux objectifs principaux de formation :

1/ Sensibiliser les étudiants aux problèmes pratiques d'optimisation des algorithmes et des codes.

2/ Développer les compétences des étudiants autour de l'utilisation du code de gestion de fenêtres graphiques QT ©

Pour le premier point, des problèmes pratiques d'optimisation, non seulement des algorithmes, mais aussi des codes seront présentés aux étudiants avec pour objectif de les sensibiliser à la réduction des temps de calculs. Des applications au traitement des images médicales seront proposées. Au-delà des mécanismes d'optimisation, une initiation à des outils de profilage de code tels que Valgrind sera proposée. La mise en œuvre de cet enseignement sera réalisée principalement au travers de travaux pratiques sur des problématiques de traitement de l'image pour l'imagerie médicale.

Le second point, nécessite un renforcement des bases du langage C++. Ce renforcement sera suivi d'une initiation à l'utilisation du code QT © qui sera ainsi utilisé pour réaliser certains travaux pratiques.

### PRÉ-REQUIS

Des bases solides de langage C

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

— *La bible C++*, C. Horstmann et T. A. Budd, Wiley & sons, 2004

### MOTS-CLÉS

C++, Optimisation de codes de traitement d'images, Qt® designer, Doxygen®, Kchagrind®, Valgrind®

<b>UE</b>	<b>EXTRACTION DE DONNÉES ANATOMIQUES ET PHYSIOPATHOLOGIQUES</b>	<b>4 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAI4IM</b>	Cours : 6h , TD : 17h , TP : 9h		

### ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

FRANCERIES Xavier

Email : [xavier.franceries@inserm.fr](mailto:xavier.franceries@inserm.fr)

### OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Après l'acquisition des bases techniques en imagerie médicales, cette UE traitera des méthodes permettant d'extraire et de quantifier l'information pertinente contenue dans ces images : information de type anatomique, morphométrique ou de type fonctionnel. Elle servira de base au clinicien pour tirer les conclusions pathophysiologiques. Les objectifs de cette UE sont d'abord de permettre la maîtrise de la problématique des différentes techniques puis de savoir utiliser les modèles sous-jacents afin de pouvoir déterminer la méthode adéquate pour répondre à des questions d'ordre médical.

### DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Généralités :  
Rappels de quelques outils mathématiques Caractéristiques des images médicales; Formats d'images médicales, DICOM;
- Composantes connexes; Caractérisations des composantes; squelettisation.
- Transformations d'images : transformations linéaires unitaires, transformations stochastiques; transformée de Hough
- Détection de contours, segmentation.
- Compléments sur les outils de traitement d'images médicales : Extraction des tissus mous et solides; Filtrage Linéaire et Non Linéaire en IRM; Morphologie mathématique.
- Morphométrie en imagerie cérébrale
- Traitements statistiques en Imagerie fonctionnelle
- Recalage d'Images Médicales, multimodalité : Normalisation spatiale en imagerie cérébrale, utilisation d'atlas, recalage rigide, recalage élastique...
- Extraction des données physiopathologiques en imagerie de diffusion (DWI, DTI, modèles de diffusion, connectivité cérébrale), en imagerie de Perfusion.

### PRÉ-REQUIS

UEs « Interactions rayonnement-matière » et « Techniques d'imagerie et images en médecine. »

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Human brain function*, R.S.J Frakowiak et coll, Elsevier 2004.
- *Networks in the Brain*, O. Sporns, MIT Press, 2010.
- *Cerebral MR Perfusion Imaging*, A.Sorenson & P. Riemer, Thieme Publishing Group, 2000.

### MOTS-CLÉS

Connexité, morphométrie, transformations d'images, recalage d'images, multimodalité, imagerie de diffusion, segmentation, approximation de contours, formes.

<b>UE</b>	<b>IMAGERIE FONCTIONNELLE MÉDICALE</b>	<b>5 ECTS</b>	<b>2<sup>nd</sup> semestre</b>
<b>EIEAI4JM</b>	Cours : 10h , TD : 20h , TP : 9h		

## ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BERRY Isabelle

Email : [berry.i@chu-toulouse.fr](mailto:berry.i@chu-toulouse.fr)

FRANCERIES Xavier

Email : [xavier.franceries@inserm.fr](mailto:xavier.franceries@inserm.fr)

## OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Après l'acquisition des bases techniques en imagerie médicale, cette UE traitera des méthodes plus avancées d'acquisition d'images, objet de recherches en cours. Adaptées aux phénomènes physiopathologiques à étudier elles sont conçues spécifiquement pour mettre en valeur le paramètre recherché pour répondre à des questions d'ordre médical.

## DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

### 1) Hémodynamique

Angiographie IRM, IRM de flux, de diffusion, de susceptibilité magnétique, vélocimétrie ultra-sonore, radio-isotopique.

### 2) Métabolisme

- Cinétique des traceurs : Consommations d'oxygène, de glucose
- Traceurs radio-isotopiques cérébraux et cardiaques
- Spectroscopie RMN

### 3) Etude des récepteurs

- Par tomographie d'émission de simples photons
- Par tomographie d'émission de positons

### 4) Imagerie d'activation des fonctions sensori-motrices et cognitives

- Protocole d'activation
- Imagerie des potentiels évoqués, stimulation transcranienne

### 5) Techniques d'imagerie haute résolution

### 6) Echographie

## PRÉ-REQUIS

UE « Techniques d'imagerie et images en médecine. »

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Ultrafast MRI*, JF Debatin, Springer, 2012.
- *Magnetic Resonance Imaging. Physical principles and sequence design*, RW Brown, Wiley 2014.
- *Molecular anatomic imaging. PET/CT, PET/MR and SPECT/CT*, GK Von Schultess. Wolters Kluwer 2015.

## MOTS-CLÉS

ARM, DWI, PWI, SWI, IRM fonctionnelle, SPECT, TEP, US, élastographie, HIFU, Doppler Ultrafast.

# GLOSSAIRE

---

## TERMES GÉNÉRAUX

### DÉPARTEMENT

Les départements d'enseignement sont des structures d'animation pédagogique internes aux composantes (ou facultés) qui regroupent les enseignants intervenant dans une ou plusieurs mentions

### UE : UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Unité d'Enseignement. Un semestre est découpé en unités d'enseignement qui peuvent être obligatoire, optionnelle (choix à faire) ou facultative (UE en plus). Une UE représente un ensemble cohérent d'enseignements auquel est associé des ECTS.

### ECTS : EUROPEAN CREDITS TRANSFER SYSTEM

Les ECTS sont destinés à constituer l'unité de mesure commune des formations universitaires de Licence et de Master dans l'espace européen depuis sa création en 1989. Chaque UE obtenue est ainsi affectée d'un certain nombre d'ECTS (en général 30 par semestre d'enseignement). Le nombre d'ECTS est fonction de la charge globale de travail (CM, TD, TP, etc.) y compris le travail personnel. Le système des ECTS vise à faciliter la mobilité et la reconnaissance des diplômes en Europe.

## TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES

Les diplômes sont déclinés en domaines, mentions et parcours.

### DOMAINE

Le domaine correspond à un ensemble de formations relevant d'un champ disciplinaire ou professionnel commun. La plupart de nos formations relèvent du domaine Sciences, Technologies, Santé.

### MENTION

La mention correspond à un champ disciplinaire. Elle comprend, en général, plusieurs parcours.

### PARCOURS

Le parcours constitue une spécialisation particulière d'un champ disciplinaire choisie par l'étudiant au cours de son cursus.

## TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS

### CM : COURS MAGISTRAL(AUX)

Cours dispensé en général devant un grand nombre d'étudiants (par exemple, une promotion entière), dans de grandes salles ou des amphis. Au-delà de l'importance du nombre d'étudiants, ce qui caractérise le cours magistral, est qu'il est le fait d'un enseignant qui en définit lui-même les structures et les modalités. Même si ses contenus font l'objet de concertations entre l'enseignant, l'équipe pédagogique, chaque cours magistral porte la marque de l'enseignant qui le dispense.



## TD : TRAVAUX DIRIGÉS

Ce sont des séances de travail en groupes restreints (de 25 à 40 étudiants selon les composantes), animés par des enseignants. Ils illustrent les cours magistraux et permettent d'approfondir les éléments apportés par ces derniers.

## TP : TRAVAUX PRATIQUES

Méthode d'enseignement permettant de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant les CM et les TD. Généralement, cette mise en pratique se réalise au travers d'expérimentations. En règle générale, les groupes de TP sont constitués des 16 à 20 étudiants. Certains travaux pratiques peuvent être partiellement encadrés voire pas du tout. A contrario, certains TP, du fait de leur dangerosité, sont très encadrés (jusqu'à 1 enseignant pour quatre étudiants).

## PROJET OU BUREAU D'ÉTUDE

Le projet est une mise en pratique en autonomie ou en semi-autonomie des connaissances acquises. Il permet de vérifier l'acquisition des compétences.

## TERRAIN

Le terrain est une mise en pratique encadrée des connaissances acquises en dehors de l'université.

## STAGE

Le stage est une mise en pratique encadrée des connaissances acquises dans une entreprise ou un laboratoire de recherche. Il fait l'objet d'une législation très précise impliquant, en particulier, la nécessité d'une convention pour chaque stagiaire entre la structure d'accueil et l'université.

