

---

# PROGRAMME INGÉNIEUR

2025-2026

2e année / 3e année

---

Option Disciplinaire

Données Analyse Traitement et  
Applications en Signal et Image

OD DATASIM

---

RESPONSABLE DU PROGRAMME

Said MOUSSAOUI



# 1er Semestre

Unité d'Enseignement	Crédits ECTS	Parcours	Acronyme	Libellé
UE 73	12	Tronc commun	ARSIG ATRIM CSOPT MSTAT	Analyse et représentation de signaux Analyse et traitement d'images Calcul scientifique et optimisation Modélisation statistique de données
UE 74	13	Tronc commun	APSTA FEBIO GRASP IMINV PRTS11	Apprentissage statistique Filtrage et traitement de signaux biomédicaux Graphes et analyse de séries temporelles Imagerie et méthodes inverses Projet en traitement de signaux et d'images

# 2e Semestre

---

Unité d'Enseignement	Crédits ECTS	Parcours	Acronyme	Libellé
UE 83	14	Tronc commun	AIMED AMULT APPLI AUDIO PRTSI 2	Apprentissage avancé et imagerie médicale Analyse de données multicapteurs Applications en recherche et développement Analyse et perception de contenu audio Projet en traitement de signaux et d'images

# INGÉNIEUR - OD DATASIM

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

## Analyse et représentation de signaux [ARSIG]

Responsable(s) du cours : Sébastien BOURGUIGNON

### Pré-requis

Bases mathématiques : algèbre linéaire, intégration, séries, optimisation numérique. Séries et transformée de Fourier.

### Objectifs

L'extraction de l'information utile contenue dans des données est une étape clé pour une exploitation efficace de celles-ci dans une chaîne de traitement. La construction de méthodes d'analyse adaptées est ainsi primordiale pour la détection d'événements dans un environnement bruité, l'extraction de descripteurs pertinents pour l'apprentissage et la classification automatiques, la réduction de bruit ou encore la compression de données.

Ce cours vise à fournir un ensemble d'outils mathématiques (analytiques et numériques) permettant de représenter un signal, une image ou, plus généralement, un ensemble de données, de manière à en faire ressortir l'information intelligible et exploitable. Différentes méthodes d'analyse sont présentées, à la fois dans leurs fondements mathématiques et informationnels et dans leur utilisation pratique via leur mise en oeuvre numérique, à travers des exemples d'application sur des problèmes réels de traitement de données.

Une première partie concerne l'analyse des signaux dits stationnaires, par l'analyse de Fourier et l'analyse spectrale à haute résolution. Les représentations temps-fréquence et temps-échelle sont ensuite introduites pour l'étude des signaux non stationnaires. Enfin, une ouverture est donnée sur la thématique plus récente des représentations parcimonieuses, permettant de généraliser les représentations précédentes à des modélisations plus complexes et plus appropriées aux problématiques modernes de type big data.

### Plan de l'enseignement

1. Analyse spectrale des signaux stationnaires: analyse de Fourier, méthodes à haute résolution. TP : détection d'oscillations sinusoïdales multiples dans du bruit; application à la détection d'exoplanètes à partir de séries temporelles.
2. Analyse temps-fréquence: représentations linéaires (transformée de Fourier à court terme) et quadratiques (spectrogramme, Wigner-Ville, classe de Cohen). TD numérique: comparaison de représentations temps-fréquence ; visualisation de réponses temps-fréquence de pianos.
3. Signaux non-stationnaires: représentations temps-échelle et transformées en ondelettes. TP: transformée discrète en ondelettes et analyse multi-résolution; application au débruitage de signaux et à la compression d'images.
4. Vers des modélisations plus générales: représentations parcimonieuses. TP: débruitage par projection dans une base orthogonale et dans des espaces redondants; débruitage de signaux constants par morceaux.

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

A.V. Oppenheim and R.W. Schaffer. Discrete-time signal processing, Prentice Hall, 2010.

S. Marcos. Les méthodes à haute résolution : Traitement d'antenne et analyse spectrale, Hermès, 1998.

L. Cohen, Time-Frequency analysis, Prentice-Hall, 1995.

N. Martin et C. Doncarli, Décision dans le plan temps-fréquence, Hermes, 2004.

S. Mallat, A Wavelet Tour of Signal Processing: The Sparse Way, Academic Press, 2008.

M. Elad, Sparse and Redundant Representations, Springer, 2010.

## Compétences auxquelles forme cet enseignement

---

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
  - C2C3 : Penser et agir en environnement incertain
    - Intermédiaire

## Compétences observées via cet enseignement

---

Aucune compétence observée

## Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

---

Bonne santé et bien-être / Éducation de qualité / Industrie, innovation et infrastructures / Lutte contre les changements climatiques

## Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

---

Contribution à la formation d'ingénieurs ayant une maîtrise des outils numériques des technologies de l'information et de la communication pour appréhender des problèmes dans plusieurs secteurs. Amélioration des connaissances et du savoir-faire dans le traitement de données permettant une meilleur compréhension des phénomènes observables.

## Évaluation

---

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.4)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.6)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	8 hrs	12 hrs	10 hrs	0 hrs	2 hrs

## INGÉNIEUR - OD DATASIM

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

# Analyse et traitement d'images [ATRIM]

Responsable(s) du cours : Diana MATEUS LAMUS

### Objectifs

Ce cours est une introduction aux techniques essentielles pour le traitement d'images numériques. Il aborde la manière dont les images sont acquises, formées, stockées, traitées et utilisées. Nous passerons en revue différents types de méthodes de traitement d'image, y compris les techniques de transformations, d'amélioration d'image, de filtrage, de débruitage, ainsi que les bases de la segmentation. Le module est composé d'une série de cours magistraux accompagnées d'une introduction à la programmation en Python et d'une partie significative dédiée à l'expérience pratique et à l'analyse des techniques enseignées.

### Plan de l'enseignement

#### Contenu

- Introduction aux images numériques
- Mesures de qualité d'une image
- Opérations morphologiques
- Filtrage spatial
- Filtrage en fréquence
- Transformations géométriques
- Introduction aux méthodes de segmentation

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- [1] Digital Image Processing, 4th Ed. Gonzalez and Woods © 2018, ISBN: 9780133356724
- [2] Computer Vision: Algorithms and Applications (Texts in Computer Science). 2011th Edition. by Richard Szeliski
- [3] D. Forsyth, J. Ponce, Computer vision: a modern approach, Prentice Hall 2003.

### Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
  - C2C3 : Penser et agir en environnement incertain
    - Intermédiaire

### Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Bonne santé et bien-être

### Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.5)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.5)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	8 hrs	12 hrs	10 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD DATASIM

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

## Calcul scientifique et optimisation [CSOPT]

Responsable(s) du cours : Said MOUSSAOUI

### Objectifs

Ce cours est dédié aux techniques de calcul numérique et d'optimisation pour le traitement de signaux et d'images. Il donne un aperçu des techniques usuelles dans un premier temps et ensuite détaille quelques applications telles que l'ajustement de courbes non-linéaires ou le débruitage de signaux.

### Plan de l'enseignement

#### 1. Programmation mathématique

- Matlab
- Python

#### 2. Optimisation sans contraintes

- concepts de base : calculs différentiels, conditions d'optimalité,
- descente itérative (méthodes de premier et second ordre, recherche de pas, régions de confiance)
- applications (ajustement de courbes paramétriques, débitage de signaux)

#### 3. Optimisation sous contraintes

- méthodes de pénalité extérieur
- méthodes de points intérieurs
- applications à la restauration d'images

#### 3. Optimisation globale

- méthodes d'intervalles
- méthodes évolutionnaires
- méthodes de Monte-Carlo

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- [1] J. Nocedal et S. J. Wright. Numerical Optimization. Springer series in operations research, Springer, 1999
- [2] S. Boyd and L. Vendenbergh. Convex Optimization. Cambridge university press, 2004
- [3] P. Venkataraman. Applied Optimization with Matlab Programming, John Wiley and Sons, 2001

### Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
  - C2C1 : Représenter et modéliser
    - Intermédiaire

### Compétences observées via cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
  - Intermédiaire

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Bonne santé et bien-être / Éducation de qualité / Industrie, innovation et infrastructures

## Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

---

Contribuer à la formation d'ingénieur ayant une maîtrise des outils numériques des technologie de l'information et de la communication pour appréhender des problèmes d'ingénierie dans plusieurs secteurs

### Évaluation

---

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.4)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.6)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	8 hrs	12 hrs	10 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD DATASIM

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

## Modélisation statistique de données [MSTAT]

Responsable(s) du cours : Eric LE CARPENTIER

### Objectifs

Cet enseignement est consacré à la caractérisation et le traitement de signaux à l'aide d'outils statistiques. Il fournit ainsi les fondements théoriques utilisés dans le développement de méthodes de modélisation de signal pour la résolution de nombreux problèmes : le traitement de signaux biomédicaux (diagnostic, systèmes d'assistance aux handicapés), le traitement des signaux musicaux (restauration d'enregistrements anciens, reconstruction de la partition, codage et compression), la localisation géographique (fusion GPS-odométrie)...

A la fin de cet enseignement, les étudiants seront capables de:

- Proposer une formalisation probabiliste d'un phénomène aléatoire
- Résoudre un problème d'estimation statistique dans une situation pratique
- Développer un algorithme pour calculer et caractériser la solution

### Plan de l'enseignement

- Rappels de théorie des probabilités : vecteurs aléatoires, densité, moyenne, variance.
- Aspects temporels et fréquentiels : signaux aléatoires, autocorrélation, densité spectrale de puissance.
- Estimation classique et bayésienne : estimateurs du maximum de vraisemblance (MLE), en moyenne quadratique (MMSE), du maximum a posteriori (MAP), linéaire en moyenne quadratique (LMMSE).
- Chaînes de Markov, processus de Markov.
- Filtrage statistique : Bayes, Kalman, particulière.

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- [1] Probability, Random Variables and Stochastic Processes. A. Papoulis, S.U. Pillai. Mc graw Hill.
- [2] Fundamentals of Statistical Signal Processing, Vol.1: Estimation theory, S. Kay, Prentice Hall, 1993

### Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
  - C2C1 : Représenter et modéliser
    - Intermédiaire

### Compétences observées via cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
  - Intermédiaire

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Bonne santé et bien-être / Éducation de qualité / Industrie, innovation et infrastructures

### Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Le cours s'appuie sur un document destiné à accompagner durablement les étudiants dans leur études et leur vie

professionnelle (ODD4). Il fournit des bases théoriques solides permettant d'appréhender les travaux de recherche menés à l'école (ODD9), en particulier dans le domaine médical (ODD3) que la plupart des étudiants auront à traiter lors de leur stage de fin d'étude.

## Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.4)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.6)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	10 hrs	10 hrs	10 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD DATASIM

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

## Apprentissage statistique [APSTA]

Responsable(s) du cours : Diana MATEUS LAMUS

### Objectifs

Ce cours fournit les notions clés de l'apprentissage automatique, essentielles aujourd'hui pour traiter les collections de données qui se font de plus en plus importantes dans tous les domaines. Le cours présentera les différents types de courants d'apprentissage automatique et leurs applications dans le contexte des signaux et des images. Nous passerons en revue les méthodes historiquement les plus influentes pour l'apprentissage non supervisé et supervisé. Les sessions alterneront entre cours magistraux, exercices pratiques, et mini-projets en Python. Bien que les techniques soient présentées dans une perspective large et générale, les applications se concentreront sur les images et les signaux pour la plus part biomédicales.

### Plan de l'enseignement

- Bases générales de l'apprentissage automatique
- Apprentissage supervisé et non-supervisé
- Représentation de données, sélection de variables et réduction de dimensionnalité
- Mesures d'évaluation
- Méthodes de classification probabiliste et linéaire
- Séparateurs à Vaste Marge (SVM)
- Arbres et forêts décisionnelles
- Méthodes d'ensemble
- Réseaux de neurones
- Introduction à l'apprentissage profond (deep learning)
- Segmentation sémantique

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- [1] Bishop C. : Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2006.  
[2] Kevin P. Murphy, Probabilistic Machine Learning: An Introduction, 2022

### Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
  - C2C1 : Représenter et modéliser
    - Compétent

### Compétences observées via cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
  - Compétent

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Bonne santé et bien-être

## Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.5)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.5)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	10 hrs	10 hrs	10 hrs	0 hrs	2 hrs

## INGÉNIEUR - OD DATASIM

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

# Filtrage et traitement de signaux biomédicaux [FEBIO]

Responsable(s) du cours : Said MOUSSAOUI

### Objectifs

- maîtriser les techniques de synthèse de filtres analogiques et numériques en adéquation avec les contraintes des applications
- réaliser des applications des filtres numériques au traitement de signaux réels
- avoir un background sur les méthodes d'acquisition et de traitement de signaux biomédicaux

### Plan de l'enseignement

#### 1/ Filtrage linéaire

- Caractérisation de filtres (spécification fréquentielles)
- méthodes de synthèse de filtres linéaires
- synthèse filtres IIR et FIR

#### 2/ Traitement de signaux biomédicaux

- Electrocardiographie : principe d'acquisition et méthodes de traitement
- Electromyographie : principe d'acquisition et méthodes de traitement
- Electroencéphalographie : principe d'acquisition et méthodes de traitement

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- [1] M. Najim, Digital Filters Design for Signal and Image Processing, 2013, Wiley
- [2] A. Zverev, Handbook of Filter Synthesis, John Wiley and Sons, 1967
- [3] Naik Ganesh R., Santos Wellington Pinheiro Dos. Biomedical Signal Processing. A Modern Approach. Lavoisier, 2023

### Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
  - C2C2 : Résoudre et arbitrer
    - Intermédiaire

### Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Bonne santé et bien-être / Éducation de qualité / Industrie, innovation et infrastructures

### Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Contribuer à la formation d'ingénieurs ayant une maîtrise des outils numériques des technologies de l'information et de la communication pour appréhender des problèmes dans plusieurs secteurs d'application

### Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.4)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.6)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	10 hrs	12 hrs	8 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD DATASIM

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

## Graphes et analyse de séries temporelles [GRASP]

Responsable(s) du cours : Mira RIZKALLAH

### Pré-requis

- Bases en probabilité et statistiques
- Notions mathématiques: nombres complexes, intégrales, régression linéaire ..

### Objectifs

A l'issue de ce cours, les étudiant(e)s sauront:

- Estimer les paramètres de modèles de séries temporelles (AR, MA, ARMA, ARIMA..)
- Prédiction des valeurs futures et des incertitudes correspondantes à partir des modèles estimés
- Connaître les principes de base du traitement du signal sur graphe : transformée de Fourier sur graphe, filtrage, apprentissage statistique et profond sur graphes, réseaux convolutionnels sur graphes.
- Appliquer les méthodes de traitement du signal et d'apprentissage sur une problématique et des données réelles (neuroscience, connectivité cérébrale)

### Plan de l'enseignement

La première partie du cours se concentre sur la modélisation expérimentale des séries temporelles. Elle fournit une description détaillée de la chaîne de prévision et de modélisation des séries temporelles, de l'analyse des données à la validation du modèle. La deuxième partie traite des principes de traitement des signaux sur graphes et des réseaux convolutionnels sur graphes.

#### 1. Analyse de séries temporelles

- Notions de base sur les séries temporelles : caractéristiques importantes d'un graphique de séries temporelles, modèle auto-régressif (AR), fonction d'autocorrélation (ACF), modèles de moyenne mobile (MA), étude des résidus.
- Modèles de moyenne mobile (MA), autocorrélation partielle, notations utiles (opérateurs de décalage..)
- Identification et estimation des modèles ARMA, ARIMA ; utilisation des modèles ARIMA pour prévoir les valeurs futures.
- Modèles ARIMA saisonniers et lissage exponentiel

#### 2. Traitement du signal et apprentissage sur graphes

- Notions de bases sur la modélisation à base de graphes, le signal sur graphes, les applications, l'intérêt de la représentation, comment définir un graphe ?
- Transformée de Fourier, convolution et filtrage des signaux sur graphes
- Réseaux de neurones sur graphes, théorie et applications dans différents domaines

#### 3. Applications pratiques

- Prédiction du changement climatique avec des modèles ARIMA, SARIMA. Analyse approfondie des modèles et des transformations de données.
- Classification de noeuds et de graphes. Applications sur des données réelles : réseaux sociaux et neurosciences

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- H. Kwakernaak and R. Sivan, Modern signals and systems, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1991
- C. Chatfield and H. Xing, The Analysis of Time Series An Introduction with R, by Chapman and Hall/CRC, 2019
- Antonio Ortega, Introduction to graph signal processing , Cambridge University Press.

## Compétences auxquelles forme cet enseignement

---

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
  - C2C1 : Représenter et modéliser
    - Compétent

## Compétences observées via cet enseignement

---

Aucune compétence observée

## Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

---

Bonne santé et bien-être / Consommation et production responsables / Industrie, innovation et infrastructures / Lutte contre les changements climatiques

## Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

---

Dans ce cours, différents TPs relèvent du développement durable, notamment la prédiction de la température dans un endroit donné (réchauffement climatique), des simulations d'épidémies sur des graphes, des graphes en neurosciences..

## Évaluation

---

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.4)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.6)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	10 hrs	10 hrs	10 hrs	0 hrs	2 hrs

## INGÉNIEUR - OD DATASIM

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

# Imagerie et méthodes inverses [IMINV]

Responsable(s) du cours : Sébastien BOURGUIGNON

### Pré-requis

Bases d'analyse statistique et de théorie des probabilités. Algèbre linéaire : manipulation de matrices, propriétés matricielles. Optimisation numérique.

### Objectifs

On parle de méthode inverse lorsque l'acquisition de connaissances sur un objet étudié s'effectue de manière indirecte, en mesurant les effets d'un phénomène physique dont on va chercher les causes. Ce principe de mesure se rencontre dans de très nombreuses applications : optique, acoustique, imagerie médicale, océanographie, astronomie, contrôle non destructif des matériaux, ... C'est le cas de la plupart des dispositifs d'imagerie, où l'on cherche à cartographier des propriétés physiques à l'intérieur d'un objet étudié à partir de mesures situées en périphérie de celui-ci (ex. tomographie à rayons X ou scanner). C'est également le cas des méthodes visant à restaurer un signal, une image, un ensemble de données à partir d'une version dégradée, bruitée et filtrée par l'instrument de mesure (réponse impulsionnelle d'un microscope ou télescope par exemple).

Ce cours vise à familiariser les étudiants avec des outils basiques et plus avancés permettant d'aborder un problème d'inversion, partant de l'étape de formalisation du problème direct (modélisation physique du phénomène exploité) et d'aspects généraux de théorie de l'information (données incomplètes, problème mal posé, inférence statistique), du principe de résolution s'appuyant notamment sur la notion de régularisation, et jusqu'au calcul numérique efficace d'une solution par des algorithmes dédiés.

### Plan de l'enseignement

1. Généralités : problèmes mal posés, régularisation, information a priori
2. Déconvolution : méthodes classiques (linéaires), régularisation quadratique
3. Méthodes non linéaires, déconvolution de trains d'impulsions, parcimonie
4. Restauration d'images et tomographie

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- A. Tarantola, Inverse Problem Theory and Model Parameter Estimation, SIAM, 2005.
- J. Idier (Ed.), Bayesian Approach to Inverse Problems, ISTE Ltd and John Wiley & Sons Inc, 2008.
- M. Bertero, P. Boccacci, Introduction to Inverse Problems in Imaging, CRC Press, 1998
- P.C. Hansen, Discrete Inverse Problems: Insight and Algorithms, SIAM, 2010
- J. M. Mendel, Optimal Seismic Deconvolution, Academic Press, 1983.
- A. C. Kak et M. Slaney, Principles of Computerized Tomographic Imaging, IEEE Press, 1988.

## Compétences auxquelles forme cet enseignement

---

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
  - C2C3 : Penser et agir en environnement incertain
    - Compétent

## Compétences observées via cet enseignement

---

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
  - Intermédiaire

## Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

---

Bonne santé et bien-être / Éducation de qualité / Industrie, innovation et infrastructures

## Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

---

Contribution à la formation d'ingénieurs ayant une maîtrise des outils numériques des technologies de l'information et de la communication pour appréhender des problèmes dans plusieurs secteurs. Amélioration des connaissances et du savoir-faire dans le traitement de données permettant une meilleur compréhension des phénomènes observables.

## Évaluation

---

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.3)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.7)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	10 hrs	8 hrs	12 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD DATASIM

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

## Projet en traitement de signaux et d'images [PRTSI1]

Responsable(s) du cours : Mira RIZKALLAH

### Pré-requis

- rédiger un rapport
- préparer un support de présentation

### Objectifs

L'objectif des projets est de confronter les étudiants à des problèmes réels, en faisant appel à leurs connaissances techniques et à leurs capacités d'analyse. Chaque étudiant travaillera sur au moins deux applications. Les projets seront réalisés en binômes ou en groupes plus importants.

Les bases de données de signaux et d'images traitées : signaux biomédicaux, signaux audio, images hyperspectrales. Les objectifs de traitement : détection, restauration, séparation de sources, segmentation, classification.

### Plan de l'enseignement

Des exemples de données traitées dans le cadre des projets concernent

1. La spectrométrie et imagerie hyperspectrale : déconvolution et décomposition en signaux élémentaires, séparation de sources.
2. L'analyse et traitement de signaux et systèmes audio : reconnaissance de locuteur, séparation de sources, débruitage à l'aide des outils temps-fréquence, analyse d'enceinte acoustiques.
3. L'analyse de signaux et images biomédicales : segmentation d'images cellulaire et reconnaissance de formes, classification de signaux EEG.

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- [1] Fundamentals of statistical signal processing - Vol I. Estimation theory. S. KAY. Prentice Hall, 1993.  
System identification, theory for the user. L. LJUNG Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1987 (1st ed.) - 1999 (2nd ed.).
- [2] Approche bayésienne pour les problèmes inverses. J. IDIER. Traité IC2, Série traitement du signal et de l'image, Hermès, 2001.
- [3] Pattern Classification. R.O. DUDA, P.E. HART, D.G.STORK, Willey 2001.  
Analyse d'images, filtrage et segmentation. Sous la direction de J.P. COQUEREZ et S. PHILIPP, Masson 1995

## Compétences auxquelles forme cet enseignement

---

- C1 : Concevoir et prototyper des dispositifs innovants et créateurs de valeur
  - C1C1 : Faire émerger
    - Intermédiaire

## Compétences observées via cet enseignement

---

- C1 : Concevoir et prototyper des dispositifs innovants et créateurs de valeur
  - Intermédiaire

## Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

---

Bonne santé et bien-être / Consommation et production responsables / Éducation de qualité / Énergie propre et d'un coût abordable / Industrie, innovation et infrastructures / Lutte contre les changements climatiques / Partenariats pour la réalisation des objectifs / Villes et communautés durables

## Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

---

Différents projets relèvent du développement durable et la responsabilité sociétale.

## Évaluation

---

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	1	0 hrs	0 hrs	0 hrs	32 hrs	0 hrs

## INGÉNIEUR - OD DATASIM

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

# Apprentissage avancé et imagerie médicale [AIMED]

Responsable(s) du cours : Diana MATEUS LAMUS

### Objectifs

Ce cours abordera des aspects avancés de l'acquisition, de la reconstruction et du traitement des signaux et des images biomédicales. Le module vise à mettre en œuvre dans divers contextes applicatifs les connaissances acquises lors de périodes précédentes (approches d'optimisation, algorithmes d'analyse de données, méthodes par apprentissage automatique, etc.). Plusieurs intervenants du milieu industriel et de la recherche exposeront les problématiques réelles sur lesquels ils travaillent et proposeront des mini-projets à être résolus pendant les travaux pratiques. Ces capsules thématiques seront accompagnées de cours et de séances pratiques supplémentaires, offrant des solutions alternatives.

### Plan de l'enseignement

Présentation de différentes modalités d'imagerie médicale telles que l'échographie, la tomodensitométrie (scanner), la tomographie par émission de positrons, ou l'imagerie par résonance magnétique.

Mise en pratique d'algorithmes pour la formation/reconstruction d'images, le débruitage, la classification, la segmentation, le recalage, ou la détection d'anomalies.

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Medical Imaging Signals and Systems. Prince Links. Pearson Editions. 2015

### Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C1 : Concevoir et prototyper des dispositifs innovants et créateurs de valeur
  - C1C2 : Oser
    - Intermédiaire

### Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Bonne santé et bien-être

### Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	10 hrs	14 hrs	8 hrs	0 hrs	0 hrs

## INGÉNIEUR - OD DATASIM

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

# Analyse de données multicapteurs [AMULT]

Responsable(s) du cours : Said MOUSSAOUI

### Objectifs

Ce cours se focalise sur les techniques d'analyse de données multi capteurs à l'aide de méthodes dites de séparation de sources. Ces méthodes récentes permettent d'exploiter la redondance des capteurs pour analyser le contenu des données en exploitant des modèles de mélanges linéaires et en adoptant des hypothèses statistiques sur les sources.

La seconde partie du cours est dédiée à des applications de ces méthodes à des signaux et des images afin de montrer comment adapter les méthodes d'analyse aux contraintes des applications.

### Plan de l'enseignement

1. Méthodes de séparation de sources
  - a) approches algébriques
  - b) approches itératives
  - c) approches statistiques bayésiennes
2. Applications au traitement de signaux
  - a) signaux de spectrométrie
  - b) signaux biomédicaux
3. Applications à l'analyse d'images hyperspectrale
  - a) principe de la télédétection hyperspectrale
  - b) approches géométriques pour l'analyse d'images hyperspectrales
  - c) analyse par séparation de sources

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- [1] P. Comon et C. Jutten, Séparation de sources 1 : concepts de base et analyse en composantes indépendantes, Traité IC2, série Signal et image, 03-2007
- [2] P. Comon et C. Jutten, Séparation de sources 2 : au-delà de l'aveugle et applications, Traité IC2, série Signal et image, 03-2007
- [3] A. Hyvarinen, J. Karhunen, and E. Oja, Independent Component Analysis. Johns Willey & Sons., 2001.

## Compétences auxquelles forme cet enseignement

---

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
  - C2C2 : Résoudre et arbitrer
    - Compétent

## Compétences observées via cet enseignement

---

Aucune compétence observée

## Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

---

Bonne santé et bien-être / Éducation de qualité / Industrie, innovation et infrastructures

## Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

---

Contribuer à la formation d'ingénieur ayant une maîtrise des outils numériques des technologie de l'information et de la communication pour appréhender des problèmes d'ingénierie dans plusieurs secteurs

## Évaluation

---

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.4)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.6)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	10 hrs	10 hrs	10 hrs	0 hrs	2 hrs

## INGÉNIEUR - OD DATASIM

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

# Applications en recherche et développement [APPLI]

Responsable(s) du cours : Sébastien BOURGUIGNON

### Objectifs

Ce module est réalisé sous forme d'interventions extérieures d'ingénieurs R&D et de chercheurs travaillant sur des problèmes d'analyse et de traitement de données dans différents domaines d'application.

L'objectif est de présenter, sur des problématiques d'actualité, industrielles ou de recherche plus amont, comment sont abordés différents problèmes de traitement de l'information (signal, image, analyse de données) à partir de méthodologies modernes, exploitant en particulier les différentes disciplines et outils vus dans les deux premières périodes de l'année en option disciplinaire DATASIM.

### Plan de l'enseignement

Chaque intervention se déroule sur une journée. Le matin est dédié à une présentation de la problématique rencontrée, de ses verrous méthodologiques et des solutions qui y sont proposées dans l'équipe de l'intervenant. L'après-midi prend la forme d'un TP de mise en oeuvre en pratique des méthodes développés dans la première partie, sur des données réelles. Programme prévisionnel (susceptible de modifications) :

ONERA : Démarches de co-conception acquisition-traitement et applications en imagerie optique

RENAULT : Introduction à la Fusion de données pour l'aide à la conduite automobile et le véhicule autonome

DB-SAS : Imagerie ultrasonore pour le contrôle non destructif.

Université Gustave Eiffel : Image Processing using LBM: Anisotropic Diffusion and Segmentation

Laboratoire Lagrange (Observatoire de la Côte d'Azur) : Introduction to detection and some applications in Astrophysics.

CNES : Imagerie Spatiale : des principes aux applications

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Ku, Jason, et al. "Joint 3d proposal generation and object detection from view aggregation." 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). IEEE, 2018.

S. Steyer, G. Tanzmeister and D. Wollherr, "Object tracking based on evidential dynamic occupancy grids in urban environments," 2017 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Los Angeles, CA, 2017, pp. 1064-1070, doi: 10.1109/IVS.2017.7995855.

"Fundamentals of Statistical Signal Processing, Volume II: Detection Theory, S. Kay, Prentice Hall, 1993, ISBN-10: 013504135X

Valorge C. and al., (2012) Satellite Imagery. From acquisition principles to processing of optical images for observing the Earth, Cépadués Edition

Baghdadi N. and al., (2016). Optical Remote Sensing of Land Surface: Techniques and Methods, ISTE Press Ltd - Elsevier Inc

### Compétences auxquelles forme cet enseignement

---

- C1 : Concevoir et prototyper des dispositifs innovants et créateurs de valeur
  - C1C2 : Oser
    - Intermédiaire

### Compétences observées via cet enseignement

---

Aucune compétence observée

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

---

Bonne santé et bien-être / Éducation de qualité / Industrie, innovation et infrastructures / Lutte contre les changements climatiques

### Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

---

Contribution à la formation d'ingénieurs ayant une maîtrise des outils numériques des technologies de l'information et de la communication pour appréhender des problèmes dans plusieurs secteurs. Amélioration des connaissances et du savoir-faire dans le traitement de données permettant une meilleure compréhension des phénomènes observables.

### Évaluation

---

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	16 hrs	16 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

## INGÉNIEUR - OD DATASIM

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

# Analyse et perception de contenu audio [AUDIO]

Responsable(s) du cours : Mathieu LAGRANGE

## Pré-requis

Outils pour le Traitement de signaux audio

## Objectifs

Former les élèves ingénieurs aux:

- principes de représentation audio numérique (acoustique, encodage, traitements)
- principes de psycho acoustique (perception, cognition)
- modélisation et apprentissage d'attributs haut niveau (recherche d'information dans des flux musicaux)

## Plan de l'enseignement

Acoustique

Représentation des signaux audio

- spectrogramme, analyse spectrale

Traitements du signal et analyse de données

- ACP, Analyse multidimensionnelles

Analyse de scènes sonores

Séparation de sources

## Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Acoustique, Informatique et Musique. Outils scientifiques pour la musique. B. D'Andréa-Novel, B. Fabre, P. Jouvelot. Mines Paristech, 2012

Klapuri, A. and Davy, M. (Editors), "Signal Processing Methods for Music Transcription," Springer-Verlag, New York, 2006

Auditory Scene Analysis, The Perceptual Organization of Sound, By Albert S. Bregman, MIT Press

## Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C1 : Concevoir et prototyper des dispositifs innovants et créateurs de valeur
  - C1C1 : Faire émerger
  - Intermédiaire

## Compétences observées via cet enseignement

Aucune compétence observée

## Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Bonne santé et bien-être / Consommation et production responsables / Villes et communautés durables

## Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce cours permet aux étudiants de se former au traitement du signal audionumérique pour les éléments suivants relatifs au développement durable : - surveillance des environnements naturels pour l'évaluation de la biodiversité - surveillance des environnements urbains et caractérisation de la qualité acoustique des villes - formation et sensibilisation des étudiants à l'importance de la perception, sonore en particulier, pour l'amélioration du bien-être.

## Évaluation

---

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.4)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.6)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	10 hrs	12 hrs	8 hrs	0 hrs	2 hrs

# INGÉNIEUR - OD DATASIM

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

## Projet en traitement de signaux et d'images [PRTSI 2]

Responsable(s) du cours : Mira RIZKALLAH

### Objectifs

L'objectif des projets est de confronter les étudiants à des problèmes réels, en faisant appel à leurs connaissances techniques et à leurs capacités d'analyse. Chaque étudiant travaillera sur au moins deux applications. Les projets seront réalisés en binômes ou en groupes plus importants.

Les bases de données de signaux et d'images traitées : signaux biomédicaux, signaux audio, images hyperspectrales. Les objectifs de traitement : détection, restauration, séparation de sources, segmentation, classification.

### Plan de l'enseignement

Les données traitées dans le cadre des projets concernent

1. La spectrométrie et imagerie hyperspectrale : déconvolution et décomposition en signaux élémentaires, séparation de sources.
2. L'analyse et traitement de signaux et systèmes audio : reconnaissance de locuteur, séparation de sources, débruitage à l'aide des outils temps-fréquence, analyse d'enceinte acoustiques.
3. L'analyse de signaux et images biomédicales : ségmentation d'images cellulaire et reconnaissance de formes, classification de signaux EEG.

### Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Fundamentals of statistical signal processing - Vol I. Estimation theory. S. KAY. Prentice Hall, 1993.

System identification, theory for the user. L. LJUNG Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1987 (1st ed.) - 1999 (2nd ed.).

Approche bayésienne pour les problèmes inverses. J. IDIER. Traité IC2, Série traitement du signal et de l'image, Hermès, 2001.

Pattern Classification. R.O. DUDA, P.E. HART, D.G.STORK, Willey 2001.

Analyse d'images, filtrage et segmentation. Sous la direction de J.P. COQUEREZ et S. PHILIPP, Masson 1995

### Compétences auxquelles forme cet enseignement

- C3 : Conduire des programmes complexes ou de changement de façon responsable
  - C3C3 : Clôturer et capitaliser
    - Intermédiaire

### Compétences observées via cet enseignement

- C2 : Analyser un système complexe, dans toutes ses dimensions (scientifiques, économiques, humaines, sociale) et proposer une solution
  - Compétent
- C3 : Conduire des programmes complexes ou de changement de façon responsable
  - Intermédiaire

### Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Bonne santé et bien-être / Consommation et production responsables / Éducation de qualité / Énergie propre et d'un coût abordable / Industrie, innovation et infrastructures / Lutte contre les changements climatiques / Partenariats pour la réalisation des objectifs / Villes et communautés durables

## Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

---

Différents projets relèvent du développement durable et la responsabilité sociétale.

### Évaluation

---

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	2	0 hrs	0 hrs	0 hrs	48 hrs	0 hrs