

# 2EL2420 - Traitement d'images numériques

Responsables : **Elisabeth LAHALLE** , **Charles SOUSSEN**

Département de rattachement : **DÉPARTEMENT SIGNAL, INFORMATION, COMMUNICATION**

Langues d'enseignement : **FRANCAIS**

Type de cours : **Electif 2A**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE PARIS - SACLAY**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **60**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **30**

Année académique : **2024-2025**

Catégorie d'électif : **Sciences fondamentales**

Niveau avancé : **oui**

## Présentation, objectifs généraux du cours :

Dans de nombreux domaines tels que la santé, la vidéo-surveillance, la microscopie ou la télédétection, des systèmes simples ou sophistiqués d'acquisition d'image ont été conçus pour produire des images numériques de toutes sortes : images 2D, 3D, couleur, vidéos, images hyperspectrales. L'analyse d'image couvre un large spectre de traitements allant de la reconstruction d'images à partir de mesures indirectes (par exemple en imagerie scanner ou en IRM) à la reconstruction de scènes 3D en vision par ordinateur, au recalage d'images, à la segmentation d'objets dans des images, et à l'analyse d'images hyperspectrales en télédétection.

L'objectif du cours est double. Il s'agit d'une part de maîtriser les concepts fondamentaux du traitement d'images, incluant les analyses élémentaires pour traiter des images en niveaux de gris et des images couleurs (seuillage, histogramme, codage) et les opérations de filtrage linéaire et non-linéaire, effectuées dans le domaine spatial ou dans le domaine de Fourier. D'autre part, le cours aborde des traitements avancés permettant de dépasser les limites des approches de type filtrage. Ces traitements comprennent les méthodes de segmentation d'image utilisant des modèles géométriques pour décrire les régions et les contours d'objets, et les approches dites variationnelles, où la reconstruction d'image est formulée comme l'optimisation d'un critère en grande dimension. L'approche variationnelle est développée en détails et illustrée dans le cas du débruitage et de la déconvolution d'image.

## Période(s) du cours (n° de séquence ou hors séquence) :

SG8

## Prérequis :

- Traitement du signal : convolution, transformée de Fourier
- Probabilités et statistiques
- Optimisation

## Plan détaillé du cours (contenu) :

### Introduction:

Exemples de traitement d'images : reconnaissance de formes, recalage d'images, segmentation d'images, restauration et reconstruction d'images.

Systèmes d'acquisition d'images numériques, processus de formation de l'image et formats.

### Analyse élémentaire :

Histogramme, amélioration de contraste, seuillage.

Echantillonnage, quantification et interpolation d'image.

Format d'images couleur (RGB, HSV, etc.) et traitements associés.

### Filtrage :

Linéaire:

- Notion de séparabilité dans le domaine spatial.
- Filtres de lissage et de contraste : filtres moyenneur, gaussien, dérivateurs, laplacien, filtres de Prewitt et Sobel, etc.
- Filtrage dans le domaine fréquentiel.

Non linéaire : filtre médian, filtrage d'ordre.

### Détection de contours et segmentation :

- Modèles géométriques pour l'image : voisinage entre pixels, connexité, notions de régions et frontières.
- Segmentation d'images : approches par partitionnement de régions, par détection de frontières, et par contours déformables (contours actifs)

### Approche variationnelle (basée optimisation numérique) pour les problèmes inverses en imagerie :

- Formulation de problèmes d'optimisation pour le traitement d'images
- Régularisation de Tikhonov
- Régularisations préservant les contours
- Cas d'étude : débruitage et déconvolution d'images

## Déroulement, organisation du cours :

### Le cours s'organise en deux parties pour présenter :

- **Les concepts fondamentaux** : 4 CM, 3 TD
- **Les traitements avancés** : 5 CM, projet long (11h)

Les étudiants seront amenés à illustrer les concepts et à mettre en oeuvre les algorithmes à l'aide d'un outil de simulation et de traitement de données de type Matlab.

## Organisation de l'évaluation :

- L' évaluation consistera en :
  - un partiel à mi-parcours, 25 % de la note finale
  - une évaluation par mini-projet, 75 % de la note finale

## Moyens :

Enseignants supplémentaires (un 3ème chargé de TD) pour les TD si le nombre d'étudiants excède 50 (plus de 2 groupes de 25).

Les supports de cours sont en anglais et en français. Les cours magistraux sont en français.

## Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

A l'issue de cet enseignement, l'étudiant :

1. Possèdera quelques notions sur le fonctionnement des systèmes d'acquisition d'images numériques (caméras, microscopes, ...) et le processus de formation de l'image.
2. Sera capable d'analyser le contenu d'une image numérique.
3. Sera capable de mettre en oeuvre des traitements numériques élémentaires : détection de pixels par seuillage des niveaux de gris, calcul d'histogramme, filtrage linéaire ou non linéaire, lissage et détection de contours.
4. Sera capable de mettre en oeuvre des techniques avancées de traitement d'image pour la restauration d'image.
5. Aura assimilé des notions plus avancées comme la segmentation basée sur les modèles géométriques (contours et régions) et l'analyse d'images 3D.

## Description des compétences acquises à l'issue du cours :

The mid-term exam allows to participate in the validation of skills C1

The long term project allows to participate in the validation of skills C2, C6 and C8

## Bibliographie :

- H. Maître, Le traitement des images, édition Hermes, 2003.
- J.-P. Cocquerez et S. Philipp, Analyse d'images: filtrage et segmentation, éd. Masson, 1995.
- S. Bres, J.-M. Jolion, F. Lebourgeois, Traitement et analyse des images numériques, éd. Hermes 2003.

- A. Tr meau, Image numérique couleur,  d Dunod 2004.
- H. Maitre, Du photon au pixel,  d Iste 2016