

## Catalogue des cours sélectionnés

- 1 : 0101 Electronique pour le traitement de l'information 1A
- 2 : 0102 Mathématiques et Signal
- 3 : 0103 Optique Physique
- 4 : 0104 Optique Instrumentale
- 5 : 0105 TP Optique 1A
- 6 : 0106 Enseignement Expérimental d'Electronique et d'Informatique pour le Traitement de l'Information
- 7 : 0107 Economie et entreprise
- 8 : 0109 Langage C 1A
- 9 : 0110 Ateliers Métiers
- 10 : 0111 Introduction à la mécanique quantique
- 11 : 0112 Physique atomique
- 12 : 0113 Physique des Semiconducteurs
- 13 : 0114 Polarisation
- 14 : 0115 Electromagnétisme
- 15 : 0118 Traitement du signal
- 16 : 0122 Initiation au Calcul Scientifique (avec Matlab)
- 17 : 0123 Projet Ouverture
- 18 : 0124 Formation par apprentissage (1A)
- 19 : 0127 Lasers
- 20 : 0202 Optique de Fourier (Palaiseau)
- 21 : 0203 B Travaux Pratiques d'Optique 2A -Bordeaux
- 22 : 0203 P Photonique expérimentale 2A -Palaiseau
- 23 : 0203 SE Travaux Pratiques d'Optique 2A -Saint-Etienne
- 24 : 0204 Nonlinear Optics - Optique Nonlinéaire
- 25 : 0206 Conception de Systèmes Optiques (2A - Palaiseau)
- 26 : 0207 ProTIS : Procédés de Traitement de l'Information et du Signal
- 27 : 0209 Radiométrie et système de détection
- 28 : 0210 Comptabilité et contrôle de Gestion
- 29 : 0210 B Gestion - Bordeaux
- 30 : 0211 Initiation à LabView
- 31 : 0211 B Projet C++
- 32 : 0212 Informatique
- 33 : 0212 B Management projet et droit logiciel
- 34 : 0213 Initiation à Solid Works
- 35 : 0214 Optique des Ondes Guidées
- 36 : 0215 Electro-Acousto Optique
- 37 : 0216 Electronique rapide
- 38 : 0218 Optique et Biologie
- 39 : 0219 Interaction Matière Rayonnement
- 40 : 0220 Sources à semiconducteur

- 41 : [0221 Enseignement experimental ProTIS](#)
- 42 : [0221 B Opportunités d'affaires](#)
- 43 : [0222 Test of Optical Knowledge 2A](#)
- 44 : [0223 B TP Projets Bordeaux](#)
- 45 : [0223 P PIMS Projet d'Ingénierie Multi-Sites](#)
- 46 : [0223 SE TP Projet Saint-Etienne](#)
- 47 : [0225 Electrodynamics](#)
- 48 : [0226 Semiconductors and Applications](#)
- 49 : [0228 Ray optics](#)
- 50 : [0229 Wave Optics](#)
- 51 : [0230 Physique Statistique](#)
- 52 : [0231 Formation par apprentissage \(2A\)](#)
- 53 : [0232 B Liste des cours 2AB](#)
- 54 : [0232 P Liste des cours 2AP](#)
- 55 : [0232 SE Liste des cours 2AS](#)
- 56 : [0234 Automatique](#)
- 57 : [0235 Calcul scientifique](#)
- 58 : [0249 Optique de Fourier \(St Etienne\)](#)
- 59 : [0250 Optique physique](#)
- 60 : [0251 Transferts thermiques](#)
- 61 : [0252 Théorie de l'information appliquée](#)
- 62 : [0253 Radiometry of optical systems](#)
- 63 : [0254 Optical design \(Saint-Etienne\)](#)
- 64 : [0255 Projets dirigés méthodes numériques de l'ingénieur - Bordeaux](#)
- 65 : [0256 Colorimetry](#)
- 66 : [0257 Image processing and analysis](#)
- 67 : [0258 Morphologie mathématique](#)
- 68 : [0259 Programmation et langages informatiques \(C++\)](#)
- 69 : [0261 Optique non-linéaire et guidée](#)
- 70 : [0266 Semaines spécifiques à St-Etienne](#)
- 71 : [0268 Physique des détecteurs](#)
- 72 : [0269 Radiometry of surfaces and media](#)
- 73 : [0270 Introduction to radiometry](#)
- 74 : [0271 CAO éclairage](#)
- 75 : [0272 Radiométrie des systèmes optiques](#)
- 76 : [0274 Modélisation et caractérisation d'aspect](#)
- 77 : [0276 Aberrations et conception optique](#)
- 78 : [0277 Stage de formation CODE V](#)
- 79 : [0278 Algorithmique et programmation objet](#)
- 80 : [0279 Méthodes numériques & MatLab](#)
- 81 : [0281 Optique Non Linéaire](#)
- 82 : [0282 Electromagnétisme des ondes guidées](#)
- 83 : [0283 Optique des solides](#)
- 84 : [0284 Physique des détecteurs](#)
- 85 : [0285 Conception optique 2](#)
- 86 : [0286 Instrumentation Biophotonique](#)
- 87 : [0287 Stage de formation Light Tools](#)
- 88 : [0288 Introduction to image processing & computer vision](#)
- 89 : [0289 Programmation 3D haute performance](#)
- 90 : [0290 Travaux dirigés d'images numériques](#)

- 91 : [0291 Rayons X et applications](#)
- 92 : [0292 Mécanique quantique](#)
- 93 : [0294 Traitement d'Images](#)
- 94 : [0301 B Travaux Pratiques d'Optique 3A -Bordeaux](#)
- 95 : [0301 P Photonique expérimentale 3A-Palaiseau](#)
- 96 : [0301 SE Travaux Pratiques d'Optique 3A -Saint-Etienne](#)
- 97 : [0302 Radar](#)
- 98 : [0303 Visualisation](#)
- 99 : [0304 Fonction et Intégration Photonique](#)
- 100 : [0305 Physique des détecteurs](#)
- 101 : [0305-B Détecteurs d'images](#)
- 102 : [0306 Conception Avancée des Systèmes Optiques \(avec CodeV\)](#)
- 103 : [0307 Conduite de Projet](#)
- 104 : [0309 Optique des matériaux nanostructurés](#)
- 105 : [0310 Analyse et Traitement des Images](#)
- 106 : [0311 Diffusion de la lumière](#)
- 107 : [0312 Couches minces optiques](#)
- 108 : [0313 Industrialisation et Production](#)
- 109 : [0314 Brevets](#)
- 110 : [0315 Fibres optiques avancées \(capteurs et fibres microstructurées\)](#)
- 111 : [0316 Télécommunications Optiques](#)
- 112 : [0317 Biophotonics](#)
- 113 : [0318 Surfaces Optiques, optomécanique](#)
- 114 : [0319 Fundamentals of estimation and detection in signals and images](#)
- 115 : [0320 Imagerie à travers la Turbulence](#)
- 116 : [0321 Physique des Lasers](#)
- 117 : [0322 Optique dans les Milieux Solides](#)
- 118 : [0323 Nonlinear Electromagnetism](#)
- 119 : [0324 Statistical Optics \(Optique statistique\)](#)
- 120 : [0325 Advanced Photonics \(A\)](#)
- 121 : [0326 Optique de l'Extrême](#)
- 122 : [0327 Optique Quantique](#)
- 123 : [0328 Nanophotonics-Nanophotonique : Photonic crystals and metamaterials](#)
- 124 : [0329 Modalités d'imagerie](#)
- 125 : [0330 Optique des Milieux Complexes](#)
- 126 : [0331 Formation par apprentissage \(3A\)](#)
- 127 : [0332 Interaction Lasers Atomes](#)
- 128 : [0333 P Liste des cours 3AP](#)
- 129 : [0334 Innovation et Propriété Industrielle](#)
- 130 : [0335 Simulation Radiométrique Avancée](#)
- 131 : [0336 Ingénierie Photométrique](#)
- 132 : [0337 Projets de traitement d'images](#)
- 133 : [0338 Problèmes inverses](#)
- 134 : [0339 Reconnaissance des formes](#)
- 135 : [0340 La vision, de l'oeil au cerveau](#)
- 136 : [0341 Computational imaging](#)
- 137 : [0342 Technologie des écrans et des afficheurs](#)
- 138 : [0343 Systèmes à vision directe](#)
- 139 : [0344 Restitution 3D et Holographie](#)
- 140 : [0345 B Physique des objets biologiques](#)

- 141 : 0346 B Interaction 3D Homme-Machine (Voie A - Simulation, Acquisition, Modélisation)
- 142 : 0347 Géométrie des surfaces (Voie A - Simulation, Acquisition, Modélisation)
- 143 : 0348 Projets dirigés d'images numériques (Voie A - Simulation, Acquisition, Modélisation)
- 144 : 0349 B Programmation 3D
- 145 : 0351 Optique non imageante
- 146 : 0353 Image - Master OIV
- 147 : 0355 Métrologie optique
- 148 : 0356 Optique du futur
- 149 : 0357 Nanophotonique
- 150 : 0358 Gestion de projet
- 151 : 0359 TP projets
- 152 : 0360 Physique des LED
- 153 : 0361 Bureau d'Etude de conception de fermes solaires
- 154 : 0362 Color reproduction
- 155 : 0363 Conception Optique 3A (Saint Etienne)
- 156 : 0365 Bureau d'étude sur la conception d'éclairages
- 157 : 0370 Optique Physique 3
- 158 : 0371 Non conventional imaging: Polarization imaging
- 159 : 0401 Anglais
- 160 : 0402 Seconde langue
- 161 : 0403 French as a foreign language
- 162 : 0501 Stages
- 163 : 0603 Règlements
- 164 : 0606 COFOR
- 165 : 0701 Séminaires 2009/2010
- 166 : 0702 Scolarité 1A
- 167 : 0703 B Scolarité 2A Bordeaux
- 168 : 0703 P Scolarité 2A Palaiseau
- 169 : 0703 SE Scolarité 2A St Etienne
- 170 : 0704 B Scolarité 3A Bordeaux
- 171 : 0704 P Scolarité 3A Palaiseau
- 172 : 0704 SE Scolarité 3A Saint-Etienne
- 173 : 0705 Master in LASER OPTICS MATTER
- 174 : 0706 Master 2 ROSP
- 175 : 0750 Logiciel anti-plagiat
- 176 : 0801 1A Emplois du temps
- 177 : 0802 B 2A-Master 1-Emploi du temps -Bordeaux
- 178 : 0802 P 2A Emplois du temps - Palaiseau
- 179 : 0802 SE 2A-Master 1-Emploi du temps -Saint-Etienne
- 180 : 0803 B 3A - Master 2 - Emplois du temps-Bordeaux
- 181 : 0803 P 3A - Master 2 - Emplois du temps-Palaiseau
- 182 : 0803 SE 3A - Master 2 - Emplois du temps-Saint-Etienne
- 183 : 0900 International
- 184 : 101 FIE
- 185 : 102 FIE - St Etienne
- 186 : 103 FIE - Bordeaux
- 187 : 111 Apprentissage : Découverte de la filière
- 188 : 112 Apprentissage : Offres
- 189 : 113 Formation spécifique
- 190 : 114 Documents de références

## 0101 Electronique pour le traitement de l'information 1A

L'objectif de ce cours est de fournir aux étudiants les notions fondamentales en électronique pour le traitement de l'information : de l'acquisition à l'aide de capteurs jusqu'à la restitution d'un signal mis en forme. Une place importante est accordée aux capteurs optiques (photodiodes, cellules solaire...). Des travaux dirigés associés au cours, ainsi que des séances de travaux pratiques permettent aux étudiants d'assimiler les notions importantes de chaque chapitre.

En parallèle au cours, des séances de remise à niveau sont organisées autour des notions de base d'électronique analogique (calcul de circuit, analyse temporelle et fréquentielle...) et numérique (algèbre de Boole, simplification de fonction logique, codage,...).

### Semestre 1

#### Conception de systèmes électroniques (Julien Villemejjane)

A travers la conception d'un système électronique, en 4 séances, ce cours permet de comprendre et d'assimiler les notions importantes de l'électronique : capteurs, mise en forme, traitement...

Plus d'informations sur : [hebergement.u-psud.fr/villemejjane/](http://hebergement.u-psud.fr/villemejjane/) - Rubrique Electronique.

#### Diodes, Photodiodes, cellules solaires et applications (Henri Benisty)

- Diode : principe, mise en oeuvre de base
- Photodiode, du signal optique au signal électrique (incl. CCD/CMOS)
- LEDs : spectre, mise en oeuvre, éclairage, tendance, enjeux,
- Energie Photovoltaïque

Silicium, rendement, densité de courant

CIS (CuInSe<sub>2</sub>/DCSIG), CdTe

dimensionnement, concentration

protection panne partielle/obscurité partielle

Spectre, cellules tandem

#### Filtrage (Sylvie Lebrun)

- Notion de filtrage : Passe-haut, bas, bande et réjecteur
- Filtres actifs : structures de Rauch, de Sallen-Key et filtres à variables d'états
- Filtres à capacités commutées

### Semestre 2

#### Electronique numérique (Henri Benisty)

#### Modalités d'évaluation

L'évaluation de ce module se fait par l'intermédiaire de 2 examens au premier semestre et 1 examen au second semestre.

Lors de cette évaluation, les étudiants ont le droit à une feuille recto-verso résumant le cours et les TD.

**Responsable** : Julien Villemejjane

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 35

**Dernière mise à jour** : Saturday 03 January 2015

## 0102 Mathématiques et Signal

Ce cours introduit les notions essentielles de mathématiques pour la représentation des signaux en physique. Il fournit les bases mathématiques nécessaires à de nombreux autres cours de l'école (optique physique, électronique, traitement du signal et des images, asservissements, TP d'optique, mécanique quantique...).

Il existe deux grandes classes de modèles de signaux : les signaux déterministes (certains) et les signaux aléatoires. Ce cours est donc structuré en deux grandes parties traitant de chacun de ces thèmes. Dans la partie « signaux déterministes », l'accent est mis sur les notions qui doivent être maîtrisées par tout ingénieur : transformée de Fourier, convolution et corrélation, distributions, échantillonnage... La partie « signaux aléatoires » introduit les outils de base nécessaires à l'ingénieur et au physicien pour représenter et traiter les signaux non déterministes. Elle est consacrée aux notions de probabilités et variables aléatoires. Les fonctions aléatoires et des éléments d'analyse spectrale et bruits feront l'objet de quelques heures dans le cadre du cours de traitement du signal.

Ce cours est accompagné d'un grand nombre de séances de travaux dirigés sur table mais aussi sur ordinateur, car l'assimilation des notions enseignées est grandement facilitée par la réalisation de simulations informatiques simples.

### Partie 1 : Signaux déterministes

Notions sur l'intégration de Lebesgue, espaces de fonctions, bases d'un espace de Hilbert

Transformation de Fourier des fonctions

Convolution et corrélation

Introduction à la théorie des distributions : propriétés de base, transformation de Fourier, convolution

Théorie de l'échantillonnage

La transformée de Fourier discrète, éléments d'analyse spectrale

Introduction à l'analyse temps-fréquence

### Partie 2 : Variables aléatoires

Espace probabilisé, probabilités.

Variable aléatoire, espérance mathématique, densités de probabilité, moyenne, variance, lois classiques.

Fonction d'une variable aléatoire.

Paire de variables aléatoires, indépendance, corrélations, somme de VA, vecteur aléatoire, loi d'addition des variances,

Lois asymptotiques, loi des grands nombres, théorème central limite.

### Niveau requis

Aucun

### Modalités d'évaluation

Examen écrit, Contrôle continu.

**Responsable** : François Goudail, Matthieu Boffety

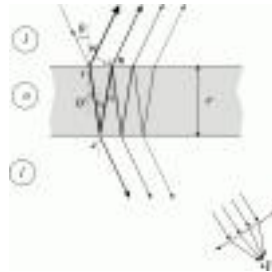
**Période** : Automne

**Nombre d'heures** : 72

**Crédits ECTS** : 7

**Dernière mise à jour** : Saturday 24 September 2011

## 0103 Optique Physique



- Maîtriser les raisons physiques et les conditions d'obtention des interférences à deux ondes et à N Ondes.
- Maîtriser les raisons physiques et les conditions d'obtention de la diffraction de Fresnel et de Fraunhofer
- Comprendre le lien avec les instruments usuels (Michelson, Fabry-Perot, réseaux)

### INTERFÉRENCES

- Interférences à deux ondes
- Conditions d'interférences : introduction à la cohérence spatiale et temporelle.
- Les interféromètres à séparation spatiale.
- Les interféromètres à séparation de luminance : surface de localisation, interféromètre de Michelson, interféromètre de Twyman-Green, Interféromètre de Mach-Zehnder.
- Les principales sources de lumière : propriétés spectrales (en lien avec la spectroscopie à Transformée de Fourier).
- Les interférences à ondes multiples : ondes stationnaires et procédé couleur Lippmann ; interféromètre de Fabry-Pérot, applications à la spectroscopie

### DIFFRACTION

- Principe d'Huygens-Fresnel : formulation et expression analytique.
- Diffraction de Fresnel et de Fraunhofer.
- Formation des images en éclairage cohérent, applications au filtrage des fréquences spatiales, fonction de transfert en éclairage cohérent.
- Étude des réseaux de diffraction.

### Niveau requis

Connaissance des ondes

- ondes progressives
- ondes planes, sphériques
- manipulation de grandeurs complexes, de la puissance (module carré) associée
- Géométrie dans le plan et notions dans l'espace

### Modalités d'évaluation

Un Examen écrit après la Toussaint (2h) : interférences à deux ondes

Un deuxième examen en début janvier (Ondes multiples, Diffraction), écrit 3h.

**Responsable** : Henri Benisty

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 51

**Crédits ECTS** : 5

**Dernière mise à jour** : Tuesday 15 September 2009

## 0104 Optique Instrumentale



Les documents du cours sont maintenant disponibles sur,

<http://lense.institutoptique.fr/optique-instrumentale-s5/>

---

**Responsable** : Sébastien De Rossi

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 62

**Crédits ECTS** : 7

**Dernière mise à jour** : Sunday 24 September 2017



## 0105 TP Optique 1A

La fiche descriptive de cet enseignement a été déplacée :

[synapses.institutoptique.fr](http://synapses.institutoptique.fr)

TP

### Modalités d'évaluation

Compte-rendus, examen

**Responsable** : Lionel Jacobowicz, Thierry Avignon, Fabienne Bernard, Sylvie Lebrun, Nathalie Westbrook, Arnaud Dubois

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 54

**Crédits ECTS** : 4,5

**Dernière mise à jour** : Thursday 10 September 2015

## Enseignement Expérimental d'Electronique et d'Informatique pour le Traitement de l'

La fiche descriptive de cet enseignement a été déplacée :

[synapses.institutoptique.fr](http://synapses.institutoptique.fr)

**Responsable** : Fabienne Bernard, Thierry Avignon, Julien Villemejeane, Julien Moreau, Henri Benisty

**Période** : Automne & Printemps

**Nombre d'heures** : 75

**Crédits ECTS** : 6,6

**Dernière mise à jour** : Thursday 10 September 2015

## 0107 Economie et entreprise

Donner une grille de lecture du monde économique actuel.

Donner des notions de base sur l'entreprise.

Le cours est divisé en deux parties. La première partie aborde les concepts fondamentaux et les pré-supposés sous-jacents au monde économique actuel.

La deuxième partie traite des grands concepts relatifs à l'entreprise.  
Ce cours est évalué par un examen écrit.

Concepts fondamentaux de l'économie (12H)  
(O. FORTIN)

Fondements de la démarche économique, Concepts sous-jacents  
Notions de marchés  
Les comportements du consommateur  
Les remises en cause actuelles

Introduction à l'entreprise (6H)  
(G. Le BOUDEC)

Définition de l'entreprise  
Définition, objectifs et moyens (financiers, matériels et humains)  
Les différents types d'entreprise (industrielles et commerciales, de négoce, de services...)  
Le fonctionnement de l'entreprise  
La notion de processus  
Les processus de réalisation du produit  
Les processus support  
Les processus de pilotage  
La nécessité d'une structure d'organisation- principe d'établissement de cette structure

**Responsable** : Olivier Fortin

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 20

**Crédits ECTS** : 2

**Dernière mise à jour** : Thursday 26 March 2009

## 0109 Langage C 1A

Vous trouverez sur ce site pédagogique les documents suivants : transparents présentés en cours, énoncés de TD, consignes pour les synthèses, des corrections partielles d'exercice, des espaces pour rendre vos travaux.

**Responsable** : Sylvie Lebrun, Julien Villemejeane, Flavie Gillant

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Friday 16 September 2011

## 0110 Ateliers Métiers

à compléter

**Responsable** : Nathalie Westbrook

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 07 October 2019

## 0111 Introduction à la mécanique quantique

L'objectif de ce cours est l'introduction des principes fondamentaux de la mécanique quantique.

1. Introduction
2. Mécanique ondulatoire
3. Notations de Dirac
4. Grandeurs physiques et mesures
5. Commutation des observables
6. Principes de la Mécanique Quantique
7. Postulat de symétrisation
8. Systèmes à deux niveaux – Particules de spin  $\frac{1}{2}$
9. L'oscillateur harmonique

### Modalités d'évaluation

Examen écrit, 3 heures, document autorisé : une feuille A4 manuscrite recto-verso

**Responsable** : Rosa Tualle Brouri

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 27

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Monday 09 April 2018

## 0112 Physique atomique

Le but du cours est d'aborder l'interaction entre un atome et une onde électromagnétique.

Les étapes nécessaires sont une compréhension au niveau quantique de la structure des atomes (moment cinétique, état lié), des méthodes perturbatives pour le calcul de l'interaction et finalement la nécessité du postulat d'indiscernabilité (existence de bosons et de fermions).

Ce cours est relié aux cours de semi-conducteur, diode laser, laser et interaction matière-rayonnement

entre autres.

1. Particule dans un potentiel harmonique
2. Perturbations indépendantes puis dépendantes du temps
3. Moment cinétique - Addition de moments cinétiques
4. Description quantique de l'atome d'hydrogène - d'atomes pluriélectroniques
5. Interaction atome - rayonnement via l'interaction dipolaire électrique

### **Modalités d'évaluation**

Examen écrit  
durée : 2h

**Responsable** : Vincent Josse, Yvan Sortais

**Période** : Printemps

**Nombre d'heures** : 21

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Monday 08 January 2018

## **0113 Physique des Semiconducteurs**

Ce cours expose les principes essentiels de la physique des semiconducteurs et la théorie des électrons dans les solides cristallins. Le but est de permettre de comprendre le fonctionnement des composants optoélectroniques en s'appuyant sur les diagrammes de bandes énergétiques et les courants de porteurs. Dans ce cours, l'accent est mis sur les détecteurs (photodiode, cellule photovoltaïque, ...), les sources sont décrites dans le cours de M1 "Sources à semiconducteur".

### **STRUCTURE CRISTALLINE DES SEMICONDUCTEURS USUELS**

Propriétés électroniques et cristallines du Si/Ge et des alliages SC

Le réseau réciproque

### **DESCRIPTION DE L'ETAT D'UN ELECTRON DANS UN CRISTAL PARFAIT ISOLE**

Distribution des électrons dans un cristal

Bandes d'énergie

Densités de porteurs mobiles dans un semiconducteur

Hétérojonctions

### **DYNAMIQUE DES PORTEURS**

Courants de porteurs de charges dans les semi-conducteurs

Génération et recombinaison des porteurs mobiles

processus radiatifs et non-radiatifs

### **QUELQUES COMPOSANTS**

Transistors bipolaires, à effet de champ

Cellule photoconductrice

Photodiodes PN, PIN, à avalanche  
Cellules photovoltaïques

**Niveau requis**

Niveau L2;  
Prérequis : Mécanique Quantique,  
notions de Physique Atomique,  
Électronique.

**Modalités d'évaluation**

Examen écrit  
Durée = 3 heures

**Responsable** : Gaëlle Lucas-Leclin, Sylvie Lebrun

**Période** : Printemps

**Nombre d'heures** : 24

**Credits ECTS** : 2

**Dernière mise à jour** : Sunday 12 June 2011

## 0114 Polarisation

La polarisation de la lumière intervient à différents niveaux dans le métier d'ingénieur :

- C'est une propriété fondamentale de la lumière, et donc une notion essentielle en optique théorique
- Le fonctionnement de nombreux systèmes optiques repose sur des phénomènes de polarisation (écrans à cristaux liquides, ellipsomètres, ...).

Une bonne connaissance de ce domaine est donc un élément essentiel de la créativité de l'ingénieur SupOptique

- Même s'il n'utilise pas de manière explicite la polarisation, l'ingénieur opticien a besoin de prendre en compte ses effets dans la grande majorité des applications qu'il a à traiter. Il utilise au quotidien des composants modifiant la polarisation.

L'objectif de ce cours est de présenter les outils essentiels dans l'étude des phénomènes de polarisation.

On insiste en particulier les différentes représentations de l'état de polarisation de la lumière et de son interaction avec la matière. On traite en détail la propagation de la lumière dans les milieux anisotropes, et on donne de nombreuses applications pratiques des phénomènes de polarisation.

1. Lumière purement polarisée :

Représentation : vecteur de Jones, ellipse de polarisation

Interaction avec la matière : matrices de Jones

2. Propagation dans les milieux anisotropes :

Ellipsoïde des indices, surface des indices, surface des vitesses, milieux uniaxes, construction des rayons réfractés

3. Composants et instruments utilisés en optique anisotrope

Composants passifs: polariseurs, lames retard

Composants actifs: électrooptiques, cristaux liquides, photoélastiques

Pouvoir rotatoire et Effet Faraday

#### 4. Interférences en lumière polarisée

Conditions d'observation, teintes de Newton, franges du Wollaston, compensateurs, cohérence de polarisation, calcul du déphasage en incidence oblique, applications

#### 5. Lumière partiellement polarisée

Représentation : matrice de cohérence, vecteur de Stokes, notion de dépolarisation, Sphère de Poincaré  
Interaction avec la matière : matrice de Mueller

### Niveau requis

Equations de Maxwell, propagation des ondes planes dans les milieux isotropes

### Modalités d'évaluation

Examen écrit de 3h avec feuille A4 de notes.

**Responsable** : Matthieu Boffety, Nathalie Westbrook

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 29

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Monday 27 March 2017

## 0115 Electromagnétisme

Le cours porte sur l'étude des ondes électromagnétiques et principalement les ondes optiques.

Nous repartons des équations de Maxwell pour démontrer pas à pas les mécanismes fondamentaux de l'optique : origine de l'émission de rayonnement par une source, démonstration et compréhension des équations de Maxwell dans la matière, modélisation de la matière pour les ondes électromagnétiques et origine physique de l'indice optique, étude de la propagation dans divers types de milieux.

Ce cours sert également de trame de base pour introduire des notions approfondies dans d'autres cours de l'école : optique non linéaire, optique guidée, diffusion de la lumière, radiométrie, physique atomique, ...

Le cours se déroule dans la première partie du second semestre, il comprend 9 cours et 9 travaux dirigés.

Dans l'ordre, les cours sont :

1-2. Équations de Maxwell. Introduction sur le rayonnement d'une source électromagnétique - potentiels retardés

3. Directivité d'une antenne - rayonnement du dipole

4. Diffusion dans les milieux dilués - notion de facteur de structure pour une diffusion par un ensemble de diffuseurs

5. Equations de Maxwell dans la matière

6. Relations constitutives
7. Propagation des ondes dans un milieu linéaire, dispersif, absorbant
8. Réflexion - réfraction à une interface entre deux milieux diélectriques ou métalliques
9. Limite courte longueur d'onde : de l'électromagnétisme à l'optique géométrique

## Modalités d'évaluation

L'examen aura lieu le 12 mars 2020. Les calculatrices ne sont pas autorisées. L'examen dure 2 heures : tous les documents sont autorisés : photocopié, TD, notes personnelles.

**Responsable** : François Marquier, Christophe Sauvan

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 27

**Crédits ECTS** : 30% de l'U.E. "Physique" (5 ECTS)

**Dernière mise à jour** : Wednesday 20 May 2020

## 0118 Traitement du signal

Le signal provenant de tout système de mesures physiques doit subir un traitement afin d'en extraire l'information utile. De plus, pour assurer une précision suffisante, beaucoup de ces systèmes sont stabilisés de manière automatique. Tout scientifique, qu'il soit ingénieur ou chercheur, doit donc maîtriser les notions fondamentales de traitement du signal et d'automatique.

Traitement du signal – Ce cours introduit les méthodes permettant d'extraire l'information d'un signal de manière optimale. Il présente les méthodes de bases en estimation, détection et restauration de signal. Ces concepts sont ensuite appliqués au domaine de la modulation des signaux analogiques et numériques. Ce cours est accompagné de travaux dirigés et de deux séances de travaux pratiques sur ordinateur.

### TRAITEMENT DU SIGNAL

#### 1. Rappels sur les signaux déterministes et aléatoires

Signaux d'énergie et de puissance finie, fonctions aléatoires, exemple d'application : la détection synchrone

#### 2. Filtrage adapté et estimation de paramètres

Optimalité du filtre adapté, biais et variance d'un estimateur, application à l'estimation de retard, compression d'impulsion

#### 3. Filtrage adapté et détection

Critères d'optimalité d'un détecteur, détection en présence de bruit additif gaussien.

#### 4. Restauration d'un signal : le filtre de Wiener

Optimalité du filtre de Wiener, application à la déconvolution.

#### 5. Modulation analogique

Modulation d'amplitude, modulations angulaires.

#### 6. Modulation numérique

Conversion analogique-numérique, transmission en bande de base, transmission sur porteuse (ASK, PSK, QAM) .

**Responsable** : François Goudail

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 08 February 2011

## 0122 Initiation au Calcul Scientifique (avec Matlab)

[6N-076-SCI] Cet enseignement a pour objectif d'initier les élèves à l'utilisation de l'outil logiciel Matlab®, très utilisé dans le monde scientifique et industriel, pour la résolution de problèmes de calcul numérique et de visualisation élémentaires d'intérêt pour l'ingénieur ou le scientifique. La mise en œuvre pratique conduit également à aborder la syntaxe de programmation Matlab.

Pour une bonne assimilation des concepts, cet enseignement s'appuie exclusivement sur des «cours-TD» en salle d'informatique, avec une large participation pratique des élèves sur ordinateur.

Le contenu détaillé est le suivant:

Initiation à l'utilisation du logiciel Matlab [~5h] :

Les objets Matlab de base: scalaires, vecteurs, matrices. Les expressions de type tableau.

Graphiques 2D

Éléments de programmation (Syntaxe Matlab des fonctions et des structures de contrôle, ...)

Éléments de calcul numérique [~9h] :

Résolution des systèmes linéaires au sens des moindres carrés. Applications (régressions linéaires et affines, régressions polynomiales, ...)

TFD et FFT en 1D

...

Ce cours d'initiation sera prolongé en 2ème année sur les trois sites. Cf. cours 0235 – Calcul Scientifique pour Palaiseau ou cours 0279– Méthodes numériques & MatLab pour Bordeaux.

### Niveau requis

Notions de mathématiques du 1er cycle universitaire.

Notions de programmation (fonctions, structures de contrôle, ...) dans un langage informatique quelconque (comme, par exemple, les langages Python ou C).

### Modalités d'évaluation

Examen individuel final

**Responsable** : Hervé Sauer, Hervé Sauer, Matthieu Boffety, Benjamin Vest

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 14

**Crédits ECTS** : 2

**Dernière mise à jour** : Thursday 09 April 2020



## 0123 Projet Ouverture

Ces projets s'appuient sur différents parcours :

- actions de parrainages scientifiques dans des écoles primaires (ASTEP)
- actions de tutorat avec l'association Zup de co
- actions de tutorat à l'Institut Villebon - George Charpak
- projet L@B : immersion dans un labo pendant son temps libre
- ...

### Modalités d'évaluation

L'évaluation finale peut tenir compte de plusieurs facteurs : participation, engagement, aboutissement, rapport, soutenance...

**Responsable** : David Clément, Gaëlle Lucas-Leclin

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 30

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Sunday 09 September 2012

## 0124 Formation par apprentissage (1A)

A remplir

**Responsable** : Vincent Josse

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 05 May 2011

## 0127 Lasers

L'objet de ce cours est de donner les grands principes de fonctionnement des lasers. Il est basé sur les équations de débit gérant les populations des niveaux dans un milieu laser. Les oscillateurs et les amplificateurs laser sont abordés en régime de fonctionnement continu et en régime impulsionnel. Les faisceaux gaussiens et la stabilité des cavités sont traités grâce à l'utilisation des matrices de transfert paraxiales. Les propriétés générales du rayonnement laser sont exposées ainsi que leurs conséquences concernant la sécurité laser. Le cours donne des points de repère concernant les différents types de lasers et les applications des sources laser.

## I - ATOMES ET PHOTONS

- 1) Processus mis en jeu
- 2) Exemple de forme de raies
- 3) Section efficace d'une onde laser
- 4) Équation des populations

## II - AMPLIFICATION OPTIQUE

- 1) Intensité
- 2) Influence de la nature de l'élargissement spectral
- 3) Modification de l'indice de l'amplificateur

## III - L'OSCILLATEUR LASER

- 1) Conditions d'oscillation
- 2) Intensité en sortie d'oscillateur
- 3) Cas des cavités linéaires
- 4) Spectre de l'oscillateur laser

## IV - LASERS IMPULSIONNELS

- 1) Oscillateurs impulsionnels
- 2) Amplificateurs impulsionnels

## V - OPTIQUE DES LASERS

- 1) Approche intuitive : intérêt de l'onde sphéro-gaussienne
- 2) Étude détaillée de l'onde sphéro-gaussienne
- 3) Comment faire des cavités stables ?
- 4) Modes d'ordres supérieurs

## VI - LES DIFFERENTS TYPES DE LASERS

## VI - SECURITE LASER

## VIII - APPLICATIONS DES LASERS.

### Modalités d'évaluation

Examen écrit de 3h.

L'examen comprend en général des questions de cours et plusieurs exercices abordant les différents points importants du cours. Tous les documents sont autorisés.

**Responsable** : Francois Balembois, Yvan Sortais

**Période** : Automne

**Nombre d'heures** : 33

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Monday 19 October 2009

## 0202 Optique de Fourier (Palaiseau)

Le contenu de ce cours a été transféré sur eCampus

...

### Niveau requis

...

### Modalités d'évaluation

...

**Responsable** : Arnaud Dubois, Hervé Sauer

**Période** : Automne

**Nombre d'heures** : 30

**Crédits ECTS** : 2

**Dernière mise à jour** : Thursday 21 November 2019

## 0203\_B Travaux Pratiques d'Optique 2A -Bordeaux

A l'issue du bloc de travaux pratiques « Photométrie », les élèves seront en particulier capables de :

- concevoir un dispositif de mesure de grandeurs photométriques visuelles (luminance, flux)
- concevoir un dispositif de mesure des caractéristiques photométriques d'un objectif (Transmission, lumière parasite, vignettage,...).
- relier l'efficacité lumineuse ( $lm/W$ ) d'une source avec son spectre d'émission
- réaliser un bilan photométrique sur un système optique complet
- évaluer et prendre en compte toutes les incertitudes d'un dispositif de mesure photométrique

A l'issue du bloc de travaux pratiques « Polarisation », les élèves seront en particulier capables de :

- maîtriser l'utilisation de lames simples (demi-onde, quart d'onde)
- produire et analyser une polarisation donnée
- mesurer une biréfringence linéaire et circulaire
- comprendre les principes de base de l'ellipsométrie

A l'issue des Travaux Pratiques du bloc « Aberrations », les élèves seront capables de mesurer les performances d'un système optique d'imagerie par

- une méthode du point lumineux (analyse de la tache image)
- une mesure de défaut de front d'onde ( ou analyseur de front d'onde HASO).

A l'issue des Travaux Pratiques du bloc « Lasers », les élèves seront capables de :

- régler une cavité laser
- mesurer des puissances et des rendements de laser
- identifier des modes longitudinaux et transversaux
- analyser un spectre optique avec un OSA et Fabry-Perrot confocal
- utiliser un amplificateur à fibre

A l'issue des Travaux Pratiques du bloc « Bruits et détecteurs », les élèves seront capables de :

- mesurer les performances de différents détecteurs
- faire la différence entre un offset gênant et un bruit dans un système de détection,
- vérifier qu'un détecteur est limité par le bruit de photons
- mesurer correctement les bruits dans un système de détection optique.

Travaux expérimentaux en optique 2eme année

### **Modalités d'évaluation**

L'évaluation des Travaux Pratiques repose en général sur 3 points :

- l'habilité, l'autonomie et l'esprit d'initiative des étudiants pendant la séance
- une brève explication orale du dispositif étudié
- la rédaction d'un compte rendu

**Responsable** : Jean Augereau, Jean Augereau

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Wednesday 09 October 2013

## **0203\_P Photonique expérimentale 2A -Palaiseau**

Les fiches descriptives de ces enseignements ont été déplacées :

[synapses.institutoptique.fr](http://synapses.institutoptique.fr)

### **Modalités d'évaluation**

Contrôle continu, examen

**Responsable** : Thierry Avignon, Fabienne Bernard, Lionel Jacobowicz, Matthieu Boffety

**Période** : Automne & Printemps

**Nombre d'heures** : 90

**Crédits ECTS** : 7,2

**Dernière mise à jour** : Thursday 10 September 2015

## **0203\_SE Travaux Pratiques d'Optique 2A -Saint-Etienne**

La formation pratique à Saint-Etienne est principalement basées sur des projets mais elle intègre également sept TP de 4h en optique:

- photométrie
- polarisation
- propagation de la lumière en milieu diffusant
- microscope polarisant
- laser
- Haso
- Zygo

**Responsable** : Thierry Lépine, Mathieu Hébert, Raphaël Clerc

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Wednesday 09 October 2013

## 0204 Nonlinear Optics - Optique Nonlinéaire

Since the laser has been invented, optics opened a new dimension entering the nonlinear world with already numerous applications to light sources and optical processing of information. This course will introduce the students to this domain and enable them to fully master its innovative aspects.

It describes the physics of the nonlinear interaction between light and matter from a perturbation approach and shows its consequences on the propagation of optical waves. It describes in detail the second and third order non linear effects rich in applications.

### 1. Introduction to non linear optics

### 2. Nonlinear Susceptibilities

- Field notations
- Nonlinear susceptibilities tensor : definition
- Properties of the nonlinear susceptibilities
- Contracted notation for the 2nd order nonlinear susceptibility
- Spatial symmetries

### 3. Nonlinear wave equation

Atomistic bases of Maxwell theory. Linear susceptibility, linear propagation. Non linear response and non linear susceptibility. Non linear propagation equations.

### 3. Second order non linear effects

The Manley-Rowe relations. Second harmonic generation. Frequency mixing, Parametric amplification and oscillation.

### 4. Third order non linear effects

Introduction. 4 wave mixing and phase conjugation. The dynamic Kerr effect (optical bistability, self focusing, self phase modulation and soliton propagation. Spontaneous and stimulated diffusions (Raman, Brillouin, Rayleigh and Rayleigh wing ) . Two photon absorption.

**Responsable** : Nicolas Dubreuil, Sylvie Lebrun

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 21

**Crédits ECTS** : 2

**Dernière mise à jour** : Tuesday 21 November 2017

## 0206 Conception de Systèmes Optiques (2A - Palaiseau)

Le cours expose l'origine des aberrations géométriques des systèmes optiques, et évalue leur importance pour des systèmes simples (lentilles, miroirs, ...). Il donne les outils nécessaires à la caractérisation des aberrations, en s'appuyant en particulier sur les notions d'écart normal, de réponse percussionnelle et de fonction de transfert. Les méthodes générales d'évaluation et de compensation des aberrations sont étudiées. Les principes de l'optimisation de systèmes optiques sont abordées sur un logiciel de conception optique. Enfin, les principales méthodes expérimentales de caractérisation sont décrites.

A l'issue de ce cours, les étudiants sont en mesure d'évaluer la qualité d'un système optique, selon plusieurs critères, et de concevoir et optimiser des systèmes simples.

### PLAN DU COURS

#### Méthodes d'évaluation des aberrations

- Approche géométrique
- Ecart normal et surface d'onde
- Approche ondulatoire :
- Réponse percussionnelle
- Rapport de Strehl et critère de Maréchal

#### Aberrations des systèmes centrés

- Développements limités de l'écart normal : polynômes de Seidel et de Zernike
- Les aberrations du 3ème ordre :
  - Aberration sphérique, Coma,
  - Astigmatisme, Courbure de champ
  - Distorsion

#### Evaluation des aberrations géométriques de systèmes classiques

- Les optiques simples : dioptries, miroirs, lentilles
- Association de systèmes

#### Les outils de la conception de systèmes optiques

- Fonction de transfert de modulation
- Modélisation et optimisation numérique des systèmes optiques
- Défauts des systèmes réels : aberrations d'excentrement & tolérancement
- Méthodes expérimentales de caractérisation des systèmes optiques

## TRAVAUX DIRIGES

TD "papier" : aberrations de systèmes simples, étude de systèmes classiques, analyse de front d'onde, ...  
TD "machine" avec le logiciel de conception optique OSLO : calculs de réponses percussionnelles, évaluation des aberrations, optimisation, tolérancement...

## PROJET

environ 40h consacrées à l'étude et l'optimisation d'un système optique complexe

### Niveau requis

Optique instrumentale;  
Optique de Fourier.

### Modalités d'évaluation

Devoir à la maison (coef 1)  
Mini-projet de conception optique (coef 1)  
Examen écrit final (coef 3) : document autorisé = feuille A4 R/V de notes personnelles

**Responsable** : Gaëlle Lucas-Leclin, Yvan Sortais

**Période** : Automne & Printemps

**Nombre d'heures** : 65

**Crédits ECTS** : 6

**Dernière mise à jour** : Thursday 04 September 2014

## 0207 ProTIS : Procédés de Traitement de l'Information et du Signal

A l'issue du module d'enseignement les élèves seront capables de concevoir et de mettre en œuvre sur une cible temps réel un algorithme linéaire de traitement du signal.

Ils seront capables, de plus, de présenter un travail expérimental sous forme de poster scientifique et d'ordonner leurs connaissances sous forme de « MindMap ».

Cours/TDs (12h)

- 1) Rappel de notions indispensables sur les bruits.
- 2) Quelques applications du filtrage numérique en signal et en image : problèmes de détection et d'estimation sous hypothèse de bruit gaussien.
- 3) Prise en compte des contraintes de mise en œuvre pour le signal (pas pour l'image)
- 4) Comparaison critique des performances de différents filtres et arguments de choix.

Travaux Pratiques (18h)

TP1 - Piloter la couleur de LEDs

TP2 - Afficher l'évolution d'un signal en temps réel  
TP3 - Supprimer un signal parasite  
TP4 - Filtrer des signaux sonores

Projet (18h) - Exemples de sujets :  
Régulation en température d'une LED de puissance.  
Détermination du point de rosée par procédé optique  
Tracker de spot lumineux  
Spectromètre à barrette 64 pixels  
Asservissement numérique de la position d'un spot laser  
Traitement du son. Annulation d'écho.  
Régulation de couleur d'un éclairage à LED  
Traitement de la voix.

### **Modalités d'évaluation**

Examen, Compte-rendus, Projet.

**Responsable** : Fabienne Bernard, Julien Villemejeane, Henri Benisty, Thierry Avignon

**Période** : Automne & Printemps

**Nombre d'heures** : 46

**Crédits ECTS** : 3,1

**Dernière mise à jour** : Friday 21 June 2013

## **0209 Radiométrie et système de détection**

Les objectifs de ce cours sont doubles :

1) Donner les notions de base en radiométrie géométrique et en colorimétrie qui sont indispensables à la conception de systèmes de détection optique (capteurs de flux ou d'imagerie). Ce cours doit permettre aux futurs ingénieurs ou scientifiques de spécifier et caractériser les éléments optiques ou optoélectroniques de tels systèmes : sources, milieux de propagation et surfaces, composants optiques, et détecteurs. Dans ce but, le modèle théorique de rayonnement du corps noir et la description des phénomènes d'absorption et de diffusion des milieux de propagations sont aussi abordées.

2) Connaître et savoir évaluer les caractéristiques de base des capteurs optroniques. Comprendre et répondre à un cahier des charges en utilisant une approche système généralement suivie par un responsable de projet, par exemple en Recherche et Développement. Optimiser la conception de capteurs en calculant leur rapport signal à bruit, paramètre fondamental des systèmes de détection optique. Le cas particulier des caméras numérique pour l'imagerie est traité, aussi bien du point de vue technologique que sur leurs performances et limitations.

Radiométrie optique :

1. Introduction générale.
2. Grandeurs et relations fondamentales de radiométrie géométrique. Unités et grandeurs visuelles.



3. Propriétés radiométriques des systèmes optiques.
4. Notions de spectro-radiométrie.
5. Introduction à la colorimétrie.
6. Modèle du corps noir et rayonnement par incandescence.
7. Propriétés radiométriques des surfaces et des milieux.

Systemes de détection :

1. Grandes familles de capteurs optiques (thermiques et quantiques).
2. Caractéristiques de base (sensibilité spectrale, flux équivalent au bruit, détectivité spécifique).
3. Calcul du signal utile au capteur et du bruit.
4. Calcul du rapport signal à bruit et son optimisation.
5. Caméras numériques: architecture, mode d'opération et sensibilité;
6. Bruit et RSB dans les caméras numériques

### Niveau requis

Optique géométrique

### Modalités d'évaluation

Deux examens écrits (2h)

**Responsable** : Julien Moreau, Hervé Sauer

**Période** : Automne & Printemps

**Nombre d'heures** : 54

**Crédits ECTS** : 5

**Dernière mise à jour** : Wednesday 04 December 2019

## 0210 Comptabilité et contrôle de Gestion

Donner aux élèves les notions et le vocabulaire de base nécessaires pour appréhender les problèmes de flux financiers internes et externes à l'entreprise et auxquels ils seront confrontés dans l'exercice de leur métier ;

Ces notions doivent leur permettre d'une part de pouvoir comprendre la structure des principaux documents comptables (bilan, compte d'exploitation et soldes intermédiaires de gestion), mais également de se familiariser aux notions de coûts (de production, de revient et de vente) et de budget (d'un service, d'un projet) et de comprendre les mécanismes d'établissement de ces coûts

Introduction

- la fonction financière et les différentes sources de financement accessibles à l'entreprise

1ère partie : La comptabilité générale.

- définition, exigences et postulats.

- notion des enregistrements comptables.

- les outils de suivi économique en comptabilité générale :

- Le bilan.

- les postes du bilan.

- la notion d'amortissement des immobilisations.
- l'affectation du résultat.
- quelques principes d'analyse économique et financière du bilan (les grands équilibres, notions de fond de roulement, de besoin en fonds de roulement et de trésorerie).
- Le compte d'exploitation.
- les postes de charges et de produits.
- Les soldes intermédiaires de gestion.
- description du contenu de 8 indicateurs courants.

#### 2ème partie : le Contrôle de gestion

- Définition et objectifs du contrôle de gestion ;
- Les principes de la comptabilité analytique ;
- la notion de coût et les différents types de coûts.
- la différence des objectifs recherchés par la comptabilité générale et la comptabilité analytique.
- La méthode des coûts complets ou des « sections homogènes ».
- notions sur les charges directes et indirectes.
- les centres d'analyse.
- les unités d'oeuvre.
- les méthodes de valorisation des stocks et en cours.
- les inconvénients de la méthode.
- L'établissement des budgets de centre d'analyse.
- notions de taux horaires et de coefficient d'approvisionnement.
- L'établissement des budgets de développement et de production de produits ou de projets.
- Quelques notions sur les méthodes basées sur l'analyse de la variabilité des coûts.
- intérêts de ces méthodes.
- principes du « Direct Costing », notions du seuil de rentabilité.

**Responsable** : Olivier Fortin

**Période** : Automne & Printemps

**Nombre d'heures** : 18

**Crédits ECTS** : 2

**Dernière mise à jour** : Thursday 03 September 2009

## 0210\_B Gestion - Bordeaux

Cours de gestion des entreprises

**Responsable** : Olivier Fortin

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 22 October 2013

## 0211 Initiation à LabView

Ce cours a pour principal objectif l'enseignement des bases de la programmation graphique avec LabVIEW, qui est un environnement de développement graphique permettant de créer rapidement, à moindres coûts, des applications modulaires et évolutives pour le test, la mesure et le contrôle. Vous serez donc capable d'acquérir et générer des signaux du monde physique, analyser les données acquises pour en extraire les informations pertinentes, et partager les résultats obtenus, ainsi que les applications elles-mêmes.

Le cours se décompose principalement en deux parties :

### 1. Cours (9 heures)

Dans cette partie, les différents concepts clés liés à la programmation graphique sont introduits et directement illustrés au moyen d'exemples applicatifs précis :

- Création des applications d'acquisition de données, d'analyse et d'affichage ;
  - Création des interfaces utilisateur avec des commandes, des graphes, des menus déroulants ;
  - Utilisation des structures de programmation spécifiques (boucle while, for, séquentielle, événementielle...)
- et les différents types de données existant ;
- Enregistrement vos données dans des fichiers ;
  - Création des applications qui utilisent des cartes d'acquisition de données (DAQ) ;
  - Utilisation des VIs Express pour démarrer rapidement votre application ;
  - ...

À l'issue de cette partie, vous êtes opérationnel sur la programmation graphique et pouvez commencer à développer vos propres projets.

### 2. Projet (4,5 heures)

Ce projet vous permet de développer une application complète et d'envergure à partir d'un cahier des charges donné par l'instructeur. Il est réalisé en équipe-projet et exploite la programmation modulaire. D'un point de vue technique, l'objectif est d'interfacer des capteurs et instruments de mesure (par exemple, ceux d'un banc de caractérisation de LED).

Au final, vous avez développé votre premier projet d'interfaçage en équipe.

**Responsable** : Frédéric Capmas

**Période** : Automne & Printemps

**Nombre d'heures** : 14

**Crédits ECTS** : 1

**Dernière mise à jour** : Thursday 03 September 2009

## 0211\_B Projet C++

Le but de ces projet est l'apprentissage des notions d'algorithmique et de programmation objet autour d'un projet se déroulant sur l'ensemble du semestre.

Le but de ces projet est l'apprentissage des notions d'algorithmique et de programmation objet autour d'un projet se déroulant sur l'ensemble du semestre.

**Période :** Automne

**Dernière mise à jour :** Thursday 06 November 2014

## 0212 Informatique

Ce cours a pour objectif d'acquérir les bases d'un langage de programmation structuré, très utilisé dans l'industrie et dans la recherche, le langage C.

Les connaissances sont évaluées par des comptes-rendus hebdomadaires, un travail à faire à la maison et un mini-projet. Un TP sur la programmation d'une carte d'acquisition permet de montrer les possibilités d'interfaçage matériel.

- Séance 1

Tour initiatique et prise en main du logiciel Visual C++

- Séance 2

Fonctions et modularité

- Séance 3

Pointeurs

- Séance 4

Lecture/écriture dans des fichiers

- Séance 5

Chaînes de caractères

- Séance 6

Structures et listes simplement chaînées

- Séance 7 à 9

Mini projet

- Séances 10

Interfaçage C/Carte d'acquisition pour l'acquisition de signaux analogiques.

### Modalités d'évaluation

La note d'informatique est constituée de :

- une note de compte-rendus (2 compte-rendus)
- une note de devoir à la maison
- une note de projet

**Responsable :** Jean Marie Feybesse, Sylvie Lebrun

**Période :** Automne

**Nombre d'heures :** 40

**Crédits ECTS :** 4

**Dernière mise à jour :** Wednesday 01 December 2010

## 0212\_B Management projet et droit logiciel

Le but de ce cours est d'aborder la gestion de projet sous l'angle du logiciel. Les méthodes, les outils, et la notion de protection de la propriété intellectuelle vue sous un angle spécifique peuvent être transposés à tous projets collaboratifs.

La gestion de projet :

- Génie logiciel et méthodologie pour la gestion de projet

- Le contrôle de version

La propriété intellectuelle

- Comment protéger sa création

- Comment la diffuser

Valorisation économique

- Le cas des licences logicielles libres

**Responsable** : Xavier Granier

**Période** : Automne

**Dernière mise à jour** : Thursday 13 August 2015

## 0213 Initiation à Solid Works

Prise en main du logiciel de conception mécanique assistée par ordinateur SolidWorks :

- conception de pièce en 3D

- réalisation d'assemblages de pièces

- réalisation de plan de fabrication mécanique

- Savoir lire et réaliser des plans de fabrication mécanique

- Acquérir quelques notions importantes pour la conception mécanique en générale (matériaux, ajustements, complexité de fabrication, ...) et pour la conception de systèmes optomécaniques en particulier (degrés de liberté, support de composants optiques, alignement mécanique, ...)

1. Introduction général sur la conception mécanique

2. Visite de l'atelier de mécanique de l'IOTA

3. Prise en main du logiciel SolidWorks

3.1. Présentation du logiciel et des fonctionnalités

arbre de création, mode pièce, assemblage et mise en plan

3.2. Dessiner une pièce en 3D

esquisse, fonctions 3D, relations

3.3. Faire un assemblage de pièces

contraintes d'assemblage, toolbox

3.4. Faire un plan de détail d'une pièce pour fabrication mécanique

3.5. Fichier d'échange : Edrawing

3.6. Fonctions avancées

familles de pièces, éditions de pièces dans un assemblage, relations externes

#### 4. Notions d'optomécanique

**Responsable** : David Holleville

**Période** : Automne & Printemps

**Nombre d'heures** : 28

**Dernière mise à jour** : Thursday 03 September 2009

## 0214 Optique des Ondes Guidées

Le but du cours est de donner d'abord les concepts de base permettant la compréhension des éléments essentiels de la propagation dans les guides et les fibres optiques. Les propriétés principales des fibres à faible nombre de modes sont détaillées dans l'approximation du guidage faible. Les notions de dispersion et d'atténuation, essentielles dans les systèmes de télécommunication à haut débit sont introduites. On introduit enfin que les notions de couplage entre modes, de façon à décrire ensuite les composants passifs ou actifs tels que coupleurs, multiplexeurs ou interféromètres.

### Optique guidée planaire

Le guide plan diélectrique à saut d'indice à une dimension

Notion de mode transverse, condition de guidage, constante de propagation longitudinale, fréquence de coupure ; Résolution graphique. Résolution des équations de Maxwell. Equation de dispersion. Modes TE, TM, pairs et impairs, notations des modes, amplitude du champ. Confinement du mode, indice effectif. Vitesse de groupe, temps de transit, déplacement de Goos-Hänchen.

### Guide à profil d'indice quadratique

Fibres optiques dans l'approximation du guidage faible

Le champ électromagnétique dans les fibres optiques monomodes. Notion de guidage faible.

Approximation scalaire de l'équation de propagation, description et classification des modes, fréquence de coupure, dégénérescence des modes. Les modes LP, indice effectif, facteur de confinement ; approximation gaussienne du mode LP01 et application aux pertes de couplage entre fibres. Dispersion du mode LP01 (dispersion intramodale), effet de la dispersion chromatique du matériau et des paramètres de la fibre. Pertes et atténuation

### Couplage de modes

Origines du couplage entre modes de propagation. Equations de propagations couplées, constante de couplage, condition d'accord de phase. Couplage entre les modes de deux guides monomodes voisins.

Applications : coupleurs 3dB, multiplexeurs, interféromètres. Couplage entre deux modes d'une même fibre : couplage par un réseau de surface ou d'indice. Couplage co-directionnel ou contra-directionnel.

Application au couplage entre un mode guidé et un mode rayonnant, application aux diodes laser DBR et DFB. Réseaux de Bragg de petit pas : application aux filtres de Bragg.

### Niveau requis

Physique :

Equations de Maxwell dans les milieux diélectriques

Conditions de continuité aux interfaces  
Equation de propagation

Mathématiques :  
calcul vectoriel  
équations différentielles linéaires du second ordre, systèmes de 2 équations différentielles linéaires couplées du premier ordre

**Modalités d'évaluation**

Examen écrit de deux heures

**Responsable** : Sylvie Lebrun, Henri Benisty, Nicolas Dubreuil

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 30

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Tuesday 11 September 2012

## 0215 Electro-Acousto Optique

Le cours et les travaux dirigés associés familiarisent les élèves avec les effets utilisés pour moduler ou défléchir la lumière à partir d'une commande électrique. L'effet électro-optique et l'effet acousto-optique sont utilisés pour illustrer les concepts importants et les méthodes qui permettent de modéliser les composants obtenus. La description tensorielle des propriétés optiques et de leurs variations, les notions d'accord de phase entre deux ondes de même nature (condition de Bragg dans un milieu périodique) ou entre une onde optique et une onde électrique (composants électro-optiques à ondes progressives) sont essentielles. Ces notions sont illustrées par des composants qui constituent parfois des sous-systèmes évolués et qui font partie de la culture de l'ingénieur opticien.

### FORMALISME TENSORIEL

Les propriétés optiques : permittivité et perméabilité diélectrique. Modifications tensorielles des propriétés optiques d'un milieu :

### EFFETS ELECTRO-OPTIQUES ET DISPOSITIFS

Effets électro-optiques linéaire et quadratique. Modulation de la polarisation, de l'amplitude, et de la phase d'une onde optique. Les modulateurs longitudinaux, transverses. Dispositifs massifs et à guides d'ondes. Bande passante. Dispositifs à ondes progressives.

### EFFET ACOUSTO-OPTIQUE

Rappels sur les ondes acoustiques (milieux unidimensionnels). Les différents types d'ondes acoustiques et leur production. L'effet photo-élastique. Modification des propriétés optiques des milieux à 3 dimensions par les ondes acoustiques. Réseau d'indice créé par la propagation d'une onde acoustique dans un matériau

### DIFFRACTION D'UNE ONDE OPTIQUE PAR UN RESEAU D'INDICE

Condition d'accord de phase transverse (réseaux minces) et longitudinale (réseaux épais)

Condition de Bragg dans les milieux isotropes. Théorie des ondes couplées.

Condition de Bragg dans les milieux anisotropes

### DISPOSITIFS ACOUSTO-OPTIQUES

Les modulateurs et défecteurs ; bande passante. Analyseurs de spectres et systèmes dérivés. Filtres accordables acousto-optiques anisotropes.

**Responsable** : Yvan Sortais, Guillaume Berthet , Antoine Ténart

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 18

**Dernière mise à jour** : Tuesday 07 February 2017

## 0216 Electronique rapide

Le cours " hyperfréquences ou électronique rapide " est une introduction à l'électronique de très haute fréquence qui est à la frontière entre l'électronique et l'optique. Ce domaine de fréquence présente des spécificités qui imposent des démarches de conceptions bien différentes des techniques utilisées à plus basse fréquence. Le cours vise l'apprentissage des techniques de bases de synthèse de fonctions hyperfréquences (HF) (amplification, mélange, synthèse de fréquence) qu'un ingénieur en optoélectronique ne peut ignorer. A cela s'ajoute une initiation au bruit et aux traitements du bruit en électronique haute fréquence. En effet, les signaux captés dans les « front end » des systèmes telecom et qui doivent être amplifiés puis mélangés avant d'être traités en fréquence intermédiaire, sont de très faibles niveaux et se retrouvent, par conséquent, très sensibles aux différentes sources de bruit.

Introduction : le domaine des micro-ondes

Initiation/rappels : guide d'onde TEM et équation du télégraphiste, paramètres S, Abaque de Smith, adaptation d'impédances

Amplificateurs bande étroite : stabilité et oscillation, Facteur de Rollet, cercles de stabilité, gain

Oscillateurs : 3 configurations typiques seront envisagées

Bruit : Les sources de bruit, les paramètres de bruit mesurés en HF

Guides micro-usinés : micro-ruban, coplanaire, ligne à fente, triplaque,...les antennes seront évoquées dans cette section

Filtrage (Démarche de conception, réalisation d'un filtre à l'aide de tronçons de guides)

Coupleur : coupleur TEM et non TEM

Les diodes HF : Schottky, Varicap, PIN, Gunn, IMPATT

Le transistor P-HEMT GaAs : Description succincte de l'empilement des couches et modèle HF incluant le bruit

Mélangeur : mélangeur à base de diodes et de transistors

**Responsable** : Frédéric Aniel

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 18

**Dernière mise à jour** : Thursday 03 September 2009



## 0218 Optique et Biologie

Aborder la biologie par le biais des méthodes optiques permettant d'en étudier les mécanismes ou de faire des diagnostics. Le cours s'intéressera principalement à la biologie moléculaire et cellulaire, avec une ouverture vers les applications biomédicales.

A l'issue de ce cours, les étudiants devront être capables d'avoir suffisamment de connaissance de base en biologie et en méthodes optiques associées pour dialoguer avec les spécialistes de ce domaine. Ils pourront ainsi tirer un meilleur parti d'un stage ou d'un approfondissement d'études qui seront nécessaires pour poursuivre dans cette voie. Ils auront les compétences pour réaliser une veille scientifique et technologique dans les domaines d'application de l'optique en biologie et en médecine, et pour comprendre les enjeux des travaux de recherche à l'interface entre l'optique et la biologie. Ils sauront analyser de manière critique des documents, plus particulièrement extraire des informations pertinentes d'articles scientifiques, rédigés en anglais et pour des spécialistes. Ils auront aussi appris à ne pas sous estimer la difficulté de travailler à l'interface avec un domaine qu'ils ne maîtrisent pas.

### Plan du cours

- 1) Connaissances de base en biologie cellulaire et moléculaire: structure de la cellule, réplication, transcription, traduction, structure des protéines, métabolisme, signalisation
  - 2) Propriétés optiques des milieux biologiques - Méthodes optiques en biologie et en médecine (revue)
  - 3) Microscopie et fluorescence: résolution et superrésolution, méthodes de contraste, marqueurs fluorescents, microscopie confocale et TIRF.
  - 4) Méthodes de base en biologie moléculaire: criblage, Polymer Chain Reaction (PCR), gel d'électrophorèse, utilisation des protéines fluorescentes, culture cellulaire
  - 5) Pincés optiques : dispositifs expérimentaux, mesure de force et applications à l'étude de cellules, d'ADN et de moteurs moléculaires
  - 6) Microscopie à force atomique et application en biologie; introduction à la cytométrie en flux; Séquençage de l'ADN
  - 7) Applications biomédicales: imagerie en profondeur (microscopie non linéaire, tomographie par cohérence optique, tomographies optique diffuse et photoacoustique), biopsie optique et endoscopie, photothérapie dynamique, application des lasers en ophtalmologie et dermatologie.
- Outre les cours proprement dits, trois articles présentant des résultats expérimentaux à l'interface entre optique et biologie (Biophysical Journal, Human Molecular Genetics, Nature) sont discutés et analysés sous forme de TD.

### Niveau requis

Des connaissances de base en optique instrumentale, microscopie, optique de Fourier, interférométrie et polarisation sont souhaitables. Des connaissances en biologie acquises en collège et lycée peuvent faciliter l'accès au cours mais ne sont pas indispensables.

### Modalités d'évaluation

examen de 2 heures avec questions de cours et questions sur 3 articles scientifiques discutés en cours et étudiés à la maison. Pas de documents autorisés à part le texte des 3 articles.

**Responsable** : Nathalie Westbrook

**Période** : Printemps

**Nombre d'heures** : 18

**Crédits ECTS** : 2

**Dernière mise à jour** : Saturday 31 May 2014

## 0219 Interaction Matière Rayonnement

Ce cours est un approfondissement du cours de physique atomique de première année en mettant l'accent sur le rôle des processus dissipatifs tel que l'émission spontanée. Ces processus sont essentiels pour expliquer quantitativement et, bien souvent même qualitativement, l'interaction d'un atome ou d'un ensemble d'atomes avec un champ lumineux. Le lien entre l'approche quantique et semi-classique (équations de taux) sera développé. Nous aborderons ensuite la nature de la largeur d'un laser et terminerons par une application des notions abordées dans ce cours sur le refroidissement d'atomes par laser.

- I. Rappel sur les perturbations dépendantes du temps – Oscillation de Rabi – Règle d'or de Fermi
- II. Interaction d'un atome à deux niveaux avec la lumière en présence de relaxation
- III. Optique statistique - Equation de Langevin - Application aux fluctuations fondamentales dans un laser
- IV. Application au refroidissement d'atomes par laser

**Responsable** : Alain Aspect, Denis Boiron

**Période** : Automne & Printemps

**Nombre d'heures** : 18

**Crédits ECTS** : 2

**Dernière mise à jour** : Friday 15 April 2016

## 0220 Sources à semiconducteur

Ce cours développe le principe de fonctionnement des sources à semiconducteur (diodes électroluminescentes, diodes laser, VCSEL, ...), et leurs propriétés spécifiques.

Les différentes structures existantes sont présentées, et leurs avantages sont comparés en fonction des applications visées.

Les perspectives d'évolution sont évoquées.

Le site des Ressources Pédagogiques de ce cours met à votre disposition des annales d'examens, des références bibliographiques, ainsi qu'un test QCM en ligne.

Plan du cours :

Introduction

Marchés, Applications (LED, DL), Historique

Interactions photons/électrons-trous dans un semiconducteur

I. Rappels

II. Description d'un semiconducteur hors équilibre

III. Taux d'absorption et d'émission de lumière dans un semiconducteur à gap direct

Diodes électroluminescentes

I. Description du composant

II. Caractéristique P(I)

III. Spectre d'émission

cas particulier des LED blanches

Description d'une diode laser

I. La cavité laser

II. Couche active structurée

III. Exemples : conception d'une diode laser à puits quantiques

IV. Injection de porteurs & confinement transverse

V. Technologies de fabrication

Propriétés de l'émission des diodes laser

I. Gain optique dans une jonction PN polarisée

II. Caractéristique  $P_{opt} = f(I)$

III. Propriétés du mode transverse

IV. Exemples divers et variés

V. Propriétés spectrales de l'émission

VI. Caractéristiques de modulation

### **Niveau requis**

Physique des lasers, Physique du semiconducteur, Optique des ondes guidées

### **Modalités d'évaluation**

Examen écrit - Durée 2h - Feuille A4 R/V autorisée

**Responsable** : Gaëlle Lucas-Leclin

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 17

**Crédits ECTS** : 2

**Dernière mise à jour** : Monday 07 March 2011

## **0221 Enseignement experimental ProTIS**

La description de ce cours est disponible sur :

<https://synapses.institutoptique.fr/>

Tavaux Pratiques Systèmes de Traitement numérique du Signal

**Responsable** : Fabienne Bernard, Henri Benisty, Julien Villemejeane, Thierry Avignon

**Période** : Automne & Printemps



Il les prépare à associer plusieurs technologies pour réaliser un objectif qui constitue le sujet du projet. Il peut s'agir de petits sujets de recherche ou de réalisations proposés par des enseignants, des chercheurs ou des entreprises.

Les étudiants doivent apprendre à s'organiser, à travailler en groupe.

**Responsable** : Jean Augereau

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Wednesday 09 October 2013

## 0223\_P PIMS Projet d'Ingénierie Multi-Sites

La description de cet enseignement est disponible sur :

<https://synapses.institutoptique.fr/>

Projets

**Responsable** : Fabienne Bernard, Jean Augereau, Mathieu Hébert, Lionel Jacobowicz, Thierry Avignon, Nicolas Dubreuil, Julien Villemejeane

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 90

**Dernière mise à jour** : Thursday 10 September 2015

## 0223\_SE TP Projet Saint-Etienne

OBJECTIFS

- Aborder les problèmes théoriques et pratiques d'un domaine de l'optique et/ou de l'image.
- Gérer de façon autonome toutes les phases d'une expérimentation ou de nouvelles fonctions logicielles : conception, réalisation, tests.

Les étudiants développent par binôme un projet de 40h chaque semestre, sur un des thèmes suivants : photométrie, polarisation, optique de Fourier, analyse de speckle, mesures basées sur l'interférométrie...

Il est conseillé d'adopter une démarche de type « gestion de projet » dont les grandes étapes pourraient être les suivantes :

- bibliographie : tous les moyens disponibles seront utilisés : supports de cours, bibliothèques, Internet, contacts avec des spécialistes du domaine, ...
- planning : le planning permettra de structurer les actions de chacun dans le temps. Il faudra bien séparer

les différents domaines de travail : optique, imagerie, programmation, mécanique, électronique,... Il sera important de se fixer des buts réalistes à atteindre. Ce planning pourra ensuite évoluer un peu en fonction de la réalité du terrain. L'avancement du projet sera jugé par des réunions régulières avec le responsable.

- conception : en fonction du cahier des charges disponible, le dispositif sera conçu et dimensionner en utilisant tous les moyens disponibles : Matlab, logiciels de conception optique, logiciels de systèmes d'acquisition...

- montage et tests : la phase précédente doit permettre de choisir les bons composants qu'il faudra éventuellement approvisionner (lentilles, réseaux...) et les bons instruments de mesure qu'il faudra paramétrer (modes d'acquisition, géométries de mesure...). Puis le dispositif sera monté et testé en laboratoire. On prendra soin de bien préciser les procédures mises en jeu. Les tests permettront de savoir si le cahier des charges est effectivement satisfait.

De nombreux domaines peuvent être abordés sous des aspects variés : métrologie optique, optique adaptative, laser, imagerie, photométrie, colorimétrie, polarisation à travers les caractéristiques de caméras (optique et détecteurs) ou de surfaces (revêtements, imprimés, filtres, etc)...

**Responsable** : Thierry Lépine, Mathieu Hébert, Raphaël Clerc

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 40

**Crédits ECTS** : 4

**Dernière mise à jour** : Monday 07 October 2013

## 0225 Electrodynamics

CE COURS N'EST PLUS DISPENSE

This course starts from the electrodynamics of continuous materials, and from there, capacitive and inductive structures, antennas, wave guides and lines are studied. By further assembling these structures, meta materials are considered.

Syllabus

1. Electromagnetic fields:

the Helmholtz, Green and Stokes theorems. Poynting theorem. Active and reactive power.

2. Conducting media:

Free charges, Ohm and Fick law. Charges relaxation. Currents diffusion.

3. Dielectric media:

Dielectric dipoles, polarization, susceptibility and permittivity. Interfacial, ionic and electronic polarization.

4. Magnetic media:

Magnetic dipoles; magnetization, susceptibility and permeability.

5. Capacitive and inductive structures:

Capacitive and inductive structures, capacity and inductance matrices.

Reciprocity theorem, Foster and Slater theorems.

6. Propagative structures:

Theory of transmission lines and wave guides.

7. Radiative structures:

Elements of the antenna theory : gain and impedance. Capacitive and inductive antennas.

8. Meta-materials:

Passive synthesis of impedance. Propagation in periodic media. Meta-materials

**Responsable** : Arnaud Dubois

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 30

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Wednesday 09 September 2009

## 0226 Semiconductors and Applications

We describe the basics of semiconductor physics (energy bands, density of electrons and holes, ...) and the interaction of electron/hole pairs with photons. We explain the main features of optoelectronic devices as photodiodes, light electroluminescent diodes (LED) and laser diodes.

**Responsable** : Gaëlle Lucas-Leclin

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 21

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Friday 27 May 2011

## 0228 Ray optics

L'objectif est d'amener les étudiants à une maîtrise de l'analyse et de la conception de systèmes optiques dans le domaine paraxial, première étape de la conception d'un système optique avant la prise en compte des aberrations. L'accent est mis sur les propriétés générales des systèmes optiques dans l'approximation paraxiale, plutôt que de donner une liste de formules dans le cas particulier de chaque élément optique.

Ce cours (enseigné en anglais) couvre l'optique géométrique dans le domaine paraxial, et les propriétés des instruments: grandissement, ouverture, résolution, champ en largeur et en profondeur. Il est illustré par des démonstrations expérimentales et quelques expériences de travaux pratiques. Pour maîtriser ce sujet, il est nécessaire de s'entraîner à résoudre des problèmes: un grand nombre de problèmes à faire à la maison seront distribués et corrigés, parfois en classe. Ce cours est un prérequis pour le cours "Optical Design" (conception de systèmes optiques).

### **Modalités d'évaluation**

50% de la note vient des devoirs à la maison, qui sont distribués à chaque séance et à rendre pour la séance suivante (les exercices notés sont tirés au sort). 50% de la note proviendra de l'examen final de RAY OPTICS qui aura lieu en décembre.

**Responsable** : Yvan Sortais, Nathalie Westbrook

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 12

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Wednesday 28 September 2011

## **0229 Wave Optics**

Ce cours, enseigné en anglais, comporte deux parties: la première traite de la polarisation (15h, enseignante N. Westbrook); la seconde traite des interférences et de la diffraction (27h enseignant A. Dubois).

CE COURS N'EST PLUS DISPENSE.

**Responsable** : Arnaud Dubois, Nathalie Westbrook

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 42

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Thursday 03 December 2009

## **0230 Physique Statistique**

L'objectif du cours est de fournir une introduction à la physique statistique. Trois objectifs sont poursuivis :

- Introduire les principes de la physique statistique. Il s'agit d'une approche de la description des phénomènes naturels très particulière et très féconde.

Il s'agit d'une approche permettant d'extraire les lois de comportement moyen de systèmes à l'aide d'une connaissance minimale des propriétés microscopiques de systèmes complexes. La compréhension des principes mis en jeu permet de traiter de nombreux autres problèmes tels que le traitement d'images ou les fluctuations des marchés...

- Utiliser la physique statistique pour retrouver (et comprendre enfin !) la thermodynamique classique.

- Décrire le rayonnement thermique d'une part, le comportement des systèmes électroniques d'autre part à l'aide des statistiques quantiques. Les lois de Bose-Einstein d'une part, de Fermi-Dirac d'autre part sont indispensables à la compréhension de la notion de gain, du fonctionnement des dispositifs à



semiconducteur, etc.

1. Cours introductif. Principe fondamental. Irréversibilité.
2. système en contact avec un thermostat. Ensemble canonique.
3. Ensemble Grand Canonique.
4. Limite thermodynamique.
5. Statistiques quantiques.
6. Rayonnement corps noir.

#### **Modalités d'évaluation**

L'examen est en deux parties :

- une partie portant sur des questions de cours d'une durée de 1 heure. Aucun document ni calculatrice.
- un problème d'une durée de 2 heures. Calculatrice autorisée ainsi que tout document papier (polycopié, notes de cours, TD etc.)

**Responsable** : Jean Jacques Greffet

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 18

**Crédits ECTS** : 2

**Dernière mise à jour** : Monday 03 May 2010

## **0231 Formation par apprentissage (2A)**

A remplir

**Responsable** : Vincent Josse

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 05 May 2011

## **0232\_B Liste des cours 2AB**

liste des cours

**Responsable** : Stéphanie Schultze, Jean Augereau

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Wednesday 09 October 2013

## 0232\_P Liste des cours 2AP

Liste des cours 2A à l'Institut Optique Graduate school

**Responsable** : Sita Baby

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Friday 21 October 2011

## 0232\_SE Liste des cours 2AS

liste des cours

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Wednesday 09 October 2013

## 0234 Automatique

Le cours d'automatique, initiation à la commande des systèmes, permet de comprendre les enjeux de l'asservissement d'un système, et d'acquérir des bases sur

- la modélisation d'un système linéaire monovariante
- la discrétisation des systèmes
- la synthèse d'un correcteur PID, en analogique comme en numérique
- les représentations d'état linéaires pour les systèmes mono- et multivariables
- la commande par retour d'état en temps discret

Contenu du cours "Automatique - Une introduction à la commande des systèmes"

\*\*\*\*\*

1. Motivation, exemples, programme
2. Analyse des systèmes dynamiques linéaires – Outils de base
3. Asservissement – Synthèse d'un régulateur PID
4. Discrétisation et mise en œuvre numérique
5. Représentations d'état
6. Commande linéaire quadratique
7. Commande linéaire quadratique gaussienne – Filtre de Kalman

Les ouvrages que vous pouvez consulter pour travailler ou approfondir le cours :

\*\*\*\*\*

## 1/ Pour débiter

- Automatique appliquée, Philippe de Larminat
- Commande numérique de systèmes dynamiques, Vol. 1 et 2, Roland Longchamp
- Feedback systems, Karl Johan Åström et Richard Murray, disponible ici [http://www.cds.caltech.edu/~murray/books/AM08/pdf/am08-complete\\_30Aug11.pdf](http://www.cds.caltech.edu/~murray/books/AM08/pdf/am08-complete_30Aug11.pdf)

## 2/ Pour approfondir

- Advanced PID control, Karl Johan Åström et Tore Hägglund
- Automatique, Philippe de Larminat
- Optimal control (linear quadratic methods), Brian D.O. Anderson et John B. Moore, disponible ici <http://users.cecs.anu.edu.au/~john/papers/BOOK/B03.PDF>
- Analysis and design of discrete linear control systems, Vladimír Kucera

### Modalités d'évaluation

Autorisé à l'examen : 1 feuille manuscrite A4 recto-verso.  
Calculatrice non autorisée.

**Responsable** : Caroline Kulcsar, Matthieu Boffety

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Friday 20 April 2018

## 0235 Calcul scientifique

Cet enseignement a pour objet d'initier les élèves à l'utilisation efficace et raisonnée des ordinateurs dans un contexte scientifique. Il concerne essentiellement la résolution de problèmes numériques classiques avec les outils dont disposent les scientifiques d'aujourd'hui, accompagnée d'une large sensibilisation aux possibilités et aux limitations du calcul numérique. La mise en œuvre pratique conduit également à aborder quelques éléments de programmation informatique.

Pour une bonne assimilation des concepts, cet enseignement s'appuie exclusivement sur des «cours-TD» en salle d'informatique, avec une large participation pratique des élèves sur ordinateur avec le logiciel Matlab®, très utilisé dans le monde scientifique et industriel.

&#8199;2019-2020&#8199;

Le contenu détaillé est le suivant:

Utilisation du logiciel Matlab [~8h] :

Rappels sur les objets Matlab de base: scalaires, vecteurs, matrices. Les expressions de type 'tableau'.

Graphiques 2D (rappels) et 3D. Affichage d'images

Éléments de programmation (rappels et compléments)

Éléments de calcul numérique [~24h] :

Erreur d'arrondi. Erreur de méthode. Stabilité numérique des algorithmes.

Résolution des systèmes linéaires de Cramer. Notion sur le nombre de condition des matrices. Résolution des systèmes linéaires au sens des moindres carrés.

Décomposition en valeurs singulières [SVD], pseudo-inverse et nombre de condition

TFD & FFT 1D(rappels) et 2D

Résolution de problèmes non linéaires (Recherche de zéro, utilisation d'outils d'intégration numérique,

utilisation d'outils d'optimisation locale ou globale, ...)

Résolution d'équations différentielles

Introduction à la résolution d'équations aux dérivées partielles avec le logiciel COMSOL

## Niveau requis

Connaissances mathématiques (et informatiques) générales du 1er cycle universitaire scientifique français (CPGE+1A, L1+L2+L3, ...): analyse générale, algèbre linéaire, transformée de Fourier et transformée de Fourier discrète, équations différentielles, ... Des connaissances de base du logiciel Matlab et du calcul numérique (comme données par le cours 0122 d'Initiation au Calcul Scientifique) sont utiles mais pas absolument nécessaires...

## Modalités d'évaluation

Examen individuel final

**Responsable** : Hervé Sauer, Charles Bourassin, Hervé Sauer

**Période** : Automne

**Nombre d'heures** : 32

**Crédits ECTS** : 4

**Dernière mise à jour** : Sunday 29 August 2021

## 0249 Optique de Fourier (St Etienne)

Ce cours n'est plus donné par Arnaud Dubois à Saint-Etienne à partir de la rentrée 2017.

...

## Niveau requis

...

## Modalités d'évaluation

...

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 24 November 2016

## 0250 Optique physique

Fournir un outil d'analyse des systèmes optiques. Après cet enseignement, l'étudiant doit être capable de prédire les performances d'un système d'imagerie, ainsi d'ailleurs que de certains dispositifs spectrométriques, en fonction du rôle qu'y joue la diffraction, de le dimensionner et d'évaluer les limites du modèle mis en jeu.

Ce cours utilise les méthodes de l'optique physique, essentiellement dans son approximation paraxiale, pour décrire analytiquement la propagation de la lumière et la formation des images à travers un système optique. En parallèle à cet enseignement sur la physique de la lumière, il couvre les méthodes numériques associées pour analyser et concevoir des systèmes optiques, en insistant notamment sur les conditions d'échantillonnage nécessaires pour obtenir des résultats significatifs. Il montre que dans la limite de son domaine de validité, la diffraction est un outil puissant et d'usage très général pour l'analyse, la compréhension et la modélisation des systèmes optiques. L'optique diffractive, l'holographie et le speckle ne peuvent être envisagés que dans ce cadre.

### **Niveau requis**

initiation à la diffraction (pour IOGS, rappels, voir cours d'Henri Benisty en 1A)

analyse de Fourier (cours de François Goudail et Matthieu Boffety en 1A)

Bases de l'optique géométrique, imagerie géométrique, notions sur les aberrations (cours de systèmes optiques de 1A)

### **Modalités d'évaluation**

4 QCM (coefficient total 1), sans document, avec calculatrice

un examen pratique sur ordinateur (coefficient 3), tout document, calculatrice

un examen sur papier (coefficient 3), tout document, calculatrice

**Responsable** : Pierre Chavel, Corinne Fournier

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 25

**Crédits ECTS** : 2

**Dernière mise à jour** : Sunday 18 November 2018

## **0251 Transferts thermiques**

Le but de ce cours est de présenter les principales formes de transfert thermique ainsi que leurs origines microscopiques, et de proposer des méthodes de dimensionnement d'équipements. Une attention particulière est accordée à l'analyse énergétique de certains composants et/ou appareils utilisés dans le domaine de l'optique.

La maîtrise des transferts thermiques est primordiale au XXIème siècle. Le coût associé à la génération et à l'utilisation de l'énergie est tel que le « transfert de chaleur », son stockage, ou l'isolation sont des phénomènes qui nécessitent généralement des études poussées. Celles-ci permettent d'optimiser la consommation d'énergie dans les procédés industriels ou chez le particulier. Ce cours, constitué de cours magistraux (22h), de travaux dirigés (12h), d'études de cas sous environnement numérique (9h) et d'une journée de travaux pratiques (7h), a pour but de comprendre et d'analyser les transferts thermiques dans

diverses situations.

**Niveau requis**

Thermodynamique simple ; Eléments de physique du solide ; Notions de physique statistique.

**Responsable** : Raphaël Clerc, Mathieu Hébert

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Wednesday 17 July 2013

## 0252 Théorie de l'information appliquée

A remplir

A remplir

**Responsable** : Thierry Fournel, Mathieu Hébert

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 03 September 2012

## 0253 Radiometry of optical systems

Les objectifs de ce cours sont doubles :

1) donner les notions de base en radiométrie et en détecteurs qui sont indispensables à la conception de systèmes de détection optique (collecteurs de flux ou capteurs d'images). Cette partie doit permettre aux futurs ingénieurs ou scientifiques de spécifier et caractériser les éléments optiques ou optoélectroniques de tels systèmes : sources, milieux de propagation et surfaces, composants optiques, et détecteurs.

2) Montrer l'approche système qui est généralement suivie, à partir du cahier des charges, par un responsable de projet, par exemple en Recherche et Développement, pour optimiser la conception de tels capteurs, en calculant leur rapport signal à bruit, paramètre fondamental des systèmes de détection optique . On illustre cette approche par la description et l'évaluation de divers systèmes représentatifs, dans les domaines de la détection laser et infrarouges (les systèmes de télécommunication optique, traités par ailleurs, ne sont pas abordés ici).

### PLAN DU COURS

Bases de radiométrie optique :

Grandeurs et relations fondamentales de radiométrie géométrique; propriétés radiométriques des systèmes optiques; spectroradiométrie; colorimétrie; rayonnement par incandescence; propriétés radiométriques des surfaces et des milieux (cas de l'atmosphère)

Détecteurs :

Familles de détecteurs (thermiques et quantiques); caractéristiques de base (sensibilité spectrale, flux équivalent au bruit ou NEP, détectivité spécifique); modes de détection, direct et hétérodyne; détecteurs matriciels

### Niveau requis

Cours d'optique géométrique

### Modalités d'évaluation

Examens écrits

**Responsable** : Thierry Lépine, Mathieu Hébert

**Période** : Automne & Printemps

**Nombre d'heures** : 48

**Crédits ECTS** : 5

**Dernière mise à jour** : Friday 06 January 2017

## 0254 Optical design (Saint-Etienne)

Ce cours est une introduction à la conception des systèmes optiques (il se poursuit en 3e année à un niveau plus avancé). Il est destiné à des ingénieurs, il se veut donc concret et pratique. Son ambition est de former en 2 ans (2A et 3A) des ingénieurs réellement capables de concevoir des systèmes optiques simples.

Durant le premier semestre, ce cours présente la théorie des aberrations géométriques dans le formalisme de Seidel et au 3e ordre, pour les systèmes optiques à symétrie de révolution. Le 5e ordre est aussi évoqué. On utilise les coefficients Wijk de Hopkins qui sont présents dans les logiciels. On présente aussi les aberrations chromatiques, les polynômes de Zernike, et la fonction de transfert de modulation.

Au second semestre, on apprend à utiliser le logiciel Zemax/OpticStudio pour concevoir et optimiser des systèmes optiques imageurs : télescopes (Newton, Cassegrain,), doublet (avec lequel on aborde le tolérancement), triplet de Cooke. Les aberrations d'excentrement sont traitées avec le logiciel dans un cas simple. Enfin, on présente sur un cas concret l'analyse de la lumière parasite.

### Niveau requis

Cours d'optique géométrique et d'optique physique de 1ere année

### Modalités d'évaluation

S1 : un examen intermédiaire (1 h), un examen final (2 h),

S2 : un projet (3 h + mini-rapport), 2 TPs

**Responsable** : Thierry Lépine  
**Période** : Hiver & Printemps  
**Nombre d'heures** : 90  
**Crédits ECTS** : 9  
**Dernière mise à jour** : Friday 04 March 2022

## 0255 Projets dirigés méthodes numériques de l'ingénieur - Bordeaux

Mise en pratiques en C++ des notions sur l'algorithmique, la programmation objet et les méthodes numériques. Le but est la mise en place d'une plateforme de traitement d'images

Mise en pratiques en C++ des notions sur l'algorithmique, la programmation objet et les méthodes numériques. Le but est la mise en place d'une plateforme de traitement d'images

**Responsable** : Xavier Granier, Boris Raymond  
**Période** : Automne  
**Dernière mise à jour** : Thursday 07 November 2013

## 0256 Colorimetry

Training on color attributes, color measurements and color specification systems.  
Knowing the relationships between colorimetric values and color attributes and color vision mechanisms.  
Practical calculation of colorimetric values: color coordinates, whiteness index, color rendering index and degree of metamerism.  
Color measurement and calibration of color imaging systems

- 1) Perception of colors
- 2) Basic concepts of colorimetry (trichromacy, RGB and XYZ spaces)
- 3) CIE standards for light sources and illuminants
- 4) Uniform color spaces, color distances
- 5) Metamerism and color rendering
- 6) Color calibration of imaging systems

**Responsable** : Mathieu Hébert  
**Période** : Hiver & Printemps  
**Dernière mise à jour** : Monday 03 September 2012



## 0257 Image processing and analysis

Ce cours de niveau master est une introduction aux fondamentaux du traitement numérique des images. Il met l'accent sur les grands principes plutôt que sur des applications spécifiques. Les notions abordées dans ce cours sont: définition de l'image numérique, transformations de base, échantillonnage et discrétisation, opérations ponctuelles, filtrages linéaire, spatial, fréquentiel, et non-linéaire d'images, traitement par transformées et par histogramme, segmentation d'image, analyse de texture, représentation des couleurs et espaces colorimétriques, restauration d'image, extraction et reconnaissance de formes simples.

Les phases de programmation se feront de préférence avec Matlab et la Image Processing Toolbox de Matlab, mais d'autres langages de programmation peuvent être acceptés. Des notions plus avancées telles que la compression d'image, la reconstruction, les ondelettes et l'imagerie multirésolution seront présentées sous forme de séminaires en annexe du cours.

Introduction au traitement des images: formation des images et acquisition; échantillonnage et discrétisation; connectivité des pixels; format numérique d'image; opérations logiques et arithmétiques; traitement d'images binaire et à niveaux de gris.

Traitement par histogramme, égalisation d'histogramme, seuillage, transformations sur les niveaux de gris

Filtrage spatial, lissage, aiguisage, opérateur Laplacien, gradient et autres filtres différentiels

Filtrage fréquentiel, filtres passe-bas ou passe-haut, Transformée de Fourier

Restauration d'image, filtrages spatial et fréquentiel appliqués à la réduction du bruit, dégradation d'image, filtres inverses.

Détection de pics, de lignes, de contours et opérateurs associés.

Segmentation d'image, croissance de region, division ou aggregation de regions, graph d'adjacence de régions

Imagerie couleur, espaces couleur, transformations colorimétriques,

Analyse d'image, analyse de texture, extraction d'information, analyse de formes

Reconnaissance de formes et d'objets, corrélation

### Niveau requis

Connaissance des bases de Matlab et C++

**Responsable** : Mathieu Hébert

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 40

**Crédits ECTS** : 4

**Dernière mise à jour** : Monday 03 September 2012

## 0258 Morphologie mathématique

A remplir

Introduction au traitement des images et à la morphologie mathématique





- Les relations entre grandeurs
- Facteur de réflexion et de transmission
- Les instruments de mesure
- Exercices (6h)

**Responsable** : Mathieu Hébert

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 07 October 2013

## 0270 Introduction to radiometry

In this course, the main radiometric and photometric concepts are introduced: radiometric quantities and related geometrical concepts, relationship between quantities, and study of simple systems containing a light source, a surface and a detector.

- radiometric quantities and related geometrical concepts
- relationship between quantities
- study of simple systems comprising a light source, Lambertian surfaces and a detector

**Responsable** : Mathieu Hébert

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 12

**Dernière mise à jour** : Monday 07 October 2013

## 0271 CAO éclairage

A compléter

**Responsable** : Mathieu Hébert

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 07 October 2013

## 0272 Radiométrie des systèmes optiques

L'objectif de ce cours est de donner les notions de base en radiométrie et en détecteurs qui sont indispensables à la conception de systèmes de détection optique (capteurs de flux ou d'imagerie). Cette partie doit permettre aux futurs ingénieurs ou scientifiques de spécifier et caractériser les éléments optiques ou optoélectroniques de tels systèmes : sources, milieux de propagation et surfaces, composants optiques, et détecteurs.

Bases de radiométrie optique : Grandeurs et relations fondamentales de radiométrie géométrique ; propriétés radiométriques des systèmes optiques ; spectroradiométrie ; introduction à la colorimétrie. ; rayonnement par incandescence ; propriétés radiométriques des surfaces et des milieux

**Responsable** : Xavier Granier, Julien Moreau

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 11 September 2012

## 0274 Modélisation et caractérisation d'aspect

L'objectif de ce cours est de définir les notions de couleur, de propriété des surfaces et des milieux de propagation. Pour cela, il parcourt les notions suivantes:

- (i) les espaces de couleur et les relations non-bijectives entre spectre et couleur
- (ii) les propriétés de réflexions
- (iii) les dispositifs physiques et numériques de caractérisation des propriétés précédentes

Couleur, matériaux, apparence

Modélisation et reproduction des couleurs : phénomène physique, phénomène psycho-physiologique, colorimétrie, systèmes de couleur, calibration.

Imagerie de grande dynamique (HDR)

Propriétés des surfaces et des milieux, méthodes de mesure (ex : BRDF, elipsométrie, ...)

### Niveau requis

Grandeurs radiométriques

### Modalités d'évaluation

Examen

**Responsable** : Xavier Granier, Romain Pacanowski

**Période** : Automne

**Dernière mise à jour** : Wednesday 09 October 2013



Dernière mise à jour : Monday 25 November 2013

## 0277 Stage de formation CODE V

Introduction au logiciel CodeV.

Étude de différents cas et approche d'une optimisation à l'aide du logiciel codeV

Utiliser des langages informatiques Caractériser des dispositifs optiques ou électroniques.

Comprendre ou rédiger un cahier des charges choisi

Prise en main du logiciel

Optique paraxiale et calcul des aberrations

Étude théorique et pratique des grandes familles de systèmes optiques. Objectif de Petzval, triplets, objectifs anastigmatiques, double Gauss, télescopes, objectifs catadioptriques, zooms, systèmes infrarouges.

Analyse et optimisation de différents systèmes

Etude de l'effet des niveaux de tolérencement sur les performances

**Responsable** : Jean Augereau

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Wednesday 09 October 2013

## 0278 Algorithmique et programmation objet

Le but de cet enseignement est de proposer un tour d'horizon des outils qui permettent de concevoir des systèmes numériques, et d'en étudier leur efficacités. Pour cela, les notions d'algorithmes, de structure de données seront abordées, tout en considérant leurs coûts en mémoire et en calcul.

Ce cours est aussi l'occasion d'aborder la programmation orientée objet et la généricité et à travers cela, la conception de code qui puisse être réutilisé. Si notions sont applicables pour un grand nombre de langages de programmation, l'apprentissage se fera par le biais du C++.

Le cours est organisé autour de l'apprentissage des notions suivantes:

1 - Automate et machine à états. Le but est de saisir comment fonctionne un ordinateur, et comment sont définis les langages de programmations

2 - Algorithmique, Structure de données et Complexité. Le but est cette partie est de savoir mettre en place un algorithme, en spécifiant son but, les actions à mener et la complexité résultante. Cela est indissociable de la spécification ou du choix des structures de données les plus appropriées

3 - Programmation orientée objet. Le but est d'appréhender ce mode de programmation, et à travers ce

mode de programmation, la possibilité de faire du code qui soit ré-utilisable (modularité, généricité). Ces notions peuvent être appliqués à tout programme jusqu'au langage dédiée comme en matlab.

## Niveau requis

Programmation impérative (e.g., C)

## Modalités d'évaluation

Contrôle continu et examen

**Période** : Automne

**Dernière mise à jour** : Saturday 13 September 2014

## 0279 Méthodes numériques & MatLab

Le but de ce cours est de fournir les connaissances de base permettant de formaliser un problème de manière numérique, tout en connaissant les possibilités et les limites en terme de précision, stabilité et efficacité. Le cours alterne théorie et mise en pratique sous MatLab pour permettre une première approche des logiciels de résolution numérique.

- Calcul formel et calcul numérique
- Précision, Stabilité, Convergence et Efficacité
- Normes discrètes et continues
- Résolution d'un système linéaire
- Optimisation linéaire avec et sans contrainte (moindres carrés, simplex, méthodes directes ou itératives)
- Optimisation non-linéaire avec et sans contrainte (descente de gradient, gradient conjugué, levenberg-marquardt)
- Méthodes d'intégrations déterministes (quadratures) et stochastiques (Monte Carlo, estimation de densité)
- Bases de fonction (polynomiales, polynomiales par morceau) spatiales et directionnelles
- Discrétisation des équations aux dérivées partielles (schémas explicites et implicites)
- Éléments et volumes finis

**Responsable** : Xavier Granier

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 10 September 2015

## 0281 Optique Non Linéaire

The learning outcomes of this course are :





Ce cours est une introduction au domaine de l'optique non linéaire qui se manifeste lors de la propagation de faisceaux lumineux suffisamment intenses à travers un milieu matériel. En régime non linéaire, la réponse du milieu n'est plus proportionnelle à l'amplitude du champ d'excitation et se développe (en régime perturbatif) suivant une somme de termes en puissances du champ associés aux non linéarités d'ordre 2, 3... etc. Les interactions non linéaires entre un champ et un milieu matériel donnent lieu à une grande variété de phénomènes et d'applications : génération d'harmoniques pour le doublement ou le triplement de la fréquence d'un laser, amplification et oscillation paramétriques avec la réalisation d'oscillateurs cohérents largement accordables (OPO), génération de peigne de fréquences, de sources superluminescentes, d'automodulation de phase, d'auto-focalisation ou dé-focalisation de faisceaux...

Partant des concepts de base en électromagnétisme, le cours s'attachera à développer des outils utiles à la compréhension des concepts de base et à l'évaluation des efficacités des principaux phénomènes non linéaires.

I- Introduction à l'optique non linéaire

Rappels d'optique linéaire

Susceptibilités non linéaires

II - Equation de propagation non linéaire

Equations de Maxwell

Propagation non linéaire en régime stationnaire

III- Non linéarités du deuxième ordre

Relations de Manley Rowe

Génération de second harmonique – Accord de phase

Amplification et oscillation paramétriques optiques

Matériaux à quasi-accord de phase

IV- Non linéarités du troisième ordre

Effet Kerr, mélange à quatre ondes

Propagation d'impulsions courtes, solitons

Diffusion Raman spontanée, et stimulée

Diffusion Brillouin spontanée et stimulée

**Responsable** : Nicolas Dubreuil, Simon Bernon

**Période** : Automne

**Dernière mise à jour** : Monday 10 February 2020

## 0282 Electromagnétisme des ondes guidées

A remplir

A remplir

**Responsable** : Philippe Lalanne, Christophe Sauvan, Nicolas Dubreuil

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 11 September 2012

## 0283 Optique des solides

Optique dans les milieux solides

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 10 October 2013

## 0284 Physique des détecteurs

Fondements physiques des détecteurs

**Responsable** : Philippe Baranger

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 10 October 2013

## 0285 Conception optique 2

conception optique niveau intermédiaire

**Responsable** : Thierry Lépine

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 10 October 2013

## 0286 Instrumentation Biophotonique

seconde partie cours de master Biophotonique

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 10 October 2013

## 0287 Stage de formation Light Tools

Apprentissage du logiciel Lighttools et mise en œuvre des compétences acquises en photométrie  
Utiliser des langages informatiques  
Caractériser des dispositifs optiques ou électroniques  
Comprendre ou rédiger un cahier des charges  
Choisir des dispositifs en fonction d'un cahier des charges  
Savoir comparer modèle et expérience  
Mettre en oeuvre les calculs et les traitements de données nécessaires, par l'utilisation appropriée de logiciels  
Concevoir, modéliser et représenter en utilisant les outils adéquats de CAO, des systèmes optiques complexes et des instrumentations hybridant des technologies optiques, mécaniques, électroniques, informatiques.

Principe de l'optique paraxiale, rappels de photométrie  
Principe du calcul non-séquentiel, caractérisation des surfaces et milieux  
Apprentissage du logiciel Lighttools  
Conception de systèmes d'éclairage  
Calculs d'optimisation

**Responsable** : Jean Augereau  
**Période** : Hiver & Printemps  
**Dernière mise à jour** : Thursday 10 October 2013

## 0288 Introduction to image processing & computer vision

Introduction to image processing & computer vision

**Responsable** : Ivo Ihrke  
**Période** : Hiver & Printemps  
**Dernière mise à jour** : Thursday 10 October 2013

## 0289 Programmation 3D haute performance

Le premier objectif de ce cours est d'appréhender les possibilités offertes par les architectures modernes

notamment en termes de parallélisation par le biais de l'utilisation de carte graphique. Le second objectif est l'apprentissage des notions de synthèse d'image en temps réel.

- Introduction aux architectures des GPU
- Introduction a CUDA
- CUDA : Shared Memory et Pefix-Sum
- Introduction au pipeline graphique : de CUDA a OpenGL & GLSL
- Les transformations:
- Les transformations, guide de survie GLSL/Eigen
- Caméra, clipping, rasterisation et textures
- Illumination et Matériaux
- Échantillonnage et Aliasing
- Transparence et Reflections
- Scenes complexes (visibilité & deferred shading)
- Shadows
- Surfaces, LOD, Tesselation

**Responsable** : Gael Guennebaud

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 29 September 2014

## 0290 Travaux dirigés d'images numériques

L'objectif de ce cours est l'apprentissage par la pratique, autour de projets cours, des solutions théoriques de l'unité d'enseignement correspondante (Traitement d'images et Programmation sur GPU).

**Responsable** : Xavier Granier, Brett Ridel

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 10 October 2013

## 0291 Rayons X et applications

Le cours comprend 6 séances de 3h et se base sur la physique de l'interaction rayons X/matière pour étudier les composants optiques existants dans cette gamme spectrale et leur utilisation dans des applications industrielles. Des séances de TD avec utilisation de logiciels de simulation permettent aux élèves de se familiariser avec les performances et les limites de différents types de composants.

Un des objectifs de ce cours est de fournir aux élèves des connaissances suffisantes afin qu'ils appréhendent les enjeux industriels et le potentiel d'innovation existants dans ce domaine spectral particulier et en pleine croissance.

Les secteurs d'activité concernés sont les suivants: médical, énergie, spatial, aéronautique, matériaux, semi-conducteurs...

## A- Interaction Rayons X / Matière

Propriétés optiques de la matière dans le domaine spectral X et Extrême UV

Les indices de réfraction dans le domaine X

Réflexion et réfraction des rayons X à une interface

## B- Composants optiques X : principes et technologie

Filtres en transmission

Miroirs en réflexion totale

Miroir Interférentiels Multicouches

Composants diffractifs : Réseaux lamellaires, réseau de phase, lentilles de Fresnel

## C- Applications

Imagerie X pour le médical : imagerie de phase

Imagerie X et Extrême UV pour le spatial

Lithographie Extrême UV

Analyse des matériaux par rayons X : diffraction X, réflectométrie X...

**Responsable** : Franck Delmotte

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Saturday 07 March 2020

## 0292 Mécanique quantique

A faire

**Responsable** : Simon Bernon

**Période** : Automne & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 05 April 2016

## 0294 Traitement d'Images

A faire

A faire

**Responsable** : Matthieu Boffety, Caroline Kulcsar, François Goudail

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 13 March 2018

## 0301\_B Travaux Pratiques d'Optique 3A -Bordeaux

Travaux pratiques de troisième année à Bordeaux (Voie A)

**Responsable** : Jean Augereau

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Wednesday 09 October 2013

## 0301\_P Photonique expérimentale 3A-Palaiseau

La description de ce cours est disponible sur :

<https://synapses.institutoptique.fr/>

TP

**Responsable** : Thierry Avignon, Fabienne Bernard, Lionel Jacobowicz, Nicolas Dubreuil, François Balembois, Caroline Kulcsar, Vincent Josse

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 54

**Crédits ECTS** : 6

**Dernière mise à jour** : Thursday 10 September 2015

## 0301\_SE Travaux Pratiques d'Optique 3A -Saint-Etienne

En 3A à Saint-Etienne, la formation pratique est exclusivement constituée d'un projet de 80h sur un sujet

émergeant d'un problème industriel ou de recherche.

Plus d'information sur les TP-projets sur la page : <http://paristech.institutoptique.fr/cours.php?id=162>

**Responsable** : Thierry Lépine, Mathieu Hébert

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Wednesday 09 October 2013

## 0302 Radar

A compléter

A compléter

**Responsable** : François Goudail, Philippe Lacomme

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 18

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Friday 11 September 2009

## 0303 Visualisation

Donner aux étudiants une vue d'ensemble des différentes familles d'écrans plats d'aujourd'hui et du futur, en décrivant les principes physiques de même que les matériaux et les technologies utilisés pour leur fabrication.

Un premier chapitre rappelle les fondamentaux mis en œuvre dans le cadre de la visualisation des images et des écrans plats :

Une rapide introduction sur le fonctionnement de l'œil et sur les principes de constitution des images.

Les différents codages vidéo analogique et numérique utilisé pour la diffusion vidéo

Les propriétés de base des transistors à effet de champ ainsi que leurs procédés de fabrication, basés sur les technologies de la microélectronique.

La suite du cours est organisée en 4 blocs principaux, correspondant aux effets physiques exploités dans les écrans plats :

1-Ecrans plats basés sur un principe de modulation de la lumière

Les écrans plats à cristaux liquides sont les principaux écrans dans cette catégorie. On présentera les différentes familles de cristaux liquides, ainsi que la façon dont ils sont utilisés pour obtenir des effets electro-optiques contrôlés par de faibles tensions.



Principes d'adressage et limitation du multiplexage (critère dit de « Alt et Pleshko »),

Adressage par matrice active,

Technologies de transistors en couches minces : le silicium amorphe hydrogéné, le silicium micro-cristallin, le silicium polycristallin, les transistors organiques et les technologies émergentes (nanofils de semi-conducteurs, nanotubes de carbone...).

Pour chaque type de technologie, l'accent sera mis sur les propriétés des matériaux, les procédés, les caractéristiques des transistors etc...

2-Ecrans plats basés sur un principe émissif (écrans luminescents).

Différents types de luminescence sont exploités dans les écrans plats :

Electroluminescence : organic light emitting diodes (OLEDs) et adressage correspondant des écrans.

Matrice active à deux transistors.

Photoluminescence : écrans plasma.

3-La visualisation par projection.

Les principales techniques de projection utilisées seront présentées, basées sur l'utilisation de LCDs ou de micromiroirs (MEMS).

4-Les autres technologies

Nous aborderons ici les écrans de type E-papers misent en œuvre dans les Ebooks mais aussi d'autre technologie plus marginale comme l'électrowetting ou l'émission de champ.

La dernière partie du cours est plus prospective, elle porte sur les développements et les recherches sur le futur des écrans plats :

Visualisation 3D

Ecrans conformables et flexibles

### **Niveau requis**

bonnes bases en électronique du solide et en sciences des matériaux.

### **Modalités d'évaluation**

Présentation orale d'un article, puis questions autour de l'article et du cours

**Responsable** : Yvan Bonnassieux

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 36

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Monday 03 January 2011

## **0304 Fonction et Intégration Photonique**

Expliciter les principes de fonctionnement et les technologies des dispositifs photoniques semi-conducteurs, dans une perspective d'intégration. On s'appuiera d'abord sur un cas mature, les télécoms optiques pour les réseaux actuels et les tendances émergentes prochainement déployées. On donnera dans la fin du cours les méthodes de traitement du signal par voie électro-optique et acousto-optique, tels qu'elles sont utilisées au-delà des télécom en photonique micro-onde et dans les lidars.

1) Couplages d'ondes, dispositifs emblématiques (6h, H. Benisty) :

On commencera par un rappel des descriptions de couplage d'onde et de semi-conducteur. Puis on étudiera à titre de base générale l'application de ces concepts au travers de dispositifs emblématiques (QW laser, DFB, VCSEL, QD laser)

2) le cycle performance – technologie des composants télécoms (Béatrice Dagens, IEF)

- On revisite ensuite plus en détail des composants individuels puis intégrés en les situant dans le contexte des réseaux télécoms et en montrant leur apport à la performance globale.
- Nous considérerons d'abord en détail le cas « élémentaire » du laser à semi-conducteur, pour introduire progressivement les principes physiques sous-jacents à l'ensemble des composants optoélectroniques, leur technologie de fabrication, les principes et les degrés de liberté de leur conception. Cela nous conduira jusqu'à l'intégration des composants en circuits photoniques et les compromis supplémentaires sur la conception liés à l'ensemble de la technologie. Nous aborderons également les autres technologies de composants optoélectroniques (verre, SOI, LiNbO<sub>3</sub>), et nous évoquerons les circuits photoniques développés pour des applications non télécom (bioplasmonique). Ces bases étant acquises, nous pourrions approfondir la physique du fonctionnement et certains principes de caractérisation des composants phares de l'optoélectronique évoqués au début du cours.

3) Composants télécom et datacom : tendances émergentes : (Guang-Hua DUAN, 3-5Lab) (COULD BE IN ENGLISH, pls inform)

- On traitera dans cette partie plusieurs tendances observées ces dernières années dans le domaine de télécommunications et de data communication : le multiplexage et le routage en longueur d'onde, les nouveaux formats de modulation et l'intégration photonique sur silicium. Dans la partie multiplexage et routage en longueur d'onde l'accent sera mis sur les sources accordables en longueurs d'onde et la manipulation de la longueur d'onde (filtrage, routage, translation etc.).
- Sur les nouveaux formats de modulation, on détaillera les circuits photoniques utilisant par exemple une combinaison de plusieurs interféromètres Mach-Zehnder. Sur l'intégration photonique sur silicium, on expliquera les différentes briques de base : laser, modulateur, photo-détecteurs, guides passifs sur silicium, etc. On montera plusieurs exemples d'intégration pour les applications en télécommunications et en "data communication".

4) Traitement du signal électro- et acousto-optique, applications micro-ondes et lidar (D. Dolfi et J.P. Huignard -TRT Thales)

- Phénomènes électro et acousto-optiques et applications : biréfringence induite dans les cristaux et les céramiques, opération en espace libre et en guidage de modes, modulateurs pour les télécom, commutation et balayage électro et acousto-optique de faisceaux lasers.
- Propriétés optiques et électro-optiques des cristaux liquides : phases de cristal liquide, tenseurs optiques et électro-optiques, technologies des cellules de cristaux liquides.
  - Applications : afficheurs, vannes à lumières, optique non linéaire

Comparaisons avec d'autres technologies, application au mélange d'onde dans les matériaux, holographie en volume – matériaux : photoréfractifs, à gain, Diffusion Brillouin stimulée ; application du mélange d'onde à l'amplification d'image et à la conjugaison optique. Applications au traitement du signal, au contrôle de faisceau laser, aux compensations d'effets thermiques

- Liaisons électro-optiques, des télécoms aux radars. Principales caractéristiques d'une liaison (gain, figure de bruit, linéarité, gamme dynamique) : des exigences systèmes à la physique du composant ; Applications au traitement optoélectronique de signaux radars (antennes intelligentes [phased array antennae], filtrage agile, corrélation, analyse spectrale, oscillateurs, horloges ultra-précises) ; Génération photonique et détection de signaux millimétriques (fréquence > micro-onde) et THz ; Principes de base des systèmes lidars.

**Niveau requis**

Pré-requis

Diode laser de base (Fabry-Perot), milieux à gain et électro-optiques, bases des télécoms optiques (fibres, modes, débit)

**Responsable** : Henri Benisty

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 30

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Wednesday 23 November 2011

## 0305 Physique des détecteurs

A faire

**Responsable** : François Goudail

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 18

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Friday 11 September 2009

## 0305-B Détecteurs d'images

Disposer d'une culture sur les systèmes imageurs, afin de permettre le dimensionnement d'un système d'acquisition d'images. En particulier : être capable d'identifier les caractéristiques clefs d'un système imageur qui répond à un problème industriel ou de recherche. Une mise en pratique des notions théoriques est faite sous matlab.

Plan du cours

- 1 – De l'objet au détecteur : description de la chaîne d'acquisition
- 2 – Les matrices de détecteurs (CCD & CMOS)
- 3 – Add-on sur l'imagerie :
  - 3.1 – Éclairage
  - 3.2 – Turbulences et correction de front d'onde
- 4 – Autres modes d'imagerie « optique » et « autres »
  - 4.1 – Hyperspectral
  - 4.2 – Imagerie laser

- 4.3 – Imagerie X
- 4.4 – Imagerie SAR
- 4.5 – rappels sur l'imagerie THz

#### **Niveau requis**

Cours de deuxième année : Physique des détecteurs, Matlab, Traitement d'images.

#### **Modalités d'évaluation**

Examen écrit

**Responsable** : Philippe Baranger

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 16

**Dernière mise à jour** : Tuesday 22 October 2013

## **0306 Conception Avancée des Systèmes Optiques (avec CodeV)**

En 2019-2020, cet enseignement est un module de 58h (dont 9h Erasmus+), uniformément réparti sur la séquence 3 (janvier-février)

La capacité de conception demeure la force et la particularité de la formation d'ingénieur dont elle constitue le véritable aboutissement. Elle consiste à utiliser les connaissances acquises au cours des nombreuses années d'enseignements scientifiques pour inventer des réponses efficaces et maîtrisées aux besoins de la société. Ce module, au travers du cas particulier des systèmes optiques, est une ouverture sur cette démarche que l'ingénieur développera par la suite dans son exercice professionnel et comporte deux thèmes liés :

Esquisse d'un système optique. L'objectif est de mettre les étudiants en situation de pré-conception d'un système optique. À partir d'études de cas didactiques, les premières phases de la conception seront abordées à partir d'expressions de besoin purement littérales, parfois incomplètes. Le but du travail sera de fournir les grandes lignes d'un avant-projet cohérent en se posant les bonnes questions, et ceci en quelques heures. Différents outils méthodologiques seront présentés pour donner les ordres de grandeur nécessaires à la bonne prise en compte des données du problème. Pour faire un parallèle avec le monde graphique, la compétence recherchée ici est celle du "roughman", ce dessinateur qui donne une consistance aux projets en quelques traits sur un carnet de croquis.

Conception optique 'avancée' avec le logiciel CodeV® de la société SYNOPSIS (ex- Optical Research Associates). L'objectif est de devenir capable de mener à bien avec ce logiciel, très connu et renommé, la conception détaillée de systèmes optiques d'imagerie réalistes, simples à moyennement complexes.

Association des deux compétences. Savoir passer d'une expression de besoin informelle à un système optique précis, fonctionnel et réaliste, via les deux étapes précédentes.

Ces enseignements sont essentiellement construits autour de séances de 3h (ou parfois 4h) de cours/TD en salle d'informatique, c'est-à-dire d'alternance de séquences de cours et de TD applicatifs, permettant aux élèves de découvrir et maîtriser progressivement les concepts, méthodes et outils présentés. Les deux

thèmes sont traités en parallèle dans les premières semaines puis combinés dans les dernières.

Esquisse d'un système optique (~12h)

- Exemple du dimensionnement d'un système imageur IR
- Quelques exemples de demandes en conception
- Étude de cas

Conception optique (avancée) avec le logiciel CodeV® (~24h)

• Introduction d'un système optique (dioptries, miroirs, surfaces asphériques, obturations, éléments basculés et décentrés, ...)

• Analyses de la qualité optique (courbes d'aberration, spot-diagram, FTM, ...)

• Optimisation de systèmes optiques (avec contraintes standard et contraintes plus complexes définies par l'utilisateur)

- Manipulation de systèmes multiconfigurations (zooms) simples...
- Notions de base du tolérancement de systèmes optiques, de l'analyse des effets des changements de température et de pression et des techniques de contrôle de la lumière parasite...
- Introduction aux systèmes optiques dans l'IR thermique
- Exemples de conception optique (télescope de Newton, oculaire avec contrôle de la conjugaison et des aberrations pupillaires, télescope Maksutov-Cassegrain avec mise au point interne, doublet achromatique dans l'IR thermique, télescope TMA {système à 3 miroirs asphériques hors axe}, ...)
- ...

+ cours/conférences Erasmus+ «Optical Manufacturing» (~9h)

- fabrication du verre
- fabrication des composants en verre (avec information sur les plans suivant la norme ISO 10110)

Association des compétences (~9h)

- Études de cas

### Niveau requis

Connaissances générales en optique géométrique, radiométrie (dans le visible et l'infrarouge thermique), aberration et conception optique (comme, par exemple, données par les enseignements de 1ère et 2ème années du cursus ingénieur de l'IOGS).

### Modalités d'évaluation

Contrôle continu

**Responsable** : Hervé Sauer, Hervé Sauer

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 54

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Saturday 18 January 2020

---

## 0307 Conduite de Projet

A faire

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 21

**Crédits ECTS** : 2

**Dernière mise à jour** : Friday 11 September 2009

## 0309 Optique des matériaux nanostructurés

A faire

**Responsable** : Philippe Lalanne

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 18

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Tuesday 13 November 2012

## 0310 Analyse et Traitement des Images

Le premier objectif de ce cours est de cerner les éléments qui déterminent les critères de « qualité » d'une image par la caractérisation de la chaîne d'acquisition et de visualisation d'une image.

Dans un deuxième temps, vous vous familiariserez avec les principaux algorithmes de traitement et d'analyse des images dans le secteur de l'imagerie scientifique, biomédicale et industrielle

ainsi que dans les secteurs de la surveillance de l'environnement : l'imagerie radar à synthèse d'ouverture, la télédétection et l'imagerie hyperspectrale.

Cet enseignement se compose de séances de cours illustrés et de TD intégrés.

Cet enseignement est évalué à partir des comptes-rendus de TD et d'un mini projet.

Ce cours comporte deux parties :

1-Traitement des images (Jean Taboury)

2-Télédétection (Rémi MICHEL) (15H)

**Responsable** : Jean Taboury

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 60

**Crédits ECTS** : 6

Dernière mise à jour : Wednesday 08 December 2010

## 0311 Diffusion de la lumière

A faire

**Responsable** : Jean Jacques Greffet

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 18

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Friday 11 September 2009

## 0312 Couches minces optiques

A faire

**Responsable** : Franck Delmotte

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 21

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Wednesday 26 September 2018

## 0313 Industrialisation et Production

A faire

**Responsable** : Denis Boiron

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 12

**Dernière mise à jour** : Friday 11 September 2009

## 0314 Brevets

A faire

**Responsable** : Denis Boiron

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 15

**Dernière mise à jour** : Friday 11 September 2009

## 0315 Fibres optiques avancées (capteurs et fibres microstructurées)

L'objectif du cours est de familiariser les étudiants avec les concepts et les applications avancées des fibres autour de trois thèmes : les capteurs, les fibres microstructurées, les nouvelles applications d'amplification et de laser utilisant des fibres innovantes

Pré-requis : Bases des télécoms optiques (fibres, modes, débit), bases des milieux structurés (notion de bande interdite à 1D), couplage de mode.

### 1) Capteurs à fibres optiques (9h) (P. Ferdinand)

L'utilisation des fibres comme capteurs conduit à des dispositifs répandus et très versatile

-- Avec réseau de Bragg pour le contrôle des déformations,

-- Avec biréfringence, ou avec effets magnéto-optiques, pour la détection le long de la fibre de nombreuses quantités physiques extérieures, dont la température par exemple.

¶ L'utilisation de la sphère de Poincaré est un outil important pour la compréhension des phénomènes. De nombreux exemples pratiques sont donnés

### 2) Fibres microstructurées (6h) (F. Benabid)

-- Les propriétés photoniques remarquables des fibres optiques microstructurées (FMAS Fibres microstructurées Air Silice) dites aussi fibres à cristaux photoniques (PCF : photonic crystal fibers) sont exposées et des applications avancées qui ont déjà connu un grand succès sont présentées :

- Dispersion remarquable : éternellement monomode par exemple

- nonlinéarités faibles et absorption minime dans les fibres à cœur creux

- nonlinéarités géantes dans les fibres très confinées.

¶ Ce sont les nonlinéarités qui en font les composants de choix actuellement pour la génération de supercontinuum

(utilisé pour les « peignes de fréquence » en métrologie , cf. le prix Nobel 2004 de T. Hänsch)

3) Nouvelles applications en amplification et lasers des fibres optiques innovantes (G. Bouwmans, Lille) (contenu en cours d'élaboration, premiers cours janvier 2017)

Bibliographie:

Capteurs à fibres optiques :



voir le "MRS Bulletin" Volume 27, No. 5, May 2002

Fibres microstructurées : voir le chapitre 11 dans

J.-M. Lourtioz, H. Benisty, V. Berger, J. M. Gérard, D. Maystre, and A. Tchelnokov, Photonic Crystals, Towards Nanoscale Photonic Devices, 2nd ed. Heidelberg: Springer, 2008.

### Niveau requis

Bases des télécoms optiques (fibres, modes, débit), bases des milieux structurés (notion de bande interdite à 1D), couplage de mode.

### Modalités d'évaluation

En 2017 : Premier CC (valant examen pour les élèves IOGS) : vendredi 10 février à 16h (durée 1h), après le cours de M. Ferdinand, basé à 70% sur un QCM.

Exam final (le seul valant pour le master, le CC pourra augmenter la note de 2 point maximum) : 24 février (14h:check) , durée 2h.

**Responsable** : Henri Benisty

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 18

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Friday 11 September 2009

## 0316 Télécommunications Optiques

A faire

**Responsable** : Nicolas Dubreuil

**Période** : Automne

**Nombre d'heures** : 36

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Thursday 19 January 2017

## 0317 Biophotonics

**OBJECTIVES:** To give insights into modern research trends in biophotonics. To provide in particular an overview of the various optical techniques available for biomedical imaging and detection, giving their characteristics and highlighting their advantages and drawbacks.

\*\*\*\*\*

\*\*

#### INTRODUCTION TO OPTICAL IMAGING OF BIOLOGICAL MEDIA

A. Dubois, Lab. Charles Fabry, Institut d'Optique Graduate School

1,5h

#### INTRODUCTION TO CELL BIOLOGY

Cellular components, DNA, RNA, proteins

C. Bouzigues, Lab. d'Optique et Biosciences, Ecole Polytechnique

1,5h

#### OPTICAL MICROSCOPY

Fluorescence microscopy, confocal microscopy. Full-field imaging techniques. Organic/inorganic fluorophores

C. Bouzigues – 3h

#### FLUORESCENCE TECHNIQUES

Single-molecule tracking, Fluorescence Recovery After Photobleaching (FRAP), Fluorescence Correlation and Cross-Correlation (FCS, FCCS), Fluorescence lifetime imaging (FLIM), Fluorescence Resonant Energy Transfer (FRET).

C. Bouzigues – 3h

#### SUPER-RESOLUTION IMAGING

Total Internal Reflection Fluorescence microscopy (TIRF), microscopy, Stimulated Emission Depletion microscopy (STED), Stochastic Optical Reconstruction Microscopy (STORM), PhotoActivated Localization Microscopy (PALM).

C. Bouzigues - 1h30

#### OPTICAL TWEEZERS

Single molecule manipulation

N. Westbrook - Lab. Charles Fabry, Institut d'Optique Graduate School

1h30

#### DNA and PROTEIN MICRO-ARRAYS

Readout techniques: fluorescence and Surface Plasmon Resonance, Biochip specifications and realizations, Data processing and interpretation

H. Benisty, Lab. Charles Fabry, Institut d'Optique Graduate School

3h

#### NON-LINEAR MICROSCOPY

Two-photon excitation fluorescence microscopy

Harmonic generation microscopy

Coherent Anti-Stokes Raman Scattering (CARS) microscopy

E. Beaurepaire Lab. d'Optique et Biosciences, Ecole Polytechnique

3h

#### OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY

Time-domain / frequency-domain OCT

Full-field OCT

Applications

A. Dubois, Lab. Charles Fabry, Institut d'Optique Graduate School

3h

**Modalités d'évaluation**

Examen écrit

**Responsable** : Arnaud Dubois

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 30

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Tuesday 23 January 2018

## 0318 Surfaces Optiques, optomécanique

A faire

**Responsable** : Sébastien De Rossi

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 36

**Dernière mise à jour** : Friday 11 September 2009

## 0319 Fundamentals of estimation and detection in signals and images

Digital processing of signal and images is essential in many applications of optics. Optical communications, remote sensing, industrial control often require signal detection, parameter estimation, target identification.

As another example, in modern imaging systems, optics is designed together with image processing algorithms. Basic knowledge of image processing is thus essential to develop optical systems and quantify their performance.

This course is an introduction to signal and image processing for optics scientists. Half of it consists of « interactive » lectures where basic principles are explained and illustrated with exercises. The second half consists of laboratories where students develop signal and image processing algorithms using Matlab.

1. Basics of probability theory and random functions

- Random variables used in physics, random vectors, central limit theorem,

2. Introduction to estimation theory:

- Bias and variance of an estimator, Maximum likelihood, Cramer-Rao lower bound, matched filter  
Application to distance and position estimation (radar, lidar, ...).

3. Introduction to detection theory :

- Neyman-Pearson theory, likelihood ratio, nuisance parameters, generalized likelihood ratio  
Application to radar, communications, edge detection in images

**Niveau requis**

Basic Fourier analysis, probability theory

**Modalités d'évaluation**

Labwork reports (1/3)

Project report (1/3)

Written examination (1/3)

**Responsable** : François Goudail, Matthieu Boffety

**Période** : Automne

**Nombre d'heures** : 33

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Saturday 15 September 2012

## 0320 Imagerie à travers la Turbulence

A faire

**Responsable** : Jean Taboury

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 36

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Friday 11 September 2009

## 0321 Physique des Lasers

Ce cours démarre par la description semi-classique de l'interaction lumière matière, pour établir les équations de Maxwell-Bloch. L'approximation des équations de taux est ensuite faite pour décrire le principe du laser monomode. A partir de ce modèle, les mécanismes d'élargissement des transitions, les

régimes dynamiques, et les propriétés de bruit sont examinés. Les aspects spatiaux sont ensuite abordés, en utilisant les matrices de transfert dans l'approximation paraxiale pour décrire la propagation des faisceaux et la stabilité des résonateurs optiques. Enfin, le régime de verrouillage de modes conduisant à la génération d'impulsions ultra-brève est décrit, ainsi que la propagation et les méthodes de caractérisation de ces impulsions.

1. Interaction lumière-matière ; équations du laser monomode
2. Laser monomode en régime stationnaire
3. Laser à élargissement inhomogène
4. Régime transitoire et déclenché
5. Bruit des lasers en intensité et phase
6. Cavités optiques : matrices de transfert, faisceaux gaussiens, et notion de stabilité
7. Verrouillage de mode et impulsions ultra-brèves

**Responsable** : Fabien Bretenaker, Marc Hanna, Frédéric Druon

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 36

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Monday 14 September 2009

## 0322 Optique dans les Milieux Solides

A faire

**Responsable** : Jean-Sébastien Lauret, Nicolas Dubreuil

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 30

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Monday 14 September 2009

## 0323 Nonlinear Electromagnetism

- Introduction à l'optique nonlinéaire
- Propagation des ondes électromagnétiques en régime nonlinéaire
- Les effets nonlinéaires d'ordres 2
- Théorie microscopique des susceptibilités
- Les effets nonlinéaires d'ordre 3

**Modalités d'évaluation**

Examen écrit d'une durée de 3 heures (sans documents)

**Responsable** : François Hache

**Période** : Automne

**Nombre d'heures** : 33

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Tuesday 12 September 2017

## 0324 Statistical Optics (Optique statistique)

Ce cours est enseigné en anglais. Il couvre les thèmes suivants:

Introduction aux outils statistiques pour traiter des fluctuations de la lumière.

Définition de la cohérence temporelle et spatiale des sources lumineuses avec une approche statistique.

Description du phénomène de speckle (principalement le speckle de Fourier) et comment il se manifeste.

Plan du cours:

- rappels sur l'imagerie en éclairage cohérent et incohérent (réponse impulsionnelle, fonctions de transfert)
- 1 séance
- Introduction à l'optique statistique - formalisme mathématique adapté - 1 séance
- cohérences temporelle et spatiale des ondes lumineuses (3 séances)
- phénomène de speckle et applications au travers de séminaires sur des sujets de recherche actuels (4 séances)
- photodétection (1 séance)

**Niveau requis**

Théorie de la diffraction de Fresnel et de Fraunhofer - Application à des systèmes simples d'imagerie -

Filtrage de Fourier - Notions de formalisme mathématique associé aux variables aléatoires

voir par exemple: cours d'Optique de Fourier niveau 2A-M1

**Modalités d'évaluation**

Evaluation par un examen écrit de 3h en décembre.

**Responsable** : David Clément, Vincent Josse

**Période** : Automne

**Nombre d'heures** : 30

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Sunday 10 November 2013

## 0325 Advanced Photonics (A)

L'objectif de ce cours est de montrer comment les semi-conducteurs et leurs spécificités, comme les excitons ou les transitions inter-sous-bandes jouent un rôle crucial aux frontières de la photonique avancée : le traitement optique non linéaire du signal optique, et la mise en œuvre de structures quantiques comme les lasers à cascade quantique.

1) Couplages d'ondes, dispositifs semi-conducteurs emblématiques (H. Benisty):

Nous commencerons par un rappel de la description du couplage d'onde, et des semi-conducteurs et des puits quantiques.

Nous étudierons alors à titre de base générale l'application de ces concepts à travers un choix de dispositifs emblématiques (laser à puits quantique, laser DFB, VCSEL, laser à boîte quantique)

2) Propriétés linéaires des structures basiques et avancées en semi-conducteurs (A. Levenson, R. Kuszelewicz)

Propriétés optiques et optoélectroniques des puits quantiques

Propriétés optiques et optoélectroniques des fils quantiques et des points quantiques

Fabrication et technologies

Structures périodiques : Propriétés Optiques

3) Optique non-linéaire des semi-conducteurs: phénomènes & applications (A. Levenson, R. Kuszelewicz)

Non-linéarités intrinsèques et non-linéarités dynamiques

Non-linéarités intrinsèques du second ordre.

Effets non-linéaires dans les systèmes à cavité verticale

Effets non linéaires gouvernés par la dynamique des excitons du matériau

ONL et effets spatio-temporels

Génération de Second Harmonique et autres applications des non-linéarités du second ordre

Cristaux photoniques non-linéaires

Solitons spatiaux et application à la logique tout-optique

4) Structures semi-conductrices quantiques(G. Leo)

Sur la base de la physique de la basse dimensionnalité des électrons et des photons, nous soulignerons les possibilités que procure l'ingénierie de bande pour exploiter les transitions interbandes, du THz à l'infrarouge moyen

Deux dispositifs emblématiques basés sur les transitions intersous-bandes seront mis en avant : les détecteurs QWIP, et les lasers à cascades quantiques, d'un grand intérêt pour la détection de raies moléculaires, etc.

Un cours plus prospectif sera dédié aux sources de photons uniques ou de photons jumeaux intégrées optiquement, pour miniaturiser et fiabiliser les applications à l'optique quantique et notamment celles en cryptographie quantique

Bibliographie :

« The principles of nonlinear optics », Y.R. Shen (Wiley-Interscience) ; « Wave Mechanics applied to semiconductor heterostructures, » G.Bastard (Springer) - Quantum semiconductor Structures : Fundamentals and applications, C. Weisbuch and B. Vinter (Academic Press); « Optoélectronique » E. Rosencher and B. Vinter, Paris: Masson, 1997.

### Niveau requis

Bases sur la diode laser (de type Fabry-Perot), bases sur les milieux à gain et les milieux diélectriques ,

bases sur les télécommunications optiques (fibres, modes des fibres, débits employés)

**Responsable** : Henri Benisty

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 30

**Crédits ECTS** : 3

**Dernière mise à jour** : Wednesday 23 November 2011

## 0326 Optique de l'Extrême

L'objectif de ce module est de faire découvrir aux étudiants la physique et l'optique aux très courtes longueurs d'onde (domaine spectral de l'extrême ultraviolet aux rayons X) et aux très courtes durées (femtosecondes et attosecondes). Après quelques rappels sur les impulsions ultrabrèves, on s'intéressera aux sources à génération d'harmoniques d'ordre élevé pour la génération d'impulsions attosecondes, aux lasers à électrons libres et aux composants optiques utilisés sur ces sources. Nous terminerons en présentant quelques applications du rayonnement XUV ultrabref en physique fondamentale.

Ce domaine est en plein essor au niveau local (Synchrotron SOLEIL, station laser X à Paris Sud, installation Attolab et laser Pétawatt Appolon à l'Orme des Merisiers) et également au niveau international (installation ELI en Europe, lasers à électrons libres X-FEL aux USA et en Europe)...

0- Introduction au domaine de l'extrême ultraviolet et des rayons X, et au domaine ultrabref 1h30

1- Notions d'optique ultrabrève 1h30

2- Génération d'harmoniques d'ordre élevé et impulsions attosecondes 3h

3- Synchrotron et Lasers à électrons libres 3h

4- Interaction XUV-matière, composants optiques 3h

5- Visite de l'installation Attolab

6- Applications des sources de rayonnements XUV ultrabrèves

### Niveau requis

Physique et optique générale

### Modalités d'évaluation

Examen oral

**Responsable** : Charles Bourassin

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 21

**Dernière mise à jour** : Monday 04 November 2019



## 0327 Optique Quantique

Ce cours donnera un aperçu sur la description de l'interaction de la lumière avec un système quantique (atome, puits quantique...). Le but principal est d'introduire quelques subtilités associées au concept du photon.

- I. Le corps noir
- II. Quantification
- III. Etats du champ
- IV. Interaction atome-champ
- V. Emission spontanée
- VI. Détection de photons
- VII. Détection de photons II
- VIII. Champ incohérent
- IX. Optique quantique non-linéaire
- X. Interférométrie, bruit, et intrication

### Niveau requis

mécanique quantique, physique atomique, optique non-linéaire, lasers, électromagnétisme

**Responsable** : Christoph Westbrook, Christoph Westbrook

**Période** : Automne

**Nombre d'heures** : 30

**Dernière mise à jour** : Monday 16 September 2019

## 0328 Nanophotonics-Nanophotonique : Photonic crystals and metamaterials

Familiariser les élèves de M2 avec

- (1) les éléments fondamentaux de l'électromagnétisme des nanostructures (gaps, milieu effectif, ..) et avec
- (2) les applications des nanostructures artificielles optiques, et enfin avec
- (3) les combinaisons de ces structures optiques avec les structures de confinement électroniques de base (puits et boîtes quantiques), pour une interaction lumière-matière renforcée (effet Purcell, etc.)

La propagation des ondes dans les milieux périodiques est au cœur de nombreux problèmes en physique, à commencer par la propagation des électrons dans les cristaux. Ce cours porte sur le problème optique.

En particulier, nous traitons de la notion de modes de Bloch dans des matériaux optiques artificiels, c'est-à-dire des matériaux structurés à une échelle inférieure à la longueur d'onde de la lumière. Grâce aux récents développements des procédés de micro- et nanofabrication, ces matériaux sont actuellement en plein essor.

Par analogie avec les électrons, nous introduisons les notions de bande interdite photonique et de

matériaux artificiels.

Ces derniers permettent en particulier de synthétiser de manière artificielle des matériaux possédant des propriétés optiques qui ne sont pas disponibles dans la nature.

Les notions théoriques tels la densité d'états (DOS), le "cône de lumière", la lumière lente, etc., sont systématiquement illustrées par des applications issues de la littérature récente sur la nanophotonique, en particulier :

- les cristaux photoniques (1D et 2D),
- les métamatériaux
- l'optique diffractive.

Les notions d'interaction matière-lumière renforcée dans les nanostructures ou en fonction du confinement en général sont abordées : effet Purcell, extraction de la lumière, couplage fort. A Cette occasion, la physique de base du confinement électronique des nanostructures et leurs méthodes d'élaboration sont rappelées dans leurs grands traits.

Le cours est également illustré par quatre travaux dirigés qui permettent d'approfondir certaines notions fondamentales comme :

- le ralentissement de la lumière en bord des bandes interdites photoniques.
- la réfraction négative, notion plus récente.

#### **Niveau requis**

Basses sur les ondes, la diffraction, le guidage, les semis conducteurs

#### **Modalités d'évaluation**

WRITTEN , partly based on papers  
see pedagogical ressources

**Responsable** : Henri Benisty, Philippe Lalanne, Christophe Sauvan

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Friday 19 November 2010

## **0329 Modalités d'imagerie**

a renseigner

a renseigner

**Responsable** : François Goudail

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 06 November 2012

## 0330 Optique des Milieux Complexes

Unité d'enseignement : Formation scientifique Volume horaire : 15,0 h

Coordinateur : Mr Rémi CARMINATI

Examens : Examen écrit

### Objectifs

La diffusion de la lumière dans les milieux complexes rend très difficile l'utilisation de techniques d'imagerie standard (microscopie conventionnelle). Pourtant, être capable de « voir à travers des milieux diffusants » est un atout majeur dans des domaines aussi divers que l'imagerie biomédicale, l'étude de la matière molle, ou la caractérisation de peintures. Des approches originales ont été utilisées au cours des vingt dernières années pour développer des systèmes d'imagerie nouveaux, permettant de détecter des objets et de réaliser des images en régime de diffusion multiple. Le module présente les fondements physiques de la propagation des ondes dans les milieux diffusants désordonnés, et différentes techniques expérimentales modernes permettant de sonder de tels milieux.

### Plan du cours

Diffusion de la lumière par des particules (3h)

Diffusion, sections efficaces, théorème optique.

Approximation dipolaire. Polarisation Cas particuliers (diffusion Rayleigh, diffusion de Mie, grosses particules)

Diffusion multiple (3h)

Extinction par un nuage de particules

Balistique et diffus. Echelles de longueur. Champ moyen et champ fluctuant

Homogénéisation (exemple du milieu finement divisé)

Modèles de transport en diffusion multiple (3h)

Equation de transfert radiatif. Méthode à deux flux

Approximation de la diffusion. Conductance radiative

Exemples d'application, imagerie

Speckle (3h)

Statistique de l'intensité (Rayleigh). Modèle de lumière chaotique

Statistiques du second ordre. Corrélations spatiales et angulaires

Diffusion dynamique de la lumière (diffusion simple et diffusion multiple)

Exemples d'application en imagerie (matière molle, vivant)

Techniques d'imagerie en milieux diffusants (3h)

Tomographie par cohérence optique (OCT)

Approches multi-ondes (acousto-optique, photo-acoustique)

Imagerie moléculaire (fluorescence)

### Bibliographie

Scattering and absorption of light by small particles, Bohren et Huffman, J. Wiley, 1981

Light scattering by small particles, H. van de Hulst, Dover 1981

**Responsable** : Rémi Carminati

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 03 January 2011

## 0331 Formation par apprentissage (3A)

Ces 5 semaines de cours sont spécifiques de la formation par apprentissage. Elles se déroulent courant mai-juin en 3<sup>ème</sup> année du cycle d'ingénieur.

Ces formations spécifiques visent à approfondir, sur le principe de retour d'expérience, la formation d'ingénieurs par notions de droit du travail, droit des brevets, de gestion, de marketing, de management et d'industrialisation et production.

Plus précisément, la liste des 11 cours est la suivante (fiche de cours accessible dans la rubrique "ressources pédagogiques"):

- Brevets (12 heures); Intervenant : Pascale Brochard.
- Droit des contrats et du travail (12 heures); Intervenant : Dominique Néchélis.
- Lecture de comptes d'entreprise (9 heures); Intervenant : Olivier Fortin.
- Gestion opérationnelle en entreprise (6 heures); Intervenant : Thibault Fauconnier.
- Design Process Optimization (9 heures); Intervenant : Philippe Launay.
- Industrialisation et production (9 heures); Intervenant : Lydie Capron
- Créativité (3 heures); Intervenant : Patrick Jano.
- Management de Projet (18 heures); Intervenant : Joël Bernier.
- Management d'affaire (4,5 heures); Intervenant : Eric Pailharey.
- Marketing & Commercial (6 heures); Intervenant : Patrick Cornardeau.
- Jeu d'Entreprise (22,5 heures); Intervenant : Christian Fialek

### Modalités d'évaluation

Evaluation pour les cours suivants (tous coefs 2) :

- Brevets
- Droits des contrats et du travail
- Lecture de comptes d'entreprise
- Management de Projet
- Jeu d'Entreprise

**Responsable** : Vincent Josse

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 05 May 2011



## 0335 Simulation Radiométrique Avancée

Le but de ce cours est l'approfondissement des notions radiométriques et photométriques par l'étude de la synthèse d'image. Pour cela, les différents phénomènes (réflexion, diffusion et propagation) sont abordés à la fois d'un point de vue théorique, mais aussi numérique (méthodes de simulation) et informatique (algorithmes de résolutions). Les étudiants ayant suivis ce cours doivent être capable de faire le lien entre les connaissances radiométriques et les méthodes numériques de résolutions.

Modèles numériques de la propagation de la lumière (équation du rendu)

Méthodes de résolution (tracé de rayons, méthodes de radiosité, estimation de densité)

### Modalités d'évaluation

Contrôle Continu et Examen

**Responsable** : Xavier Granier, Antoine Lucat

**Période** : Automne

**Nombre d'heures** : 20

**Dernière mise à jour** : Monday 13 October 2014

## 0336 Ingénierie Photométrique

A remplir

A remplir

### Modalités d'évaluation

A remplir

**Responsable** : Lionel Jacobowicz, Jacques Sabater

**Période** : Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 27 February 2012

## 0337 Projets de traitement d'images

Être capable de comprendre et de mettre en œuvre une solution à un problème de traitement d'image ou de vision par ordinateur comme le débruitage, la restauration, le recalage, la superrésolution, la

stéréovision, l'extraction d'objets, la reconnaissance des formes...

Le projet s'articule autour d'une étude de contexte (bibliographie), d'un développement algorithmique et d'un ensemble de résultats qui doivent illustrer les performances de la méthode dans différentes conditions.

La présentation des projets se trouve dans les ressources pédagogiques.

**Modalités d'évaluation**

Réalisation algorithmique : coefficient 3/5

Présentation orale : coefficient 2/5

**Responsable** : Caroline Kulcsar

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 03 January 2017

## 0338 Problèmes inverses

A compléter

A compléter

**Responsable** : Jean-Marc Conan

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Friday 09 November 2012

## 0339 Reconnaissance des formes

A compléter

A compléter

**Responsable** : François Goudail, Jérôme Morio

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Friday 09 November 2012

## 0340 La vision, de l'oeil au cerveau

Le processus visuel, de la formation des images dans l'oeil au traitement par le cerveau

**Responsable** : Jean Augereau

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 22 October 2013

## 0341 Computational imaging

Ce cours porte sur les techniques avancées d'imagerie numérique pour la correction d'images et la calibration, que ainsi que des considérations algorithmiques et optiques pour l'extraction de contenu en trois dimensions à partir d'images ou d'un ensemble d'images. On y explorera la notion de co-conception optique et numérique et ainsi que des techniques modernes d'imagerie de grande dimension.

Introduction et technologie des capteurs  
Bruit, Dynamique et Couleur  
Limite des imageurs, panoramas et notions de 3D  
Calibration de caméra et détection de caractéristiques  
Stéréo et auto-calibration  
Scan 3D actif  
Tomographie  
Déconvolution  
Light Fields

**Responsable** : Ivo Ihrke

**Période** : Automne

**Nombre d'heures** : 20

**Dernière mise à jour** : Thursday 06 November 2014

## 0342 Technologie des écrans et des afficheurs

Donner les notions de bases sur les technologies de visualisations intégrables dans tous les nouveaux systèmes de visualisation (Informatique, TV, communication...) et connaître leurs performances et leurs degrés de maturité.

Avoir une vision des marchés et des applications de ces technologies et de leurs usages.





sur les techniques sans lunettes. Dans la deuxième partie, nous allons discuter des techniques holographiques, les principes d'enregistrement, les problèmes de bruit (speckle), et les aspects informatiques pour l'holographie générée par ordinateur.

méthodes de restitution 3D y compris holographiques

**Période :** Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour :** Monday 08 January 2018

## 0345\_B Physique des objets biologiques

Objectifs pédagogiques :

- présentation des différents composants cellulaires et des échelles
- utilisation des outils de la physique pour comprendre ces différents composants: polymères biologiques, systèmes moteurs, membranes etc.
- introduction des grandes expériences de Biophysique

Compétences acquises :

- approches physiques des systèmes biologiques, à la fois théorique et expérimentale
- connaissance des différents composants d'une cellule et de leurs mécanismes de régulation

Chapitres 1 à 8 : septembre-octobre

Chapitres 9 à : janvier-février

1. Introduction : qu'est-ce que la biophysique ? – philosophie du cours
2. La boîte noire « cellule » : un matériau qui bouge
  - a. rappels sur le mouvement brownien
  - b. migration de cellules eucaryotes
  - c. nage de bactéries
3. L'intérieur d'une cellule : connaissances minimales en biologie
4. L'ADN
  - a. Introduction : Historique, structure chimique et fonction biologique
  - b. Visualiser l'ADN
    - Microscopie de fluorescence – rappels sur la fluorescence
    - Microscopie électronique
    - Microscopie à force atomique - principe, modes de fonctionnement, sensibilité
  - c. L'ADN, un polymère modèle : bases en physique des polymères
  - d. Mécanique des molécules d'ADN individuelles
    - Différentes méthodes avec focus sur la pince optique (principe physique, design expérimental et composants optiques, détection, méthodes de calibration, sensibilité, résolution spatiale et temporelle, bruit)
    - Extension de l'ADN

Méthodes physiques de séquençage

Interaction ADN-protéines

Torsion de l'ADN – introduction aux pinces magnétiques (principe, design, sensibilité)

e. Hybridation d'ADN

Microscopie TIRF : principe de la réflexion totale interne, champ évanescent, réalisations expérimentales, performances

Application au génotypage

Technologie des puces à ADN et Biosenseurs

\* Biosenseur à base de transfert d'énergie de fluorescence par résonance

\* Biosenseur nanomécanique à base de cantilever d'AFM : modes statique et dynamique, design, performances

\* Biosenseur Surface Plasmon Resonance : principe, design, imagerie

5. Les molécules d'adhésion

a. Introduction

Problématique biologique

Interactions « génériques » : van der Waals, électrostatique, stérique

Interactions spécifiques récepteur-ligand

b. Thermodynamique et cinétique : affinité, constantes d'association et de dissociation

c. Spectroscopie de force dynamique

Théorie

Techniques expérimentales avec focus sur la BFP (design, résolution, sensibilité)

Résultats

d. Détection des molécules d'adhésion à la surface des cellules

Cytométrie de flux (FACS) : principe de fonctionnement de la partie fluide et de la partie optique (rappels diffusion de la lumière), performances, limitations

6. Introduction à la microfluidique

a. Hydrodynamique à l'échelle micro

b. Techniques de lithographie et microfabrication - conceptions de puces microfluidiques

c. Exemples : cytomètre en flux microfluidique et autres « lab-on-a-chip » appliqués à la biologie

7. Extension à l'optofluidique : intégration de systèmes optiques dans des puces microfluidiques

8. La membrane plasmique

a. Introduction biologique

b. Propriétés mécaniques des membranes biologiques

c. Diffusion des protéines dans les membranes

Rôle biologique

Mise en évidence expérimentale

– Suivi de particules individuelles (rappels SPT)

- Recouvrement de fluorescence après photoblanchiment (FRAP)

- Spectroscopie de corrélation de fluorescence (FCS) et techniques cousines : principe,

réalisations expérimentales, performances

## Niveau requis

thermodynamique et physique statistique, mécanique du point, du solide et des fluides

## Modalités d'évaluation

Examen

**Responsable** : Pierre Nassoy

**Période** : Automne & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 06 November 2014

## B Interaction 3D Homme-Machine (Voie A - Simulation, Acquisition, Modélisation)

L'objectif de cet enseignement est de maîtriser les concepts de base de la réalité virtuelle (RV) et de l'interaction 3D. Il s'adresse, d'une part, à des étudiants désirant acquérir une culture élémentaire et d'autre part, à des futurs ingénieurs ou chercheurs ayant un projet professionnel en rapport avec la RV.

### Introduction

Concepts, définitions, historique

### Matériels spécialisés

Capteurs, interacteurs, visualisation

### Applications

Illustrations dans différents secteurs d'activité (conception, apprentissage, compréhension, information)

### Interaction 3D

Principes de base, exemples d'implémentations

### Facteurs humains

Perception humaine, ergonomie, immersion, présence

### Réalité augmentée

Concepts, définitions, algorithmique, exemples

### Modalités d'évaluation

Examen et Contrôle continu sur des TPs

**Responsable** : Pascal Guitton, Brett Ridel

**Période** : Automne & Printemps

**Nombre d'heures** : 30

**Dernière mise à jour** : Thursday 06 November 2014

## 0347 Géométrie des surfaces (Voie A - Simulation, Acquisition, Modélisation)

Le principal objectif est d'apprendre comment représenter et manipuler des surfaces que ce soit d'un point de vue mathématique ou numérique.

1. Représentation des surfaces : maillages, surfaces paramétriques, surfaces implicites
2. Géométrie différentielle et formes fondamentales
3. Résolution d'EDP sur des surfaces
4. Modèles déformables et optimisation de réflecteurs/réfracteurs
5. Reconstruction de surfaces

**Responsable** : Gael Guennebaud

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 22

**Dernière mise à jour** : Monday 29 September 2014

## Projets dirigés d'images numériques (Voie A - Simulation, Acquisition, Modélis

Le but de ce projet est d'assimiler par la pratique et la programmation les notions apprises dans les enseignements Synthèse d'Images et Modélisation Géométrique des Surfaces.

Tracé de rayons, Simulation d'éclairage physiquement réaliste, modélisation des surfaces

**Responsable** : Xavier Granier, Boris Raymond

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 29 September 2014

### 0349\_B Programmation 3D

Le but de ce cours est une introduction rapide aux concepts des bibliothèques graphiques telles qu'OpenGL.

**Responsable** : Xavier Granier

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 17 September 2018

### 0351 Optique non imageante

Conception de systèmes d'éclairage à LEDs

Partie éclairagisme (Marc Derrien, pôle ORA, 25h) : simulations de systèmes d'éclairage, pour la plupart utilisant des LEDs. Utilisation du logiciel de simulation optique Zemax pour la conception de système d'éclairage complexe

Partie solaire thermique (François Hénault, observatoire de Grenoble, 25h) : présentations, études et simulations de centrales solaires thermiques (type four solaire d'Odelloo, et centrale Themis)

#### **Niveau requis**

Cours d'optique géométrique, conception optique, radiométrie

#### **Modalités d'évaluation**

Un projet sur Zemax

**Responsable** : Thierry Lépine  
**Période** : Hiver & Printemps  
**Nombre d'heures** : 50  
**Crédits ECTS** : 5  
**Dernière mise à jour** : Tuesday 16 July 2013

## 0353 Image - Master OIV

A remplir

**Responsable** : Thierry Fournel, Mathieu Hébert  
**Période** : Hiver & Printemps  
**Dernière mise à jour** : Thursday 27 September 2012

## 0355 Métrologie optique

Présenter les méthodes de mesure des composants optiques

Ce cours présente les moyens de mesure des différentes caractéristiques des composants optiques (lentilles, miroirs ou systèmes). Les moyens basés sur des mesures ponctuelle ou sur la mesure de la surface complète sont décrits. Les méthodes et outils standards et modernes d'interférométrie sont présentés.

**Responsable** : Thierry Lépine  
**Période** : Hiver & Printemps  
**Dernière mise à jour** : Tuesday 16 July 2013

## 0356 Optique du futur

A remplir

A remplir

**Responsable** : Thierry Lépine

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 23 October 2012

## 0357 Nanophotonique

A remplir

A remplir

**Responsable** : Thierry Lépine

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 23 October 2012

## 0358 Gestion de projet

La maîtrise de la conduite de Projet est aujourd'hui indispensable, or, de nombreuses pratiques obèrent la réalisation, par méconnaissance et manque de rigueur. L'objectif du cours est l'assimilation des concepts fondamentaux.

La maîtrise de la Conduite de Projet suppose :

- Une vision claire des étapes conduisant du déclencheur initial à la livraison de l'objet du projet
- La connaissance des méthodes et outils indispensables
- Des « savoir être » entrepreneuriaux.

Le cours est composé de 9 séances de 3h. Le plan est le suivant :

L'expérience montre que l'assimilation du cours est grandement facilitée par des études de cas ou des simulations de contenu très concret. Par ailleurs, les projets réels sont d'une très grande variété, de nature, de taille et d'enjeu. Malgré cela, et contrairement à des idées trop répandues, les concepts et méthodes sont identiques. Les piliers fondamentaux sont : la rationalité, la prévision, la pluridisciplinarité, le travail d'équipe.

Le Projet est par essence un outil de changement ; il devra donc vaincre les oppositions qu'il fait naître.

Le cours est distribué aux élèves, qui doivent le lire, chapitre après chapitre en suivant la progression de l'étude de cas.

Le fil conducteur est une étude de cas, déroulée par étapes, tout au long de la session :

- Le thème regroupe les principales composantes d'un projet : équipements industriel, immobilier, SI, organisation, formation.
- Le thème choisi permet une première approche concrète, sans nécessiter d'expertise pointue.
- Les étapes enchaînent les phases principales et donnent cohérence aux connaissances enseignées.
- Chaque étape se conclut par un rapport. L'analyse et la critique de ces rapports permettent une évaluation de l'assimilation et des actions de progrès.
- Les étudiants travaillent en sous-groupes, et doivent passer du « groupe » à « l'équipe ».

## Modalités d'évaluation

La validation de ce cours est faite par un examen (2 h).

**Responsable** : Thierry Lépine

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 23 October 2012

## 0359 TP projets

A remplir

A remplir

**Responsable** : Thierry Lépine

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 23 October 2012

## 0360 Physique des LED

Présenter les mécanismes physiques à l'origine du fonctionnement des diodes électroluminescentes, depuis les notions physiques fondamentales d'interaction lumière-matières, jusqu'aux problématiques d'extraction de lumière.

La technologie des LED a connu un essor considérable ces 20 dernières années, constituant une nouvelle source de lumière petite, fiable, électriquement efficace et intense. De nombreuses applications s'ouvrent à ces nouvelles technologies, dans tous les domaines de l'éclairage (éclairage public, automobile, médecine etc).

L'objectif de ce cours est d'étudier la physique régissant le fonctionnement de ces dispositifs.

La première partie du cours consiste à analyser les principes d'émission et d'absorption de la lumière dans les semiconducteurs, pour en déduire notamment le spectre d'émission des LED en fonction des matériaux



et technologies utilisées.

Dans une seconde partie, on décrira le fonctionnement électrique des LED à homo et hétéro jonction.

Enfin, dans une dernière partie, on s'intéressera aux problèmes d'extraction de la lumière dans les LED, s'intéressant également au cas particulier des RCLED, LED a cavité résonante.

#### **Niveau requis**

Mécanique quantique et physique des semiconducteurs élémentaires

#### **Modalités d'évaluation**

Examen écrit

**Responsable** : Raphaël Clerc

**Période** : Automne

**Dernière mise à jour** : Monday 02 September 2013

## **0361 Bureau d'Etude de conception de fermes solaires**

Apprendre à concevoir un système photovoltaïque dans son ensemble et apprendre à estimer la production d'électricité de ce système.

Un système photovoltaïque est composé de différents éléments qui influent grandement sur la production totale et sur le cout de l'installation. L'objectif de ce cours est de comprendre le fonctionnement global du système et d'apprendre à le dimensionner.

#### **Niveau requis**

Radiometrie, semiconducteur

**Responsable** : Raphaël Clerc

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 09 September 2013

## **0362 Color reproduction**

The targetted skills of this course are:

- Mastering the radiometric concepts and the way they can be measured.
- Recognising the different optical phenomena underlying the visual appearance of objects (absorption, reflection by interfaces, surface or volume scattering, propagation of light in stratified media).
- Predicting the evolution of color as a function of varying parameters such as: refractive indices, dye or

pigment concentration, surface topology, layer thickness...

- Handling concepts related to printing, such as image dithering and printing resolution, determining the resolution limit for a given printing system
- Knowing the main printing systems and their capacities
- Having understood the principle of the prediction models, and knowing the main steps to carry out color prediction,

The appearance of objects comes from the interpretation by the human observer of the light signal reflected by (or transmitted through) the object in its lighting environment. The aim of this course is to introduce some of the main optical phenomena underlying the visual appearance of colored surfaces (i.e. surfaces on which a coloration process has been applied, such as painting, coating, printing...) and to learn how the appearance can be scientifically assessed, physically measured, and/or predicted by taking into account the physical parameters of the coloration process and of the materials, the geometry of the illumination and observation systems.

#### **Niveau requis**

Notions de photométrie et de colorimétrie

#### **Modalités d'évaluation**

Projet

**Responsable** : Mathieu Hébert

**Période** : Automne

**Nombre d'heures** : 12

**Dernière mise à jour** : Tuesday 17 September 2013

## **0363 Conception Optique 3A (Saint Etienne)**

A compléter

**Responsable** : Thierry Lépine

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Wednesday 18 September 2013

## **0365 Bureau d'étude sur la conception d'éclairages**

Fournir un aperçu du domaine de l'éclairagisme via un retour d'expérience et une initiation aux compétences professionnelles qu'il met en jeu.

Dans le secteur du bâtiment, la France a une spécificité en ce que des concepteurs lumières soient souvent impliqués. Cela témoigne d'une certaine culture de la mise en lumière. Avec les problématiques du Grenelle de l'Environnement (sobriété énergétique des sources et bâtiments, éco-conception) et l'arrivée de la technologie LED, l'éclairagisme est en pleine évolution.

Au cours d'un chantier, le bureau d'études éclairage peut être impliqué à diverses étapes, pour des prestations, interlocuteurs et responsabilités variables.

L'optique est présente lors de la conception des luminaires, des ouvertures, des matériaux, mais aussi lors de l'utilisation des outils de simulation et de diagnostic.

Ce cours mettra l'accent sur l'étape de dimensionnement des installations d'éclairage artificiel, et des problématiques qui en découlent via quelques exemples sur un logiciel représentatif.

Plan du cours :

3h de cours magistral

Présentation des phases d'un chantier du bâtiment typique, et interventions de l'éclairagiste

Secteurs impactés et principales normes & labels spécifiques

Différentes phases étude et logiciels correspondants

9h de cours sur machines

- Exemples pratiques de simulation d'une pièce, d'un luminaire

- Implantation et gestion des luminaires

- Types de rendus possibles

( Projet : mise en lumière à partir de plans fournis, si possible importation de fichiers IES depuis ZEMAX. )

#### **Niveau requis**

Radiométrie

Colorimétrie

#### **Modalités d'évaluation**

Projet

**Responsable** : Raphaël Clerc

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 07 October 2013

## **0370 Optique Physique 3**

Approfondissement des compétences sur la diffraction (réseaux, optique diffractive, nanophotonique, éléments d'optique électromagnétique)

Approfondissement des compétences sur le speckle (définition, propriétés, modélisation, applications)

Série de cours TD sur des illustrations de la diffraction et du speckle permettant de détailler et d'approfondir les concepts et les propriétés physiques

**Niveau requis**

Optique Physique II  
Transformation de Fourier  
Matlab

**Modalités d'évaluation**

un examen écrit de trois heures à l'issue du cours, dans le style des séances de cours/TD

**Responsable** : Pierre Chavel

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Friday 29 November 2019

## 0371 Non conventional imaging: Polarization imaging

A rédiger

A rédiger

**Responsable** : Matthieu Boffety

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 23 January 2020

## 0401 Anglais

En conformité avec les instructions de la CTI, l'anglais est un outil de travail et d'étude pour l'élève ingénieur.

L'objectif des deux premières années est d'atteindre le niveau C1 du Cadre Européen de Références en langues, quel que soit le parcours de l'élève.

**Modalités d'évaluation**

Notation :

Pour chaque semestre, environ 3 épreuves sont notées et la moyenne donne la note de contrôle continu, pondérée par une note de participation. Les absences non justifiées sont sanctionnées.

Si la moyenne du semestre est inférieure à 10 au module, l'élève doit se présenter à un examen de deuxième session, ou de rattrapage.

**Responsable** : Annick Manco, Nathalie Westbrook  
**Période** : Hiver & Printemps  
**Crédits ECTS** : 2 par semestre  
**Dernière mise à jour** : Thursday 03 November 2016

## 0402 Seconde langue

Les secondes langues enseignées sont: l'allemand, l'espagnol, le suédois, le chinois et le japonais.

**Responsable** : Annick Manco  
**Période** : Hiver & Printemps  
**Nombre d'heures** : 90  
**Dernière mise à jour** : Thursday 03 November 2016

## 0403 French as a foreign language

French as a foreign language

**Responsable** : Annick Manco  
**Période** : Hiver & Printemps  
**Nombre d'heures** : 20  
**Crédits ECTS** : 2  
**Dernière mise à jour** : Thursday 03 November 2016

## 0501 Stages

OFFRES de STAGES déposées en ligne validées par l'Ecole :  
<http://paristech.institutoptique.fr/stage>

Les "Ressources Pédagogique" (cliquer en haut à droite) contiennent des informations relatives aux stages en France et à l'étranger, ainsi que des offres de stages (non déposées en ligne), des catalogues de stages, les stages effectués les années précédentes, etc.

**Responsable** : Arnaud Dubois

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 17 September 2019

## 0603 Règlements

Vous trouverez sur cette page l'ensemble des règlements de l'Institut d'Optique.

**Responsable** : Denis Boiron, Franck Delmotte

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Wednesday 13 May 2020

## 0606 COFOR

Archivage des CR et documents du COFOR

Archivage des CR et Documents du Conseil de la Formation : COFOR

**Responsable** : Cathel Tourmente

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 12 July 2010

## 0701 Séminaires 2009/2010

Vous trouverez dans les ressources pédagogiques l'ensemble des conférences et présentations données pour la rentrée 2009-2010.

**Responsable** : Vincent Josse, Sylvie Lebrun, François Goudail

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Wednesday 16 September 2009

## 0702 Sclolarité 1A

Vous trouverez sur ce site l'ensemble des présentations faites dans le cadre de la sclolarité 1A

Les documents se trouvent dans les ressources pédagogiques (en haut à droite...)

**Responsable** : Sébastien De Rossi

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 11 September 2012

## 0703\_B Sclolarité 2A Bordeaux

documents relatifs à la sclolarité

**Responsable** : Jean Augereau, Nicolas Dubreuil

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 10 February 2020

## 0703\_P Sclolarité 2A Palaiseau

Les documents se trouvent dans les ressourcent pédagogiques (en haut à droite)

**Responsable** : Benjamin Vest

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 07 January 2019

## 0703\_SE Sclolarité 2A St Etienne

sclolarité

**Responsable** : Mathieu Hébert, Raphaël Clerc, Franck Delmotte

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 02 January 2020

## 0704\_B Sclolarité 3A Bordeaux

Sclolarité

**Responsable** : Nicolas Dubreuil

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 20 August 2020

## 0704\_P Sclolarité 3A Palaiseau

Les documents se trouvent dans les ressources pédagogiques (en haut à droite...)

**Responsable** : François Goudail, Frédéric Capmas, Vincent Josse, Franck Delmotte, Nathalie Westbrook, Françoise Chavel

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Wednesday 30 September 2009

## 0704\_SE Sclolarité 3A Saint-Etienne

sclolarité

**Responsable** : Raphaël Clerc, Mathieu Hébert, Franck Delmotte

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 02 January 2020



## 0705 Master in LASER OPTICS MATTER

These pages contain information about the 2nd Year Master's programme in OPTICS, Speciality Optics, Matter and Plasmas (OMP).

**Responsable** : Rosa Tualle Brouri, Charlene Joly

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 16 September 2014

## 0706 Master 2 ROSP

Master 2 ROSP

**Responsable** : Nicolas Dubreuil

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 16 March 2015

## 0750 Logiciel anti-plagiat

Utilisation d'EPHORUS

Types De fichiers

Ephorus travaille avec les fichiers suivants : MS Office (DOC), Plain text (TXT), Adobe PDF\* et Open Office (SXW et ODT).

\*Ephorus ne traite que les fichiers PDF contenant du texte.

Compatibilité entre systèmes d'exploitation

Ce service fonctionne aussi si vous transmettez les documents avec un Macintosh. Ephorus a cependant besoin d'une extension de fichier pour définir le type de document concerné. Indiquez l'extension du fichier que vous souhaitez transmettre en renommant le document et en ajoutant par exemple ".doc" à un fichier Microsoft Word. Renommez un fichier PDF en ".pdf". De la sorte, vous ne rencontrerez aucun problème pour transmettre des fichiers vers Ephorus.

Accès au site: <https://www1.ephorus.com/students/handin.jsp?lang=en>

Rmq: En plus du nom, prénom et email, il est demandé un Code. Il faut entrer memoire\_anglais. Comme ID Etudiant, vous donnez votre Numéro de Badge

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Wednesday 02 March 2016

## 0801 1A Emplois du temps

Cliquer sur "Ressources pédagogiques" (à droite) pour consulter les emplois du temps de première année.

Contact : Mme Cathel TOURMENTE - cathel.tourmente@institutoptique.fr

**Responsable** : Sébastien De Rossi, patricia balta-petit

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 11 September 2012

## 0802\_B 2A-Master 1-Emploi du temps -Bordeaux

Organisation de la seconde année du cycle ingénieur à Bordeaux

Emploi du temps et syllabus

**Responsable** : Stéphanie Schultze, Jean Augereau, Yolène Mbueno

**Période** : Hiver & Printemps

**Nombre d'heures** : 685

**Crédits ECTS** : 60

**Dernière mise à jour** : Monday 15 September 2014

## 0802\_P 2A Emplois du temps - Palaiseau

Cliquer sur "Ressources pédagogiques" (à droite) pour consulter les emplois du temps de 2° année (semestre 7 et 8) du site de Paris-Saclay

**Responsable** : Cathel Tourmente, Franck Delmotte  
**Période** : Hiver & Printemps  
**Dernière mise à jour** : Thursday 31 January 2019

## 0802\_SE 2A-Master 1-Emploi du temps -Saint-Etienne

**Responsable** : Mathieu Hébert, Raphaël Clerc  
**Période** : Hiver & Printemps  
**Dernière mise à jour** : Wednesday 19 September 2012

## 0803\_B 3A - Master 2 - Emplois du temps-Bordeaux

Emploi du temps et syllabus de 3ème année à Bordeaux

**Responsable** : Stéphanie Schultze, Nicolas Dubreuil  
**Période** : Hiver & Printemps  
**Nombre d'heures** : 680  
**Crédits ECTS** : 60  
**Dernière mise à jour** : Monday 20 October 2014

## 0803\_P 3A - Master 2 - Emplois du temps-Palaiseau

Cliquer sur "Ressources pédagogiques" (à droite) pour consulter les emplois du temps de 3° année et M2 (Optique de la Science à la Technologie)

**Responsable** : Charlene Joly, Cathel Tourmente  
**Période** : Hiver & Printemps  
**Dernière mise à jour** : Tuesday 11 September 2012

## 0803\_SE 3A - Master 2 - Emplois du temps-Saint-Etienne

emploi du temps 3A

**Responsable** : Raphaël Clerc, Mathieu Hébert

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Wednesday 09 October 2013

## 0900 International

Contenu du site international

**Responsable** : Pierre Baladi, Sita Baby

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Monday 24 October 2011

## 101 FIE

A remplir

**Responsable** : Frédéric Capmas

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 27 September 2012

## 102 FIE - St Etienne

A remplir

**Responsable** : Frédéric Capmas

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 27 September 2012

## 103 FIE - Bordeaux

A remplir

**Responsable** : Frédéric Capmas

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Thursday 27 September 2012

## 111 Apprentissage : Découverte de la filière

Pour découvrir la filière par apprentissage rendez vous sur la page "ressources pédagogiques" (lien en haut à droite).

**Responsable** : Vincent Josse, Denis Boiron, Nathalie Westbrook

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 23 October 2012

## 112 Apprentissage : Offres

Vous trouverez les offres d'apprentissages actuellement disponibles en suivant le lien en haut à droite.

**Responsable** : Nathalie Westbrook, Olivier Fortin, Vincent Josse

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 23 October 2012

## 113 Formation spécifique

A remplir

La formation par apprentissage permet une pédagogie spécifique où le jeune apprenti intègre, au fil des alternances, des connaissances tant lors de sa présence en entreprise que lors de ses séquences au CFA.

Les pages suivantes (lien en haut à droite) décrivent les différents aspects de la formation spécifique au CFA.

**Responsable** : Vincent Josse, Olivier Fortin

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 23 October 2012

## 114 Documents de références

Vous trouverez l'ensemble des documents relatifs à la filière apprentissage à l'IIOGS en suivant le lien (haut à droite).

**Responsable** : Vincent Josse, Olivier Fortin

**Période** : Hiver & Printemps

**Dernière mise à jour** : Tuesday 15 September 2009