

Institut d'Optique Graduate School

Descriptif des enseignements
de deuxième année

2009-2010

Table des matières

Systemes optiques et imagerie

Optique de Fourier
Aberrations et diffraction
Radiométrie et systèmes de détection
Conception de systèmes optiques
Projet de conception optique

Photonique

Lasers
Optique non linéaire
Optique des ondes guidées
Travaux pratiques d'optique – Semestre 1
Travaux pratiques d'optique – Semestre 2

Sciences de l'ingénieur

Electronique
Informatique
Initiation à Labview
Initiation à SolidWorks
Projet Système

Formation généraliste de l'ingénieur

Gestion
Jeu d'entreprise
Formation au métier d'ingénieur
Anglais
Deuxième langue vivante (allemand, espagnol, chinois, japonais, suédois).

Modules optionnels (physique)

Physique statistique
Interaction matière-rayonnement
Optique physique II
Electro- et acousto optique
Electronique Rapide
Diodes laser
Biologie pour les physiciens

OPTIQUE DE FOURIER

Enseignant : Jean Taboury

Volume horaire : 21 h

Le cours traite des fondements de la diffraction en champ lointain en optique cohérente. Les effets de l'étendue spectrale et spatiale de la source sur la cohérence du signal optique et la formation des images seront ensuite introduits ainsi que les propriétés des images optiques en éclairage incohérent en présence ou non des aberrations.

OPTIQUE DE FOURIER COHERENTE :

Théorie scalaire de la diffraction - Décomposition en ondes planes du champ lointain - Fonction de transfert de l'espace homogène. - Relation entre le spectre en ondes planes et le spectre en fréquence spatiale d'une modulation. - Notion sur les composants diffractifs périodiques. - Notions de paquets d'ondes planes - Optique de Fourier - Propagation et traitement d'une modulation en optique paraxiale.

PROPRIETES DES IMAGES EN ECLAIRAGE INCOHERENT :

Cohérence spatiale - condition de linéarité en éclairage - Réponse percussionnelle d'un système optique - fonction d'étalement du point. - Analyse en fréquences spatiales d'une image. - Effet du degré de la cohérence spatiale sur la formation des images. Fonction de transfert en éclairage incohérent.

ABERRATIONS ET DIFFRACTION

Enseignant : Pierre Chavel

Volume horaire : 17 h

A la jonction des cours d'aberrations et d'optique physique, cet enseignement présente l'application des concepts de l'optique de Fourier à l'étude de la tache aberrante d'un instrument et introduit deux concepts de domaines d'application très large : la fonction de transfert des instruments aberrants, et les polynômes de Zernike pour le développement des aberrations d'un front d'onde limité par une pupille circulaire sur une base orthogonale. Le cours est illustré par des travaux dirigés, des simulations sur ordinateur et des présentations de logiciels portant d'une part sur l'étude des faibles aberrations et d'autre part sur l'imagerie astronomique.

Expression de la tache de diffraction d'une onde aberrante.

Critères de Rayleigh et de Maréchal pour la qualité d'un front d'onde.

Développement de l'écart normal en polynômes de Zernike, application au 3ème ordre.

Fonction de transfert et réponse percussionnelle des instruments aberrants.

Applications : qualité d'imagerie en présence de défaut de mise au point, optique adaptative.

RADIOMETRIE ET SYSTEMES DE DETECTION

Enseignant : Jean-Louis Meyzonnette, Riad Haidar, Hervé Sauer

Volume horaire : 54 h

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 (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.
- 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 détection laser et infrarouges (les systèmes de télécommunication optique, traités par ailleurs, ne sont pas abordés ici).

Le plan du cours est le suivant :

Introduction générale

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

Systèmes de détection :

Grandes familles de capteurs optroniques ; Calcul du signal utile au capteur et du bruit (définition de la bande passante équivalente de bruit) ; Calcul du rapport signal à bruit, et son optimisation (par filtrage adapté, optique ou électronique) ; établissement d'un bilan de liaison, ou de portée. Description et évaluation de divers systèmes lasers utilisés pour des mesures de distances (télémétrie), de vitesses (vélocimétrie Doppler), de directions ou de positions, pour la caractérisation de l'atmosphère en pollution ou mesure de vent (lidars atmosphériques) et de systèmes infrarouges (thermographie et imagerie IR : sensibilité thermique, NETD)

CONCEPTION DE SYSTEMES OPTIQUES

Enseignant : Jacques Sabater, Raymond Mercier, Gaëlle Lucas-Leclin

Volume horaire : 44,5 h

L'objectif du cours est d'apporter aux étudiants une compétence en calcul des aberrations des systèmes optiques et en techniques d'optimisation permettant la réduction de ces aberrations. La première partie du cours est magistrale et théorique, elle permet une compréhension des phénomènes indispensable à la suite. La deuxième partie, effectuée sur ordinateur montre les principes de base de l'optimisation nécessaire à la conception de systèmes

Partie I (30 h de cours, J. Sabater)

Principe du calcul des aberrations, utilisation de l'écart normal

Etude des aberrations du 3^e ordre, variation avec la pupille, sommes de Seidel

Critères de qualité, programmes d'optimisation, tolérancement et excentrement

Travaux dirigés (19h ; G. Lucas-Leclin, R. Mercier, Y. Sortais)

5 TD sur papier (" traditionnels ", durée 1h30) et 6 TD sur machine (durée 2h, sur logiciel OSLO)

- Les TD sur papier sont l'occasion d'étudier des configurations classiques simples, de mettre en pratique les méthodes d'évaluation des aberrations d'un système optique et de donner les lignes directrices de conception.

- Les TD sur machine ont pour objectif l'étude de systèmes dont le calcul " à la main " serait trop fastidieux, d'initier à la conception optique et de visualiser les caractéristiques typiques (réponses percussionnelles, front d'onde, ...) de systèmes.

Projet (14h + soutenances ; G. Lucas-Leclin, R. Mercier, J. Sabater)

4 séances libres, 2 bureaux d'étude encadrés

choix des élèves par binômes

évaluation par compte-rendu et soutenance.

PROJET DE CONCEPTION OPTIQUE

Enseignant : Gaëlle Lucas-Leclin, Jacques Sabater, Raymond Mercier

Volume horaire : 22,5 h

Le projet de Conception Optique de 2^{ème} année s'inscrit dans la continuité directe du cours de Conception Optique, dont il exploite les notions et les applications faites en travaux dirigés. Il est l'occasion de mettre en pratique les connaissances des étudiants pour traiter un problème réaliste relativement peu complexe. Le tolérancement d'un système est abordé.

Ce projet est réalisé à l'aide du logiciel OSLO, avec lequel les étudiants sont formés pendant le cours de Conception Optique.

LASERS

Enseignant : François Balembois

Volume horaire : 33 h

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 traitées 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 sphérico-gaussienne
- 2) Étude détaillée de l'onde sphérico-gaussienne
- 3) Comment faire des cavités stables ?
- 4) Modes d'ordre supérieurs

VI - LES DIFFERENTS TYPES DE LASERS

VI - SECURITE LASER

VIII - APPLICATIONS DES LASERS.

OPTIQUE NON LINEAIRE

Enseignant : Nicolas Dubreuil

Volume horaire : 21 h

Avec l'apparition des lasers est apparue une nouvelle branche de l'optique : l'optique non linéaire. Les effets nouveaux qui en découlent (génération de second harmonique, mélange de fréquences, effet Kerr, ...) ouvrent la voie à de très nombreuses applications qui ont révolutionné l'optique moderne et les télécommunications optiques. L'objectif de ce cours est d'apporter les notions de base de l'optique non linéaire et de permettre aux étudiants de maîtriser ses concepts et ses applications.

- I- Introduction à l'optique non linéaire
 - Rappels d'optique linéaire
 - Susceptibilités non linéaires
 - Equation de propagation non linéaire
- III- Effets du deuxième ordre
 - Génération de second harmonique – Accord de phase
 - Amplification et oscillation paramétriques optiques
 - Matériaux à quasi-accord de phase
- IV- Effets du troisième ordre
 - Effet Kerr, mélange à quatre ondes
 - Propagation d'impulsions courtes, solitons
 - Diffusion Raman spontanée, et stimulée
 - Diffusion Brillouin spontanée et stimulée
 - Absorption à deux photons
- V- Quelques notions de la théorie microscopique des susceptibilités

OPTIQUE DES ONDES GUIDEES

Enseignant : Jean-Michel Jonathan

Volume horaire : 28,5 h

Le but du cours est de donner les éléments de base permettant la compréhension des éléments essentiels que sont, dans un système de communications par fibres optiques, la dispersion et l'atténuation. Les propriétés principales des fibres à faible nombre de modes sont détaillées, ainsi que les notions de couplage entre modes, de façon à aborder 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.

Technologie des fibres et mesure

Matériaux, fabrication des fibres, préformes, fibrage

Raccordements, épissures connecteurs

Contrôle et caractérisation, réflectométrie.

TRAVAUX PRATIQUES D'OPTIQUE – SEMESTRE 1

Enseignant : Lionel Jacubowicz

Volume horaire : 40,5 h

4 séances de travaux pratiques sont consacrées à l'approfondissement des notions de photométrie et de détection optique dans le domaine visible et infrarouge.

Les trois premiers TP doivent permettre de mieux appréhender les notions de flux, de luminance, d'intensité et d'étendue géométrique, en particulier dans les systèmes optiques.

Le TP sur le photomultiplicateur propose surtout une étude du bruit de photons dans le domaine temporel à l'oscilloscope et dans le domaine fréquentiel avec un analyseur de spectre.

La caméra infrarouge permet l'étude d'un imageur dans le domaine de l'infrarouge lointain. Il s'agit d'un capteur matriciel de micro bolomètres.

1 - Mesures de luminances:

Correspondances entre les diverses grandeurs photométriques. Calibration d'un détecteur visuel (cellule au silicium avec filtre $V(\lambda)$) avec une lampe étalon d'intensité. Mesures de luminances de diverses sources.

2 - Mesures de flux totaux (sur 4π stéradians):

Calibration d'une sphère intégrante avec une lampe étalon de flux. Mesures du flux total émis par diverses sources.

3 - Étude photométrique d'un objectif:

Mesures de transmission, des nombres d'ouverture, du vignettage et du taux de lumière parasite.

4 - Le photomultiplicateur - Bruits et détection:

Prise en main du photomultiplicateur RTC 150 CVP. Précautions d'emploi. Rôle de la résistance de charge. Étude de l'influence sur le gain, de la tension d'alimentation, d'un champ magnétique. Étude du bruit de photons dans le domaine temporel à l'oscilloscope et dans le domaine fréquentiel avec un analyseur de spectre.

5- Étude d'une caméra Infrarouge :

Prise en main d'une caméra IR. Rayonnement du corps noir. Emissivité. Mesure du bruit. Evaluation du minimum de température détectable. Mesure de résolution spatiale.

TRAVAUX PRATIQUES D'OPTIQUE – SEMESTRE 2

Enseignant : Lionel Jacubowicz

Volume horaire : 54 h

Les 12 séances de travaux pratiques de ce trimestre sont consacrées à l'approfondissement des notions dans le domaine des lasers, des aberrations des systèmes optiques et de la détection optique, dans le domaine visible et infrarouge. (4 TP sur l'étude de la qualité de systèmes optiques, 4 TP sur diverses sources lasers, 4 TP sur l'étude de divers systèmes de détection et le traitement du signal approprié)

Mesures des aberrations des systèmes optiques (4 séances)

Les différents types d'aberrations sont étudiés sur plusieurs systèmes optiques par deux types de méthodes : étude visuelle de la tache image d'un point lumineux et étude du front d'onde aberrant transmis (méthode interférométrique : ZYGO ou par analyse du front d'onde : HASO).

1 – Aberration sphérique et chromatique

Etude de ces aberrations au point lumineux sur l'axe de systèmes optiques

2 – Astigmatisme et coma

Etude de ces aberrations au point lumineux en fonction de l'angle de champ)

3 – Analyse de fronts d'onde aberrants avec un HASO

Etude d'un objectif. Mesure du défaut de front d'onde. Calcul de la PSF et de la FTM.

4 – Utilisation de l'interféromètre Zygo pour l'étude des aberrations

Etude de divers systèmes optiques. Mesure du défaut de front d'onde. Calcul de la PSF et de la FTM.

Étude de différents types de lasers (4 séances)

Étude des différentes caractéristiques de l'effet laser (pompage, seuil, modes, ...) à travers plusieurs types de lasers couramment utilisés (gaz, solide, semi-conducteur, fibre dopée):

5 – Lasers à gaz : hélium-néon

Etude des modes longitudinaux, battements de modes, Laser à cavité ouverte- Etude la stabilité- Etude des modes transversaux

6 – Diode laser

Mesures de caractéristiques de puissance et de longueur d'onde, Modulation haute fréquence, Analyse à l'aide d'un Fabry Perrot confocal

7 – Laser Nd:YAG pompé par diode laser

Etude de la durée de vie du niveau excité, Cavité laser à 1.06 microns, Mode laser pulsé par absorbant saturable, Doublage intracavité

8 – Amplificateur à fibre dopé Erbium. Laser à fibre

Mesure du gain en fonction de la longueur d'onde, Etude de la saturation du gain, Etude de l'émission spontanée amplifiée, Réalisation d'un Laser à fibre

Bruit et Détection (4 séances)

9 –Bruits d'un système de photodetection

Etude et mesure du bruit d'amplification, Etude du bruit thermique d'une résistance (thermomètre à bruit), Etude du bruit de photons.

Réduction du bruit de photon avec une source LED de fort rendement

10 – Caractérisation d'un Détecteur Infrarouge (InSb ou HgCdTe)

Etude d'un détecteur BLIP, Mesure de la réponse corps noir, Mesure du bruit du détecteur, Mesure de la sensibilité spectrale relative.

Notion de détectivité spectrale et de NEP.

11 – Télémétrie laser par mesure de temps de vol

Etude d'un télémètre laser utilisant un microlaser à 1.5 microns, Etude de la résolution du télémètre, Etude de la propagation dans les câbles BNC et des problèmes d'adaptation d'impédance.

12 –Réflectométrie appliquée aux fibres telecom:

Etude d'un OTDR pédagogique, Mesure de la puissance rétrodiffusée, Mesure de l'atténuation dans les fibres et les connecteurs

ELECTRONIQUE

Enseignant : Franck Delmotte

Volume horaire : 52 h

L'objectif de ce cours est d'approfondir **par la pratique** les notions d'électroniques apprises en première année et de fournir des connaissances fondamentales sur des notions plus nouvelles, telles que la conversion analogique-numérique et les boucles à verrouillage de phase. Il est constitué de travaux dirigés, certains sous forme de bureau d'étude, et de travaux pratiques

Travaux dirigés

TD1 – Oscillateurs à contrôle automatique de gain

TD2 – Synthèse de filtres actifs

TD3 – Conversions analogique numérique et numérique analogique

TD4 - Les boucles à verrouillage de phase

Travaux Pratiques

L'objectif de ces travaux pratiques est d'appliquer les connaissances acquises en électronique analogique et numérique en première et deuxième année.

Le but du mini-projet est de confronter les étudiants aux problèmes liés à la réalisation d'un circuit électronique à partir d'un cahier des charges (choix des technologies utilisées, choix des composants, ...).

Les travaux pratiques d'électroniques comportent 7 séances de TP plus un mini projet sur 3 séances sur le thème de la modulation/démodulation.

TP1 - Les oscillateurs

TP2 - Les filtres actifs

TP3 - Les filtres à capacités commutées

TP4 - Les conversions analogique - numérique et numérique - analogique

TP5 - La détection synchrone

TP6 et 7 - Les boucles à verrouillage de phase : Fonctionnement et application à la démodulation de fréquence

TP8,9 et 10 - mini projet

INFORMATIQUE

Enseignants : François Goudail, Sylvie Lebrun, Jean-Marie Feybesse

Volume horaire : 40 h

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

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

- Séances 8 à 10

Mini projet : détection de bords et poursuite d'objets dans une séquence d'images.

INITIATION A LABVIEW

Enseignant : Frédéric Capmas

Volume horaire : 13,5 h

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 (20 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 (8 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'une station météorologique) et de rendre disponible via le réseau l'ensemble des informations acquises.

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

INITIATION A SOLIDWORKS

Enseignant : David Holleville

Volume horaire : 28 h

- 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

PROJET SYSTEME

Enseignant : Lionel Jacubowicz

Volume horaire : 40,5 h

Le projet système a pour objectif de favoriser l'esprit d'initiative des étudiants et de les préparer à la gestion de projets.

Il s'organise autour de petits sujets de recherche ou de réalisation proposés par les enseignants.

Les étudiants doivent apprendre à s'organiser, à travailler par groupe de 2, 3 ou 4 selon les sujets.

Ces projets peuvent être très divers :

• projets de type "recherche" : mesure de largeurs spectrales de diodes laser, diode laser fibrée en cavité étendue

• réalisations ou améliorations de Travaux Pratiques : Interférométrie de speckle, asservissement en position d'un faisceau laser, traitement d'images infrarouges, ellipsométrie

• projets de type "industriel" : topographie par projection de franges, étude du comportement dynamique d'un ressort de soupape, réalisation d'un corps noir différentiel.

Les sujets de projet système sont par définition pluridisciplinaires et comportent en général de l'optique, mais aussi de la mécanique, de l'électronique, de l'informatique,...

Pendant les séances, les élèves auront toute liberté de mener leur étude comme ils le souhaitent, l'objectif étant de mettre à l'épreuve leur capacité d'organisation du travail et leur esprit d'initiative.

L'évaluation des Travaux Pratiques repose sur 2 points :

- l'habileté, l'autonomie et l'esprit d'initiative des étudiants pour mener leur projet
- une soutenance orale (15 minutes) suivie de questions techniques

Selon les sujets la rédaction d'un compte rendu peut être demandé par l'enseignant.

GESTION

Enseignant : Olivier fortin

Volume horaire : 18 h

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

Plan du cours

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

1^{ère} 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.

2^{ème} 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'œuvre.
 - 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.

Des exemples simples et chiffrés sont traités en cours

Des cas plus complets sont étudiés lors des 2 séances de travaux dirigés, l'une étant consacrée à la comptabilité générale et l'autre à la comptabilité analytique.

JEU D'ENTREPRISE

Enseignant : Christian Fialek

Volume horaire : 24 h

Synthétiser par le concret les notions sur le fonctionnement d'une entreprise

Plan du cours

Le jeu se déroule sur 4 jours. Son but est de simuler le management et la gestion une entreprise en entrant dans la peau des dirigeants.

Toutes les principales fonctions de l'entreprise sont vécues : PDG, DG, DAF, DRH, Directeur de Production, Directeur Marketing, Directeur Commercial.

FORMATION AU METIER D'INGENIEUR

Enseignant : Gilles Le Boudec

Volume horaire : 18 h

Le but de cet enseignement sur une semaine "bloquée" est de provoquer un changement d'état d'esprit des élèves vis à vis du monde de l'entreprise : ce n'est pas un domaine dont il faut repousser la connaissance à la sortie de l'école mais au contraire un monde qu'il faut connaître bien avant pour s'y insérer correctement.

Il est conçu sous une forme vivante avec des cours le matin et des témoignages l'après midi.

L'évaluation est effectuée à partir d'un rapport et d'une soutenance en groupe sur un sujet transverse qu'il est possible de traiter en synthétisant les plusieurs cours donnés dans la semaine. Un temps de travail en groupe est ménagé dans l'emploi du temps. Il est encadré par deux enseignants qui interviennent dans la semaine.

Le plan du cours est le suivant :

Stratégie d'entreprise (6h)

- Introduction : présentation des travaux de la semaine – explicitation de ce qui sera demandé aux élèves en restitution.
- Notions de mercatique et définition de la stratégie d'entreprise
- Après-midi témoignages de dirigeants d'entreprise

L'industrialisation et la production

cours 3h

témoignage : industrialisation et production dans le monde automobile

Management d'équipe (3h)

Travail sous forme d'atelier

Improvisation (3h)

Travail sous forme d'atelier

Management de projet (3h)

Travail en groupe sur le sujet de l'évaluation (3h)

ANGLAIS

Enseignant : Annick Manco

Volume horaire : 48 h

L'objectif de la deuxième année est de donner aux élèves-ingénieurs la capacité d'être opérationnel et d'étudier en anglais avec autonomie et aisance. Travailler toutes les compétences de façon intégrée et se préparer la vie professionnelle découlent tout naturellement de cet objectif.

Les notes de fin de première année déterminent les groupes (A, B ou C).

Un étudiant qui risque de ne pas atteindre le niveau TOEIC 750 en troisième année bénéficiera d'un suivi particulier, mais devra aussi effectuer des devoirs supplémentaires.

Les deux filières ont les mêmes cours, de deux heures, qui s'articulent sur deux semestres de 12 semaines environ. La première séquence est davantage axée sur les CV, les entretiens, l'actualité et la culture d'entreprise, principalement à l'aide d'études de cas. En deuxième séquence, les élèves de la filière classique travaillent en groupe sur leur mémoire, alors que les filières CFA et FIE se concentrent sur le travail individuel, organisé à partir des « Reith lectures ».

DEUXIEME LANGUE VIVANTE

Enseignant : Annick Manco

Volume horaire : 42 h

L'apprentissage d'une deuxième langue est obligatoire, sur deux années.
Les cours, de deux heures, sont organisés par niveau en espagnol et allemand. Les élèves peuvent poursuivre en chinois et japonais.
Un test est prévu en fin d'année pour évaluer la progression et préparer l'éventuelle inscription à des examens (Bulats) en troisième année.

Les cours visent à élargir et approfondir la culture des élèves et à les préparer à leurs stages à l'étranger. Les objectifs sont variés mais toujours d'un authentique intérêt culturel.

PHYSIQUE STATISTIQUE

Enseignant : Jean-Jacques Greffet

Volume horaire : 18 h

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./ TD : Approximation classique.
2. système en contact avec un thermostat. Ensemble canonique. TD : Gaz parfait.
3. Paramagnétisme. TD : Capacité calorifique gaz.
4. Ensemble Grand canonique. TD : Adsorption.
5. Statistiques quantiques. TD : Condensation de Bose-Einstein.
6. Rayonnement corps noir. TD : électrons.

INTERACTION MATIERE-RAYONNEMENT

Enseignant : Alain Aspect, Denis Boiron

Volume horaire : 18 h

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

OPTIQUE PHYSIQUE II

Enseignant : Jean Taboury

Volume horaire : 18 h

Les bases de l'optique statistique sont introduites lorsque la modulation d'une porteuse cohérente est soumise à de faibles perturbations dont seules ses propriétés statistiques sont connues. La notion de granularité laser (speckle) et ses principales propriétés seront ensuite précisées. Les fondements de l'holographie et ses principales applications termineront ce cours.

SPECKLE :

Speckle en lumière cohérente -. Propriétés statistiques d'un diffuseur en volume et en surface – Statistique de l'amplitude et de l'intensité dans l'hypothèse d'une interaction faible – Cohérence spatiale et temporelle - Applications : contrôle interférométrique ...

HOLOGRAPHIE :

Propriétés fondamentales d'un hologramme. Hologramme de Fourier et de Fresnel. - Régime de Bragg et de Raman Nath. - Applications, interférométrie, corrélation (Vander Lugt) ...- Formules de conjugaison, effet du changement de la longueur d'onde et de la courbure du front d'onde de référence.

ELECTRO ET ACOUSTO OPTIQUE

Enseignant : Jean-Michel Jonathan

Volume horaire : 18 h

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 imperméabilité 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.

ELECTRONIQUE RAPIDE

Enseignant : Frédéric Aniel

Volume horaire : 18 h

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

DIODES LASER

Enseignant : Gaëlle Lucas-Leclin

Volume horaire : 18 h

Ce cours développe le principe de fonctionnement des sources laser à semiconducteur, 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.

HISTORIQUE ET MARCHES DES SOURCES LASER A SEMICONDUCTEUR

INTERACTIONS PHOTONS/ELECTRONS-TROUS DANS UN SEMICONDUCTEUR

- Description d'un SC hors équilibre

- Processus d'absorption et d'émission de lumière dans un semiconducteur à gap direct

- Applications aux LED : principales propriétés de l'émission lumineuse

DESCRIPTION D'UNE DIODE LASER

- La cavité laser (structure à émission latérale)

- Couche active structurée : puits quantiques

- Technologie de fabrication des diodes laser

PROPRIETES DE L'EMISSION DES DIODES LASER

- Gain optique dans une jonction PN polarisée

- Propriétés spatiales du faisceau émis

- Caractéristique $P_{opt} = f(I)$

- Propriétés spectrales (spectre d'émission, largeur de raie, stabilisation spectrale)

- Caractéristiques de modulation

BIOLOGIE POUR LE PHYSICIEN

Enseignant : Christian Auclair

Volume horaire : 18 h

Ce module de découverte de la biologie destiné aux physiciens pour objet d'évoquer, d'une manière simple, quelques domaines fondamentaux de la biologie (acides nucléiques, biosynthèse des protéines, biologie cellulaire). Ce cours est commun avec les élèves du M1 « Phytem » (Paris 6)

La première partie du cours concerne la description des acides nucléiques (principalement des ADN) en insistant sur les aspects structuraux conditionnant leurs fonctions.

La deuxième partie concerne la description simplifiée du processus de biosynthèse des protéines incluant les étapes de maturation des ARN (épissage alternatif) et de modifications post-traductionnelles des protéines.

La troisième partie a pour objet d'apporter des notions de biologie cellulaire en insistant sur les aspects relatifs aux architectures fonctionnelles des cellules (organites, cytosquelette, membrane) ainsi que sur les aspects dynamiques (adhérence, motilité, interactions cellules-cellules, cellules-matrice extracellulaire).

Des illustrations seront proposées en référence aux grandes pathologies (maladies génétiques, SIDA, cancers).

1) Structure et fonctions des acides nucléiques (6 heures)

Nature des acides nucléiques

Rappel sur les génomes des organismes (virus, bactéries, cellules eucaryotes)

Conformation et topologie des ADN

Le code génétique

Structure d'un gène

Notions de génomique

2) Biosynthèse des protéines (3 heures)

Transcription : ARNm et ARNt, maturation des ARNm

Traduction : synthèse protéique, maturation, modifications chimiques post-traductionnelles

3) Biologie cellulaire (6 heures)

Architecture des cellules eucaryotes

Interactions intercellulaires

Adhérence et motilité.