

Imagerie Avancée pour le Biomédical



Période de
l'année
Automne

En bref

➤ **Langue de cours:** Anglais, Français

Présentation

Prérequis

Lois de l'optique géométrique

Les équations aux dérivées partielles, équations de Maxwell

- Basics of wave physics
- Basics of geometrical and wave optics

Objectifs d'apprentissage

Connaitre les fondements de l'imagerie pour le biomédical et pour la biologie en allant de l'interaction entre les ondes et la matière jusqu'au traitement des images obtenues.

Connaitre différentes techniques d'imagerie incluant à la fois l'acquisition et la restitution de l'image à toutes les échelles du vivant, in vivo ou in vitro pour des applications en biologie ou médecine.

Avoir un aperçu des problématiques et des besoins actuels et futurs dans le secteur.

• **Imaging biological systems :**

Students will understand the challenges related to optical imaging of living tissues and will have acquired scientific culture in basic and advanced microscopy techniques. They will be able to perform back-of-the-envelope calculations for optical systems and will develop a systematic approach to study and understand new imaging techniques. They will also be able to grasp the challenges of

deep imaging in scattering tissues, and the basics of the laser light-matter interaction for diagnosis and therapy. Ultimately, they will be capable of providing scientific advice to biologists on the selection of appropriate imaging modalities for their research needs.

Description du programme

- **Introduction : imagerie médicale :**

- les domaines spectraux, la qualité des images, la formation des images, l'imagerie par rayons X, imagerie nucléaire, l'imagerie optique (l'OCT), thérapie par laser

- **Les bases du TI (Traitement de l'Image):**

- image numérique, filtrage, segmentation, restauration et problèmes inverses.

- **Tomographie :**

- Reconstruction d'image 3D

- **Traitement d'image multidimensionnelle :**

- machine learning et deep learning pour la classification

- **Optique géométrique**

- notions de base de l'optique géométrique, application aux microscopes

- **Principes physique de l'organisation d'une cellule vivante**

- les termes définissant le vivant, les interactions mises en jeu, la notion de compartimentation physico-chimique de la cellule, sa dynamique d'organisation spatio-temporelle.

- Comprendre les paramètres décrivant la complexité du vivant grâce aux instruments (microscopie électronique et microscopie photonique)

- **Imaging biological systems :**

This course is structured around two complementary approaches to advanced optical imaging of biological systems. The first part covers advanced microscopy techniques and their physical principles, exploring how different optical contrasts and imaging modalities can reveal biological structures and processes. The second part addresses the fundamental challenge of light propagation in complex biological media and develops physical models and computational approaches for deep-tissue optical imaging and laser light tissue interaction for optical diagnosis/therapy.

I - Advanced Microscopy (Pascal Berto)

This course introduces advanced biological microscopy concepts, starting with intrinsic optical contrasts such as absorption, scattering and phase signals. It then explores fluorescence-based imaging, from confocal setups to super-resolution techniques, and highlights vibrational microscopy for label-free chemical mapping. Finally, several methods for deep-tissue imaging are introduced, including light-sheet and multiphoton microscopy as well as adaptive optics and optical clearing.

II - Diffusion (Julien Fade):

In this course, we will explore some physical modeling approaches in order to describe and predict propagation of light in complex media. We will show how the optical scattering phenomenon, which takes place in biological tissues (but also more generally when light propagates in atmosphere, turbid water, or astronomical objects...) can be statistically modeled and ruled by the Radiative

Transfer Equation of the photon flux in scattering media. The last part of the course will be dedicated to the application of such models to deep tissue "diffuse optical imaging", relying on a numerical image reconstruction process (inverse problem solving), with a number of applications in biomedical optical diagnosis/therapy, and to the basics of laser light-tissue interaction allowing diagnosis and optical therapy.

- **Imagerie biomédicale ultrasonore**

Principe de base de l'échographie, Imagerie ultrasonore quantitative, microstructures tissulaires, principe de l'élastographie, biomarqueurs, imagerie de contraste

- **Les capteurs biophotoniques :**

- Principe de la résonance plasmon de surface et volume – application à l'imagerie microfluidique et à la détection d'agents pathogènes

- **MRI : Magnetic Resonance Imaging**

- Cérimed (visite)

- Les bases de l'IRM: propriétés magnétiques, polarization, resonance, relaxation, reconstruction d'images

- De la théorie aux applications médicales en passant par les équipements

Compétences et connaissances scientifiques et techniques visées dans la discipline

- C1 (innovation scientifique et technique) : la bonne connaissance des fondements de l'imagerie pour le biomédical et pour la biologie, associés à une mise en perspective de l'application et des problématiques pour les médecins et/ou les biologistes, permettra de mettre en évidence le potentiel de ces techniques.

- C2 (maîtrise de la complexité des systèmes) : ce cours permet d'appliquer et de compléter les notions de physique et de traitement des images dans le cas de la matière vivante, qui, par nature, est un système complexe.

Modalité de contrôle des connaissances

Contrôle continu:

- * 45% devoir surveillé sur table

- * 45% compte-rendu de TP

- * 10% travail personnel en autonomie (analyse de documents)

Bibliographie

[1] I.N. Bankman, Handbook of Medical Image Processing and Analysis (2009)

[2] Valery Tuchin, Tissue optics : Light scattering methods and instruments for medical diagnosis, 3e édition (2015)

[3] Marcel Locquin et Maurice Langeron, Handbook of Microscopy, 1re edition (1983)

[4] L. Zuppiroli, M.-N. Bussac, Traité des couleurs, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR), 2001

Equipe pédagogique

- Laetitia ABEL-TIBERINI
- Pascal BERTO
- Salah BOURENNANE
- Julien FADE
- Emilie FRANCESCHINI
- Frédéric LEMARQUIS
- Muriel ROCHE
- Julien SEIN

Objectif de Développement Durable



Accès à la santé



Vie terrestre



Villes et communautés durables

Total des heures		100h
CM	Cours Magistral	70h
TD	Travaux Dirigés	12h
TP	Travaux Pratiques	10h
PJ		8h

Infos pratiques

Nom responsable UE

Responsable pédagogique

Laetitia Abel-Tiberini

✉ laetitia.abel-tiberini@centrale-med.fr