

Programme de l'enseignement

Troisième année

Communications et Électronique

SPC

**Systemes Photoniques
et de Communication**

Campus de Metz

2008-2009

édition de juillet 2008

Née de l'industrie, Supélec se caractérise par son domaine : les sciences de l'information, de l'énergie et des systèmes. Ce domaine concerne des techniques très diverses : automatique, informatique, électrotechnique, électronique de puissance, électronique, conception de composants, techniques de communication. Ces techniques sont évolutives, diffusantes et font appel à des connaissances scientifiques de haut niveau. Elles concourent au développement de tous les secteurs d'activité économique. Elles mettent en jeu des méthodes et des concepts demandant des capacités de rigueur, d'analyse et d'abstraction qui peuvent s'appliquer à d'autres domaines, par exemple au management, à l'économie et à la finance.

Les objectifs de la formation s'en déduisent. Il s'agit d'abord d'atteindre un bon niveau scientifique et technique, de maîtriser les systèmes complexes, de parvenir à une bonne connaissance de l'entreprise, d'exercer les capacités d'abstraction, de conception, d'analyse et de communication et d'acquérir ainsi un premier niveau de compétence. Il s'agit également de développer la créativité, l'esprit d'initiative, le sens critique et le sens de la responsabilité, de favoriser le développement personnel, d'encourager le dynamisme, le professionnalisme, le souci du travail bien fait et de la rigueur. Le goût du travail en équipe, l'ouverture d'esprit, la largeur de vue et la convivialité font également partie des qualités attendues d'un ingénieur Supélec.

La troisième année constitue l'aboutissement de la formation de l'ingénieur Supélec. Cette troisième année consiste en l'approfondissement d'un axe particulier et donne une compétence permettant une insertion rapide et réussie dans le milieu professionnel. Le programme est organisé en modules de cours, de travaux dirigés, d'études et de projets, confiés à de nombreux professeurs, experts dans les thèmes enseignés. L'importance de la connaissance des langues explique la place qui leur est faite, et la pratique des sports est vivement conseillée. Le travail en groupe reste la règle pour les travaux dirigés, les études et les projets. Mais le travail individuel demeure bien entendu à la base de la formation. Les initiatives personnelles sont encouragées. La fin de la troisième année est consacrée à un stage industriel.

Je souhaite que cette année soit profitable à chacun, qu'elle contribue à former des ingénieurs compétents, sachant s'adapter à un contexte technique, économique et humain en constante évolution, ayant toujours comme souci la qualité et l'efficacité, aptes à devenir non seulement des femmes et des hommes libres de la société à venir mais également les entrepreneurs et les décideurs de demain.

Olivier Friedel
Directeur des Études

FORME DE L'ENSEIGNEMENT DES OPTIONS DE TROISIÈME ANNÉE

La structure de la troisième année place l'élève dans une situation analogue à celle de l'ingénieur dans une entreprise où il relève de deux autorités : l'une technique pour l'exécution de sa mission, l'autre administrative pour ses relations avec l'entreprise en tant qu'institution.

L'enseignement de troisième année se décompose en deux périodes : une première période académique s'étendant de septembre à fin mars est suivie du travail de fin d'études (TFE) d'une durée de cinq mois.

Enseignement académique

Durant les deux premiers trimestres scolaires, les activités proposées aux élèves sont constituées par des cours, des bureaux d'études, des études courtes ou longues et des projets. La majorité de cet enseignement est spécifique à l'option suivie.

Un enseignement électif (cours électifs scientifiques, économiques et de connaissance de l'entreprise, langues vivantes...) est proposé aux élèves au cours de la troisième année.

Les cours spécifiques à l'option suivie

Cet enseignement, destiné à parfaire les connaissances de l'élève dans le domaine de spécialisation choisi, est dispensé, soit par des enseignants chercheurs dans le cas de cours théoriques, soit par des ingénieurs de l'industrie spécialistes du domaine dans le cas de cours plus techniques.

Les études et projets

Les études courtes (une à huit séances de 4,5h selon les études et les options), ou longues (projets) accompagnent la formation des élèves. Les études longues sont, pour la plupart, réalisées sous la forme de CEI (Convention d'Étude Industrielle). Les CEI constituent, avec les stages de fin d'études, deux composantes essentielles de la pédagogie de Supélec qui facilitent la transition vers le monde de l'entreprise. Les élèves, organisés en binômes ou trinômes, effectuent un projet de recherche ou de développement sur un sujet proposé à l'École par une entreprise dans le cadre d'une convention de partenariat. Ce projet se déroule sous la responsabilité scientifique et pédagogique d'un enseignant-chercheur. Il fait l'objet d'un mémoire et d'une soutenance.

Les cours électifs

Selon le campus où ils se situent, et à Gif selon leur série d'appartenance, les élèves ont à choisir deux cours électifs parmi ceux qui leur sont proposés. Les modalités de ce choix sont précisées lors des séances d'information organisées dès la rentrée de la troisième année.

Certains élèves sont autorisés à préparer une formation de troisième cycle. Ils suivent alors quelques cours à l'Université et sont dispensés des cours électifs.

Les langues vivantes

Les élèves de troisième année ont l'obligation de suivre deux demi-modules de langues, c'est-à-dire un créneau d'une heure et demie de langues par semaine pendant les deux premiers trimestres scolaires.

Les cours sont organisés en séquences, selon le même principe qu'en première et deuxième années. Les langues proposées à Gif sont : allemand, anglais, arabe, chinois, espagnol, français-langue étrangère, italien, japonais et russe. À Metz et à Rennes, les possibilités dépendent des demandes. Il existe, dans toutes les langues, des modules de base, des modules d'application, des modules de compétence linguistique. En allemand, anglais et espagnol, il existe de plus des demi-modules thématiques.

Dès lors qu'ils satisfont pleinement à l'exigence de niveau 2,5 en anglais, (niveau minimal requis pour l'attribution du diplôme), les élèves sont libres de choisir n'importe laquelle des langues enseignées à Supélec.

S'ils n'ont pas le niveau requis, les élèves concernés doivent parfaire leurs connaissances en anglais dans les domaines où subsistent des insuffisances.

Ceux des élèves qui souhaitent consacrer davantage de leur temps personnel aux langues ont la faculté de le faire en profitant des cours organisés le jeudi après-midi, ou dans certains cas le soir.

Travail de fin d'études

À partir d'avril, (vacances de printemps comprises), les élèves réalisent un travail de fin d'études d'une durée de cinq mois et dont le résultat intervient de façon décisive dans l'attribution du diplôme.

Ce travail s'effectue le plus souvent sous forme d'un stage conventionné en entreprise ou dans un laboratoire de recherche. Il s'agit de résoudre un problème réel et concret posé par l'entreprise sur un thème situé dans le cadre du programme de l'option.

Les propositions de stage proviennent soit d'une initiative d'un industriel, soit d'une démarche du professeur responsable de l'option, soit de l'élève. L'élève n'est autorisé à établir la convention de stage, qu'après accord de son professeur responsable.

Le suivi de l'élève est assuré par le professeur responsable de l'option ou par un enseignant désigné par lui. L'élève doit rendre compte périodiquement de son travail ainsi que de toute difficulté qui pourrait survenir.

Ce travail donne lieu à la rédaction d'un mémoire et à une soutenance devant des professeurs de l'option et des ingénieurs de l'entreprise ayant suivi l'élève. L'ensemble est directement évalué en niveau.

LE SYSTÈME ECTS

L'ECTS, acronyme anglais du *Système Européen de Transfert de Crédits*, a pour objectif de promouvoir la reconnaissance académique d'études poursuivies à l'étranger.

Une meilleure connaissance des systèmes nationaux d'enseignement supérieur ainsi que l'utilisation de mesures comprises par tous de manière identique – les crédits et les notes – permettent la prise en compte des résultats académiques obtenus par les étudiants.

L'accord mutuel entre les établissements partenaires et l'étudiant est concrétisé par un contrat de scolarité qui décrit le programme d'études que l'étudiant devra suivre, ainsi que les crédits ECTS qui lui seront octroyés si les conditions requises sont satisfaites. Ce contrat lie tant l'étudiant qui s'engage à suivre le programme d'études dans l'établissement d'accueil, que les deux établissements partenaires : l'établissement d'origine s'engageant à reconnaître en totalité les crédits obtenus à l'étranger, l'établissement d'accueil s'engageant, quant à lui, à assurer les unités de cours convenues.

Les crédits ECTS représentent, sous la forme de valeur numérique affectée à chaque unité de cours, le volume de travail que l'étudiant est supposé fournir pour chacune d'entre elles. Dans le cadre de l'ECTS, un total de 60 crédits représente le volume de travail normal d'une année d'études.

Enfin un relevé de notes présente, de manière compréhensible pour chacune des parties, les résultats académiques de l'étudiant.

Ce relevé permet, en complément du nombre de crédits ECTS acquis qui représentent le volume de travail fourni par l'étudiant, d'apprécier la qualité dudit travail.

L'échelle de notation ECTS est indiquée ci-contre

Note ECTS	Pourcentage d'étudiants admis	Définition
A	10 %	Excellent
B	25 %	Très bien
C	30 %	Bien
D	25 %	Satisfaisant
E	10 %	Passable
F	-	Insuffisant

Compte tenu des effectifs habituels des options de troisième année, la note ECTS sera attribuée en se basant sur sa définition :

- note supérieure ou égale à 16 :	A	<i>excellent</i>
- note de 14 à moins de 16 :	B	<i>très bien</i>
- note de 12 à moins de 14 :	C	<i>bien</i>
- note de 10 à moins de 12 :	D	<i>satisfaisant</i>
- note inférieure à 10 :	F	<i>insuffisant</i>

LE SYSTÈME ECTS À SUPÉLEC EN TROISIÈME ANNÉE

Le système ECTS ne se substitue pas aux conditions d'obtention du diplôme d'ingénieur ou du diplôme de spécialisation.

Les étudiants concourant pour le diplôme d'ingénieur ou le diplôme de spécialisation, tant qu'ils sont à l'École, ne sont pas concernés par ce système, que Supélec soit leur établissement d'origine ou leur établissement d'accueil. Seuls le sont les étudiants en échange lorsqu'ils retournent dans leur établissement d'origine.

L'année accomplie de manière satisfaisante représente 60 crédits ECTS.

Les rubriques propres à l'option de troisième année représentent 34 crédits ECTS répartis en 10 crédits ECTS pour les deux premières rubriques et 14 crédits ECTS pour la rubrique *Études et projets*.

Les *Enseignements électifs*, enseignements transversaux communs à tout un campus, représentent 6 crédits ECTS.

Le *Travail de fin d'études*, qui représente sensiblement un tiers de l'année, correspond à 20 crédits ECTS.

A l'intérieur d'une rubrique, les crédits ECTS alloués sont répartis entre les différents examens.

Ces coefficients correspondent au nombre de crédits ECTS attribués à l'activité correspondante.

Ils permettent d'établir, dans chaque rubrique, une note moyenne d'après laquelle est déterminé le niveau ECTS d'appréciation.

Une moyenne supérieure ou égale à 16 donne le niveau	A	Excellent
Une moyenne de 14 à moins de 16 donne le niveau	B	Très bien
Une moyenne de 12 à moins de 14 donne le niveau	C	Bien
Une moyenne de 10 à moins de 12 donne le niveau	D	Satisfaisant
Une moyenne inférieure à 10 donne le niveau	F	Insuffisant

SYSTÈMES PHOTONIQUES ET DE COMMUNICATION

Professeur responsable : Marc SCIAMANNA

SPC

COURS	TD et BE	EXAMENS	MATIÈRES	CRÉDITS ECTS
18h	6h	EO1+EE 1 {	1 – SYSTÈMES PHOTONIQUES	
12h			Traitement optique de l'information	1.5
31.5h	6h	EE 2	Optronique	1
24h	6h	EO 2	Composants photoniques	2.5
15h	3h	EE 3	Optique non linéaire et application à la photonique	1,5
22.5h	3h	EXP 1	Communications par fibres optiques	1,5
			Domaines émergents de la photonique	2
			2 – SIGNAL, RÉSEAUX ET COMMUNICATIONS NUMÉRIQUES	
27h	9h	EO 3 + EE 4	Traitement du signal et moyens de traitement associés	3
12h	3h	EE5	Réseaux de données et Internet	1
3h	3h	EO4	Réseaux téléphoniques	0.5
12h		EE 6 {	Réseaux de vidéocommunications	1
9h			Problématique et convergence des réseaux	0.5
12h	3h		Réseaux optiques	1
18h		EE 7 {	Chaîne de transmission numérique	1
9h	3h		Canal de transmission	1
12h	3h		Réception en communications numériques	1
			3 – ENSEIGNEMENT ÉLECTIF	
30h			Cours électif 1 et 2	4
21h			Langues vivantes	2
			4 – ÉTUDES ET PROJETS	
	64h		Études expérimentales	6
	200h		Projet	8
	Avril à septembre		5 - TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES	20
288h	48h (BE)	7EE + 4EO + 1EXP		

EO : Examen Oral

EE : Examen Écrit

EXP : Exposé

BULLETIN D'APPRÉCIATION DE TROISIÈME ANNÉE

option SPC 2009

Il est établi à partir des examens et travaux évalués soit sous la forme de notes affectées de coefficients pondérateurs, soit directement en niveau (travail de fin d'études).

Ces coefficients pondérateurs correspondent au nombre de crédits ECTS attribués à l'activité correspondante.

Ils permettent d'établir, dans chaque rubrique, une note moyenne d'après laquelle est déterminé le niveau ECTS d'appréciation (A à F).

Les aptitudes en langues sont appréciées dans une grille d'évaluation linguistique de 0 à 4 (du débutant au quasi bilingue).

L'obtention du diplôme **d'Ingénieur de l'École Supérieure d'Électricité** nécessite :

- un niveau au moins satisfaisant (D à A) dans les cinq premières rubriques et
- un niveau minimal égal à **2,5 en anglais** (il s'agit d'une obligation de résultat qui n'implique aucune obligation de suivre des cours d'anglais).

RUBRIQUES	EXAMENS ET TRAVAUX	Crédits ECTS
1 SYSTÈMES PHOTONIQUES	Traitement optique de l'information et optronique EE 1+EO1	2,5
	Composants photoniques EE 2	2,5
	Optique non linéaire et applications à la photonique EO 2	1,5
	Communications par fibres optiques EE 3	1,5
	Domaines émergents de la photonique EXP 1	2
		10
2 SIGNAL ET COMMUNICATION	Traitement du signal et moyens de traitement associés 1 EE 4	1,5
	Traitement du signal et moyens de traitement associés 2 EO 3	1,5
	Réseaux de communication EE 5-6/EO4	4
	Communications numériques EE 7	<u>3</u>
		10
3 ENSEIGNEMENT ÉLECTIF	Cours électif 1	2
	Cours électif 2	2
	Langues vivantes	<u>2</u>
		6
4 ÉTUDES ET PROJET	Études de laboratoire	6
	Projet	<u>8</u>
		14
5 TRAVAIL DE FIN D'ETUDES	Stage en entreprise ou dans un laboratoire de recherche	20

NIVEAU EN LANGUES	Langue anglaise Autres langues	
------------------------------	-----------------------------------	--

L'objectif de cette option est la formation d'ingénieurs de haut niveau dans le domaine de la photonique et des communications, formation qui s'appuie sur des connaissances allant des technologies et des procédés mettant en oeuvre des dispositifs optiques jusqu'aux architectures des réseaux de télécommunications en passant par les techniques de traitement du signal et des communications numériques.

1. Systèmes photoniques

TRAITEMENT OPTIQUE DE L'INFORMATION

18h C / 6h BE / 1EE commun avec SPCO / 1,5 crédits ECTS / SPCTOI

Jean Maufoy (9h), Harry Ramenah (9h)

Ce cours vise à introduire une discipline qui a toujours été pressentie comme riche en perspectives d'application depuis que l'on sait que la lumière calcule en se propageant. Les difficultés de réalisation ont freiné le développement de technologies utilisant cette discipline, malgré des inventions capitales, le laser, l'holographie, et les progrès de l'optique non linéaire. Ce n'est pas encore l'ordinateur optique mais probablement et prochainement verra-t-on apparaître des fonctions optiques dans les ordinateurs, en commençant par les interconnexions.

L'optique de Fourier et la formation des images

Rappels d'analyse de Fourier. De la diffraction à la formation des images. Formation des images par double diffraction.

L'holographie

Présentation et principes de l'imagerie holographique. Les supports holographiques. Les différents types d'hologrammes. Les propriétés géométriques des hologrammes. Hologrammes par transmission. Hologrammes par réflexion. Duplications d'hologrammes. Hologramme de Fourier. Hologramme numérique. L'holographie et le traitement du signal. Visualisation et restitution 3D. Métrologie. L'holographie X. Composants optiques spécifiques.

Traitement analogique des images

Filtrage des fréquences spatiales en lumière cohérente. Les fonctions caractéristiques. Filtrage linéaire. Applications. Filtrage des fréquences spatiales en lumière naturelle. Eclairage spatialement incohérent. Filtrage. Reconnaissance des formes en lumière cohérente. Corrélation ou reconnaissance des formes. La technique holographique. Echantillonnage et degré de liberté d'une image. Synthèse d'un filtre par ordinateur. Application : mémoire associative.

L'optique dans l'ordinateur

Traitement optique de signaux bidimensionnels. Les composants d'interconnexions optiques. Architectures. Application aux interconnexions optiques dans les ordinateurs.

Compléments dans la partie formation d'image

Les aberrations : théorie du troisième ordre .

Compléments dans la partie holographie.

Hologramme quasi-Fourier, hologramme de Fourier sans lentille (lensless Fourier hologram), Hologramme de Fraunhofer, hologramme arc-en-ciel, holographie couleur, l'holographie en laser pulsé, les mémoires holographiques, théorie des ondes couplées (Kogelnik), efficacité de diffraction , produit espace - bande passante. Réalisation des éléments optiques holographiques (miroirs, lentilles....).bactériorodopsine, photopolymères..etc.

Laser

Cavité résonnante , modes transverses – longitudinaux, émission stimulée, pompage, caractéristiques générales des lasers, laser de puissance.

Bibliographie :

Introduction to Fourier optics, Goodman Joseph W., MaccGraw-Hill, 1988, ISBN 0-07-023776-X.

Holographie industrielle, Smigielski Paul, Teknea, 1994, ISBN 2-87717-041-1.

Optical information processing and holography, Cathey W.Thomas, John Wiley & sons, 1974, ISBN 0-471-14078-3.

Optical signal processing, Vanderlugt Anthony, John Wiley & sons, 1992, ISBN 0-471-54682-8

OPTRONIQUE

12h C / 1EE commun avec SPCTOI / 1 crédit ECTS / SPCO

Daniel Dolfi (6h), Michel Siriex (6h)

La notion d'optronique concerne des équipements ou systèmes faisant appel à différentes technologies telles que le laser, les dispositifs optiques, optoélectroniques et électro-optiques, ainsi que des circuits de traitement analogiques ou numériques, de visualisation, d'enregistrement et de transmission.

Le développement des technologies dans le domaine de l'industrie militaire a amené à la définition d'une discipline, l'optronique, qui associe les technologies d'optique, d'électronique et de traitement de l'information pour développer des systèmes intégrant des technologies de pointe dans un environnement difficile. Cette discipline connaît des avancées qui lui sont propres. Ce cours, donné sous forme de conférences par des spécialistes du domaine, présente les spécificités de cette discipline.

Formation et détecteurs des images en visée diurne et nocturne, traitements spécifiques.

Métopologie : télémétrie infrarouge, reconnaissance, lidar

Transmissions d'informations sur faisceaux optiques, en espace libre. Sécurité.

Bibliographie :

The infrared electro-optical systems Handbook :

- vol. 3 : William D. Rogatto electro-optical components ISBN 0-8194-1072-1 SPIE PRESS

- vol. 4 : Michael C. Dudzik electro-optical systems : Design, analysis and testing : ISBN 0-8194-1072-1 SPIE PRESS

- vol. 5 : Stephen B. Campana. Passive electro-optical systems: ISBN 0-8194-1072-1 SPIE PRESS

Testing and evaluation of infrared imaging systems : Gerard C. Holst JCD Publishing.

La topographie infrarouge : G. Gaussorgues. Lavoisier technique et documentation

COMPOSANTS PHOTONIQUES

31.5h C / 6h BE / 1EE / 2,5 crédits ECTS / SPCCP

Annie Le Vey (6h), Marc Sciamanna (7.5h), Joël Jacquet (6h), Zeno Toffano (6h), Delphine Wolfersberger (6h)

Ce cours vise à présenter les principes de fonctionnement, caractéristiques et applications des composants photoniques, composants dans lesquels a lieu une production, transport, transformation ou détection de photons. Ce cours s'intéressera plus spécifiquement aux diodes lasers, amplificateurs à semi-conducteurs et photodiodes. La compréhension de la physique et du fonctionnement de ces composants photoniques est essentielle pour de nombreuses applications, allant des télécommunications optiques ou traitement de signal optique aux applications d'imagerie médicale, défense et sécurité militaire, spectroscopie et capteurs.

Une première partie rappellera et approfondira la physique des matériaux semi-conducteurs et leur application aux dispositifs photoniques récents. Les matériaux semi-conducteurs massifs et à puits quantiques seront étudiés. Nous résumerons les développements récents dans les études des matériaux (dopage, pureté etc.) et les techniques de croissance épitaxiale qui ont permis la réalisation de composants photoniques dans une large gamme de longueurs d'onde. Les propriétés optiques des matériaux semi-conducteurs, en termes d'absorption, émission spontanée, émission stimulée, excitons seront présentées.

Les concepts de gain optique et cavité résonante seront étudiés pour analyser les principes de base des lasers à semi-conducteurs.

Les lasers à semi-conducteurs diffèrent notamment par leur longueur d'onde d'émission, la composition du milieu de gain optique (puits quantiques, boîtes quantiques), la structure de la cavité résonante (guidage par indice ou par gain) mais également par la géométrie de la cavité résonante (lasers à émission par le côté ou par émission par la surface). Les équations dites de taux des lasers à semi-conducteurs seront étudiées et appliquées à l'étude des caractéristiques de fonctionnement statique et dynamique, incluant la réponse en modulation, les caractéristiques de bruit et la sensibilité à une rétroaction et/ou injection optique. D'autres concepts importants comme les lasers à cavités couplées et lasers DFB (Distributed FeedBack) seront présentés.

L'amplificateur optique à semi-conducteurs (SOA) est apparu récemment comme un composant majeur dans de nombreuses applications de télécommunications optiques fibrées, commutation optique et systèmes de traitement du signal. Nous étudierons la conception et les applications des amplificateurs optiques à semi-conducteurs et nous intéresserons notamment à leur comportement dynamique, caractéristiques de bruit, sensibilité à la polarisation. Différentes applications seront présentées, notamment celles relatives à l'intégration de SOA dans les réseaux optiques et les applications fonctionnelles pour la commutation optique, conversion de longueurs d'ondes, bistabilité, récupération d'horloge tout optique etc.

Les détecteurs optiques à semi-conducteurs seront également étudiés. Ces composants sont utilisés dans les transmissions optiques, détection infrarouge et capture d'images. Les composants photodétecteurs et photodiodes PIN et à avalanche seront présentés. L'estimation des bruits de détection de ces composants permet de déterminer le rapport signal à bruit essentiel pour quantifier les performances de ces détecteurs.

Enfin, seront présentées plus en détail les notions de non linéarités dans les semi-conducteurs, en se basant sur les excitations élémentaires dans les semi-conducteurs massifs et faiblement dimensionnels, dont les puits quantiques et boîtes quantiques. Les principes sous-jacents aux non linéarités optiques sont développés, notamment concernant les effets excitoniques et effet quantique de Stark confiné. Ces non linéarités sont utiles par exemple au développement des modulateurs optiques.

Bibliographie

G. P. Agrawal, N. K. Dutta, « Long-wavelength semiconductor lasers », Van Nostrand Reinhold (1993).

K. Petermann, « Laser diode modulation and noise », Springer.

M. J. Connelly, « Semiconductor optical amplifiers », Springer (2002).

H. Haug, S. W. Koch, « Quantum Theory of the Optical and Electronic Properties of Semiconductors », World Scientific Publishing Company (2004).

OPTIQUE NON-LINÉAIRE ET APPLICATION À LA PHOTONIQUE

24h C / 6h BE / 1EO / 1,5 crédits ECTS / SPCONLAP

Delphine Wolfersberger (12h), Marc Sciamanna (12h)

L'enseignement dispensé dans ce cours propose une ouverture d'esprit sur la physique de l'optique non linéaire et constitue, pour tout ingénieur, un complément essentiel à toute formation en relation avec les télécommunications optiques ou le traitement optique de l'information.

Les phénomènes optiques non linéaires permettent de réaliser des dispositifs plus efficaces et plus compacts assurant des fonctions telles que la conversion de fréquence ou le traitement du signal. Les thèmes étudiés concerneront, à la fois, les fondements et les applications de systèmes photoniques basés sur l'interaction non linéaire lumière – matière.

Différentes notions incluant les mécanismes de l'optique non linéaire (susceptibilités non linéaires, équation de propagation non linéaire) seront abordées, ainsi que les processus du second ordre (génération de la fréquence somme ou différence, génération de l'harmonique 2, amplification et oscillations paramétriques), les processus de dépendance en intensité de l'indice de réfraction tels que l'autofocalisation et la formation de soliton, la conjugaison de phase, les diffusions spontanées : effet Raman et amplification, diffusion Brillouin, les effets électro-optiques.

Enfin, les différentes instabilités dynamiques non linéaires dont peuvent être l'objet les lasers à semi-conducteurs seront présentées. La présence d'une rétroaction optique, l'injection optique, ou encore une large modulation de courant d'injection peuvent déstabiliser le laser vers des états quasipériodiques ou chaotiques. Les principes de base de la théorie du chaos et des bifurcations seront étudiés et illustrés au cas spécifique des composants photoniques et des nombreuses applications du chaos optique, dont la communication sécurisée (cryptographie).

Bibliographie :

- R. W. Boyd, « Nonlinear Optics », Academic Press (2002).
D. L. Mills, « Nonlinear Optics : Basic Concepts », Springer-Verlag (1998).
F. Sanchez, « Optique Non Linéaire ».

COMMUNICATIONS PAR FIBRES OPTIQUES

15h C / 3h BE / 1EE / 1,5 crédits ECTS / SPCCFO

Alain Destrez

Les systèmes de transmissions utilisent aujourd'hui plusieurs types de supports physiques. L'augmentation des débits conduit dans certains cas à préférer la fibre optique aux autres supports physiques. Cette tendance devrait d'ailleurs s'accroître dans les années à venir.

A l'issue de ce cours, les élèves seront en mesure de concevoir une liaison sur fibre optique et de dimensionner un réseau à base de fibres optiques. Pour cela, il sera nécessaire de caractériser les fibres (fabrication, propagation, affaiblissement, dispersion...) et d'étudier les autres éléments intervenant dans la réalisation pratique d'une liaison. Dans cette deuxième partie, on distinguera les composants actifs comme les émetteurs et les récepteurs optiques qui assurent la conversion de l'énergie et les composants passifs comme les connecteurs et les coupleurs qui garantissent le câblage et l'équilibrage des réseaux.

Bibliographie

- G.P AGRAWAL « Fiber-optic communication systems », Wiley interscience, series in microwave and optical engineering, 1992.
I et M. JOINDOT « Les télécommunications par fibres optiques », Collection technique et scientifique du CENT, Dunod, 1996.

DOMAINES ÉMERGENTS DE LA PHOTONIQUE

22.5h C / 3h BE / 1EXP / 2 crédits ECTS / SPCDEP

Marc Sciamanna (6h), Pierre Ferdinand (6h), Joël Jacquet (4,5h), Krassimir Panajotov (6h)

L'objectif de ce cours est de présenter aux étudiants les développements récents et importants de la photonique, afin de préparer au mieux leur insertion dans le milieu industriel de haute technologie et le milieu de la recherche. L'innovation de ce cours résidera également par l'aspect interactif des enseignements, permettant un échange d'idées et de points de vues entre un enseignant-chercheur Supélec, un conférencier du milieu industriel et/ou de la recherche, et les étudiants ingénieurs.

Ce cours proposera une série de séminaires par des scientifiques et industriels de renommée internationale, ces séminaires étant complétés par des cours d'enseignements plus fondamentaux et de mise en contexte. Dans ces cours seront notamment développés les concepts de lasers à semi-conducteurs à émission par la surface, réseaux de Bragg fibrés, et le positionnement des nanophotoniques dans les applications de télécommunication et traitement de signal optique.

Les titres des séminaires présentés sont amenés à évoluer en fonction des attentes nouvelles des milieux industriels dans certains secteurs de la photonique, mais aussi en fonction des activités de recherche en cours sur des sujets particulièrement porteurs d'applications et de découvertes fondamentales.

Bibliographie :

P.Ferdinand, Capteur à fibres optiques et réseaux associés, Lavoisier.
Kashyap, Raman, Fiber Bragg Gratings, Academic Press, Inc., New-York, 1999.
Kersey A. 1997, Optical Fiber Sensors, Optical Measurement techniques and applications, P.K. Rastogi editor, Artech House.
H.S.Nalwa, "Nanostructured materials and nanotechnology", Academic Press, 2002.

2.Signal, réseaux et communications numériques

TRAITEMENT DU SIGNAL ET MOYENS DE TRAITEMENT ASSOCIÉS

27hC / 9h BE / 1EE / 1EO / 3 crédits ECTS / SPCTSM

Michel Barret (9h), Jean-Luc Collette (9h), Frédéric Lejay (9h)

Le traitement du signal est devenu une technique indispensable de la formation de l'ingénieur. En particulier, le traitement numérique qui utilise les moyens informatiques permet des applications dans beaucoup de domaines comme celui des images.

Processus aléatoires et éléments d'analyse spectrale

Après l'étude en deuxième année de la description des signaux aléatoires porteurs d'information à transmettre ou représentant des bruits parasites, ce cours a pour but d'approfondir la description des méthodes de filtrage, appliquées aux signaux aléatoires à temps discret, pour en extraire de l'information sur leur densité spectrale de puissance (DSP). Seule la connaissance des moments d'ordre 2 est exploitée. Les notions générales d'estimation et de prédiction sont appliquées au problème de l'estimation de la DSP de signaux à temps discrets. Une approche déterministe équivalente est également présentée avec le codage par prédiction linéaire. Les outils d'analyse spectrale étudiés sont des méthodes non paramétriques (périodogrammes et ses dérivées) et quelques méthodes paramétriques asynchrones (autocorrélation, covariance).

Traitement des images

Ce module de cours donne une vue d'ensemble sur le traitement des images, aussi bien dans le cas continu que dans le cas discret. La présentation des grandeurs physiques intervenant dans un capteur d'image (photométrie, colorimétrie) est suivie d'une étude sur les problèmes relatifs à l'échantillonnage et au codage. Les différents domaines du traitement numérique sont alors abordés : amélioration d'image (filtrage, égalisation), restauration d'image (filtrage inverse et de Wiener), codage et compression d'image (transformations orthogonales, ondelettes et bancs de filtres), segmentation d'image (classification par contours, textures ...) et reconnaissance de formes. Ces techniques sont illustrées par des démonstrations présentées sur ordinateur et plaquette de rétroprojection.

Mise en œuvre du traitement du signal

Structure fondamentale d'un système de traitement du signal

Configuration générale. Éléments d'architecture de traitement de signal.

Spécification d'un système de traitement de signal

Représentation des nombres. Bruit de calcul. Exemples.

Architectures de traitement du signal

Critères d'évaluation et de comparaison des architectures. Processeurs de traitement de signal généraux. Processeurs spécialisés. Architectures avec multiplieur - accumulateur. Systèmes micro-programmés. Architectures multiprocesseurs.

Panorama des circuits de traitement du signal

Critères d'évaluation et de comparaison de circuits de même catégorie. Microprocesseurs de traitement du signal général. Circuits spécialisés de filtrage et d'analyse spectrale. Multiplieurs accumulateurs. Systèmes micro-programmés. Machines parallèles.

Bibliographie :

L. VAN TREES : Detection, estimation and modulation theory, Paperback
J-C BIC, D DUPONTEIL, J-C IMBEAUX. Éléments de communications numériques. Dunod, collection CNET-ENST, 1986.
PRATT W.K. « Digital Image Processing » - Wiley 1991
GONZALEZ WOODS « Digital Image Processing » - Prentice Hall 2002

RÉSEAUX DE DONNÉES ET INTERNET

12h C / 1 BE/ 1EE / 1 crédits ECTS / SPCRDI

Joanna Tomasik

De même que les technologies de l'informatique et des télécommunications ont, en leur temps, convergé pour créer ce qu'on appelé la télématique, de même le monde des télécommunications et celui de l'audiovisuel sont appelés aujourd'hui à s'interpénétrer. Le rôle des technologies et des réseaux de l'information et de la communication sera ainsi de transporter simultanément voix, données et images.

Les enjeux industriels, économiques et sociaux liés à cette évolution sont considérables tant pour assurer la mise en place des nouvelles infrastructures de transport des informations (réseaux publics ou privés) que pour contribuer au développement de la production des entreprises ou encore de la culture pour tous. .

Les réseaux de données sont au coeur des télécommunications modernes. Ils ont permis l'avènement d'Internet, du Web et de la messagerie électronique. Ils concurrencent déjà sérieusement les réseaux téléphoniques pour le transport de la voix et promettent de faire de même à l'encontre des normes de diffusion des satellites et des relais hertziens pour le transport de l'image. Il est probable qu'ils réussiront dans un avenir proche à occuper une place hégémonique, unifiant transports du son, de l'image et des données au sein d'un seul et même modèle de communication numérique. Pour autant, cette simplification des usages cache une complexité croissante des technologies sous jacentes pour gérer des aspects aussi variés que l'hétérogénéité des réseaux physiques, la robustesse, la qualité et la sécurité dans le transport des informations ou encore la maîtrise de la complexité des réseaux. Le cours s'attachera à lever le voile sur le fonctionnement opaque des réseaux de données en construisant un modèle cohérent et complet de ceux ci. Il permettra de saisir l'abstraction progressive qui permet à une fibre optique de réaliser nos tâches quotidiennes, comme l'envoi d'un email ou la réservation par Internet.

Généralités

Introduction, protocoles, piles de protocoles et modèle en couche, commutation de circuits et de paquets. Architecture d'Internet et des réseaux IP.

Couches physiques et de liaison de données

Fonctions des couches physiques et de liaison de données. Illustration par des exemples. Pour les LAN : Ethernet. Pour l'accès : xDSL/ATM. Pour les opérateurs : SDH/SONET. Couche d'encapsulation PPP.

Couche réseau :

IP (v4 et v6), algorithmes de routage et de contrôle de gestion, connections virtuelles MPLS et GMPLS, réseaux privés virtuels (VPN), protocoles de routage (OSPF, BGP), qualité de service (CoS, IntServ, DiffServ). Routeurs, pare-feu, NAT.

Couche de transport :

Protocoles UDP, TCP, contrôle de congestion de la couche transport, protocole de réservation de bande passante RSVP.

Protocoles de la couche d'applications :

Exemple des protocoles DNS, HTTP et SNMP sur TCP et de DHCP sur UDP. Mandataire de services. Programmation par socket réseau.

Principes de dimensionnement d'un réseau

Modèles analytiques, notion de dimensionnement, loi de Little, méthode MVA. Principes de simulation, processus semi-Markoviens généralisés, événements discrets.

Bibliographie

Guy Pujolle, Olivier Salvatori, Jacques Nozick, Les Réseaux, édition 2005, Eyrolles
William Stallings, Data and Computer Communication, Prentice Hall, 2003
Andrew Tanenbaum, Computer Networks, fourth edition, Prentice Hall, 2003

RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES

3h C/3h BE/ 1E0 /0,5 crédit ECTS / SPCRT

François de Vulpillières

The objective of the lecture program is to open a window into the reality and future of telecommunication networks. A class lecture will brush upon mobile, fixed and convergent networks roots and evolution; a site trip to a telco will be the opportunity to have a glance on the work performed to build and manage a network; a presentation, prepared in short groups, will be the opportunity to summarize a specific technical subject and improve both your presentation skills and your teamwork.

Bibliographie

FREEMAN : 'Telecommunication System Engineering' 4th edition, Wiley.
PARFAIT : «Les réseaux de télécommunications », Coll. Technique et scientifique des télécommunications, Hermès-Lavoisier.

RÉSEAUX DE VIDÉOCOMMUNICATIONS

12h C / 3h BE / IEE commun aux cours SPCRV, SPCR et SPCRO / 1crédit ECTS / SPCRV

Alain Helstroffer

Le besoin en moyens de vidéocommunications augmente au même rythme que le développement d'internet. En particulier, le protocole d'Internet (IP) permet d'établir des liaisons pour transmettre des images de manière fiable et sécurisée.

Définitions

Vidéocommunications : interactivités, qualités des signaux. Codage des émissions de télévision : Image Noir et Blanc - Codage NTSC. Codage PAL - Codage SECAM la famille MAC. Nouveaux standards : TVHD - TV numérique.

Transmission

Types de modulation utilisés : bande de base - AM - FM - QPSK - QAM - VSB. Association des modulations avec les supports de transmission : liaisons hertziennes - liaisons par satellite - liaisons bifilaires - câble coaxial - fibre optique.

Les réseaux de vidéocommunication

Architecture des réseaux : notions de transport et de distribution. Structures arborescentes, en étoile, mini-étoile. Description des réseaux existants et évolution : réseaux coaxiaux - réseaux 1G et 0G - réseaux HFC - réseaux mixtes. Comportement vis-à-vis du bruit : définitions - origines du bruit et effet sur l'image. Comportement vis-à-vis des non-linéarités : définitions - origine des non-linéarités et effet sur l'image. Considérations technico-économiques et effet subjectifs.

Éléments d'un réseau coaxial

Ampli-répéteurs : dynamique d'un ampli-dynamique d'un système - détermination du gain optimal. Fonctions électroniques : atténuation-égalisation - amplification - compensations automatiques. Effets des désadaptations d'impédance.

Contrôle d'accès

Systèmes ouverts et systèmes fermés. Embrouillage - cryptage : description des solutions existantes.

Exemples (BE). Caractérisation d'une liaison vidéo par satellite / Principes d'ingénierie d'un réseau de vidéocommunication.

Bibliographie

S. Ovadia, "Broadband Cable TV Access Networks: From Technologies to Applications" Prentice Hall

PROBLÉMATIQUE DE LA CONVERGENCE DES RÉSEAUX

9h C / IEE commun aux cours SPCRV, SPCR et SPCRO / 0,5 crédit ECTS / SPCPCR

Emmanuel Helbert (9h)

Ce cours, réalisé sous forme de conférences par des spécialistes de la question, présente l'état actuel de l'offre, et ce que les opérateurs pourront proposer demain, en mettant en avant les points durs auxquels l'innovation technologique devra répondre.

De même que les technologies de l'informatique et des télécommunications ont, en leur temps, convergé pour créer ce qu'on a appelé la télématique, de même le monde des télécommunications et celui de l'audiovisuel sont appelés aujourd'hui à s'interpénétrer. Le rôle des technologies et des réseaux de l'information et de la communication sera ainsi de transporter simultanément voix, données et images.

Le développement des télécommunications s'est fait sur des marchés distincts en privilégiant des solutions technologiques différentes. Cela a abouti à un cloisonnement des différents types de réseaux. La demande existe pour une proposition des différents services sur quelques types de réseaux, que ce soit téléphonie sur internet, vidéodistribution interactive, ADSL comme réseau de données sur le téléphone, WAP puis IP sur la téléphonie mobile, vidéocommunications sur les mobiles Wifi,... Tous ces problèmes posent la question de la convergence des réseaux qui est une problématique qui vise à placer l'utilisateur au centre de son environnement de communication, à lui en simplifier l'usage.

Bibliographie

P Tomsu "Next Generation Optical Networks: The Convergence of IP Intelligence and Optical Technologies" Prentice Hall

RÉSEAUX OPTIQUES

12h C / 3h BE / IEE commun aux cours SPCRV, SPCR et SPCRO / 1 crédit ECTS / SPCRO

David Filet (6h), Michel Allovon (6h)

Ce cours a pour objectif de présenter aux étudiants les techniques et technologies mises en œuvre pour l'établissement d'un réseau optique de communication de données, avec une étude plus spécifique des techniques de multiplexage de longueurs d'ondes (WDM) et du standard SONET (Synchronous Optical NETWORK)/SDH.

Objectif du cours :

- Comprendre les systèmes de transmissions optiques WDM actuels : limitations, compromis, ... mais aussi les propriétés intrinsèques à la fibre, les critères de qualité, les différents types d'amplifications, ...
- Comprendre les choix et les orientations passés : Pourquoi et comment en est-on arrivé aux systèmes actuels ? Quels choix ont été faits et pourquoi ces choix ?

- Comprendre les futures orientations vers lesquelles on se dirige, l'avenir des systèmes de transmissions optiques, les différentes voies envisagées et envisageables : A quoi pourront ressembler les réseaux optiques de demain (transparence vs tout régénéré, flexibilité, protection/restoration, réseaux optiques cohérents).
- Connaître le marché des transmissions optiques aujourd'hui : Les acteurs et le partage des marchés terrestres et sous-marins.
- Comprendre la différence de conception entre les réseaux terrestres et les réseaux sous marins.

Objectifs du TD : Connaître les principes de bases du WDM, les limitations de tels systèmes, les compromis à faire afin d'optimiser un réseau de transmission terrestre WDM => TD de dimensionnement de réseaux terrestre sur un réseau existant : RENATER.

Bibliographie

R. Ramaswami, K. Sivarajan, « Optical Networks : a practical perspective », Morgan Kaufmann (2001).

CHAÎNE DE TRANSMISSION NUMÉRIQUE

15h C / 1EE commun aux cours SPCTN, SPCCT et SPCCN / 1 crédit ECTS / SPCCTN

Michel Barret (6h), Jacques Palicot (12h)

La théorie de la décision est à la base de la détermination des performances des récepteurs en communications numériques. Elle s'appuie sur la modélisation des signaux et des bruits.

Structure générale d'une chaîne de transmission numérique

Transmission en bande de base

Chaîne de transmission M-aire. Interférence entre symboles (IES), diagramme de l'oeil, critère de Nyquist d'absence d'IES. Minimisation de la probabilité d'erreur. Cas du canal sans distorsion à bruit additif blanc gaussien, détermination des éléments et performances. Extension au bruit non blanc et au canal avec distorsion. Codes de transmission. Codes linéaires, NRZ, RZ, biphasé, codes à réponse partielle. Codes alphabétiques, 4B-3T. Codes non-alphabétiques, AMI, CMI, Miller, BnZs, HDBn. Brassage, débarrassage.

Estimation - Détection

Problèmes directs. Problèmes inverses. Détection - estimation : position du problème ; hypothèses. Modèle de prise de décision; notion de statistique exhaustive minimale. Classification des problèmes ; exemples. Théorie classique de la détection et de l'estimation Détection binaire : critère de Bayes ; test minimax ; test de Neyman-Pearson. Performance des tests du rapport de vraisemblance. Détection M-aire ; récepteur MAP. Estimation ponctuelle de paramètres. Modèles de prise de décision. Mesure de la performance : critères. Estimation d'un paramètre aléatoire : Estimateurs de Bayes à structure libre ; EQM (erreur quadratique moyenne minimale), MAP (maximum a posteriori) ; influence de la fonction de coût. Estimateur affine. Inégalité de Cramér-Rao. Estimation d'un paramètre non-aléatoire : estimateur affine sans biais à variance minimale ; estimateur du maximum de vraisemblance ; estimateur des moindres carrés.

Détection des signaux continus

Modulations numériques

Critères de choix. Modulations linéaires : PSK, QAM, modulations décalées, MSK. Modulations non-linéaires : modulations à phase continue : PCM, FSK, GMSK. Transmission sur un canal BBAG. Démodulations cohérentes et non cohérentes, performances. Comparaison des efficacités spectrales, limite de Shannon. Modulations à étalement de spectre par séquences. Transmission multiporteuse (OFDM)

Techniques d'accès multiple

Accès multiple par répartition dans le temps, en fréquence, par code : TDMA, FDMA, CDMA, OFDMA, MC-CDMA

Bibliographie :

L. VAN TREES : Detection, estimation and modulation theory, Paperback

J-C BIC, D DUPONTEIL, J-C IMBEAUX. Éléments de communications numériques. Dunod, collection CNET-ENST, 1986.

J.G. PROAKIS : Digital Communications, Mac Graw Hill

CANAL DE TRANSMISSION

9h C / 3h BE / 1EE commun aux cours SPCTN, SPCCT et SPCCN / 1 crédit ECTS / SPCCT

Yves Louët

Le codage canal est la technique permettant d'approcher les performances données par la limite théorique de Shannon.

Capacités du canal binaire symétrique et du canal binaire BBAG. Intérêt du décodage à entrées pondérées.

Corps d'extension du corps $\{0, 1\}$. Codes B.C.H. Code cyclique défini par les racines de son polynôme générateur. Codes de Reed-Solomon. Codes de Fire : capacité de détection, capacité de correction, codes d'Abramson

Correction d'erreurs dans les codes B.C.H avec décisions fermes : syndromes, recherche de la position des erreurs, algorithme de Berlekamp, taux d'erreur résiduel.. Correction d'erreurs dans les codes B.C.H avec entrées pondérées, algorithme de Chase.

Codes convolutifs non systématiques et systématiques récurrents : fonction de transfert, propriétés de distance, décodeur à maximum de vraisemblance avec décisions fermes ou pondérées, algorithme de Viterbi

Performances des codes convolutifs pour des canaux sans mémoire.

Codes concaténés, entrelacements.

Modulations codées.

Valeurs pondérées d'une variable binaire en entrée et en sortie du canal de transmission

Intérêt d'un décodage à sorties pondérées.

Techniques de décodage basées sur la représentation en treillis des codes linéaires et sur l'utilisation de sorties pondérées ; algorithmes MAP et SOVA.

Turbo codes ; structures ; influence de l'entrelaceur ; performances.

Bibliographie :

PETERSON & WELDON : Error correcting codes The MIT Press

VITERBI & OMURA : Principes des communications numériques, Dunod

B. VUCELIC & J. YUAN : Turbo codes : Principes ans applications, Kluwer Academic Publishers

RÉCEPTION EN COMMUNICATIONS NUMÉRIQUES

12h / 3h BE / 1EE commun aux cours SPCTN, SPCCT et SPCCN / 1 crédit ECTS / SPCRCN

Jean-Louis Gutzwiller

En communications numériques, la variabilité temporelle et fréquentielle du canal de transmission impose, à la réception, des techniques particulières nécessaires à la récupération de l'information avec le minimum d'erreur.

Structure du récepteur

Récepteur optimal à corrélation, à filtre adapté. Récepteur à maximum de vraisemblance. Cas des signaux à formant, récepteur à filtre adapté, récepteur à filtre adapté blanchissant.

Algorithme de Viterbi. Performances du récepteur à maximum de vraisemblance.

Récepteurs sous-optimaux : récepteur linéaire minimisant l'erreur quadratique moyenne avec ou sans élimination de l'IES (ZF, MMSE), récepteur non-linéaire récursif (DFE), récepteurs à sur-échantillonnage.

Structures, performances. Récepteurs pour les transmissions à accès CDMA.

Égalisation

Égaliseurs linéaire et non-linéaire récursif à dispositif de décision inséré dans la boucle (ZF.LE, MMSE.LE, DFE). Critère de l'erreur quadratique moyenne minimale, équation de Wiener-Hopf. Égaliseur à maximum de vraisemblance avec estimation du canal et algorithme de Viterbi tronqué (DFSE). Égaliseurs adaptatifs en phase d'apprentissage : algorithmes du gradient et des moindres carrés. Égaliseurs adaptatifs en phase de poursuite.

Comparaison des différentes structures et algorithmes en termes de performance et de complexité. Critères de choix en fonction du canal de transmission, de la séquence d'apprentissage et de la modulation.

Synchronisation

Approche globale de la synchronisation. Boucles à verrouillage de phase analogiques et numériques. Récupération du rythme.

Récupération de la porteuse. Oscillateurs locaux

Bibliographie :

J.G. PROAKIS : Digital Communications, Mac Graw Hill

J-C BIC, D DUPONTEIL, J-C IMBEAUX. Éléments de communications numériques. Dunod, collection CNET-ENST, 1986.

F.M. GARDNER : Phaselock techniques, Hardcover

3.Études et projet

Ils sont organisés à partir de deux types d'activités complémentaires. Des études courtes (16 heures/étude) et une étude industrielle longue qui peut s'étaler sur les six mois de présence à l'Ecole et même se poursuivre au cours de la période de stage.

Études courtes

Les thèmes proposés a priori sont les suivants :

- Communications numériques (4 séances de 4h).
Cette étude a pour but de réaliser un système de transmission numérique
- Réseaux et communications (4 séances de 4h).
Étude du comportement d'un réseau Ethernet TCP/IP.

- Communications opto-électroniques et fibres optiques (4 séances de 4h).
Celle étude permet d'aborder tous les problèmes de réalisation de transmissions par fibres optiques. Les fibres et les composants annexes sont étudiés (fibre optique multimode, monomode, diodes électroluminescentes, diodes laser, photodiodes PIN et à avalanche, connectique, composants passifs, multiplexage en longueurs d'onde, électronique associée...)
- Interférométrie, holographie et traitement optique de l'information (4 séances de 4h).
Celle étude permet d'apprécier, par une approche expérimentale, les performances et les contraintes de mise en œuvre de systèmes utilisant des technologies optiques (lasers, interférométrie, holographie, filtres de prétraitement...)

Étude industrielle longue

Elle consiste en un travail théorique et pratique mené par un groupe d'élèves (2 ou 3) sur un problème posé par un laboratoire industriel ou de recherche. Sa durée minimale est approximativement de 200 heures mais peut être allongée en fonction du sujet à traiter. Elle donne lieu à la rédaction d'un rapport et à une présentation orale. Autant que faire se peut, elle se poursuit au sein même du laboratoire industriel, au cours du stage de fin d'études.

Liste des professeurs intervenant dans l'option SPC

Michel ALLOVON	Direction de la Recherche et de la Stratégie, France Télécom
Michel BARRET	Ingénieur Supélec, Docteur en Sciences, Professeur-adjoint à Supélec, Campus de Metz
Jean-Luc COLLETTE	Ingénieur Supélec, Professeur à Supélec, Campus de Metz
Alain DESTREZ	Ingénieur Supélec, Professeur-adjoint à Supélec, Campus de Gif
François DE VULPILLIERES	Responsable de l'Ingénierie Radio, Région Nord-Est, SFR
Daniel DOLFI	Docteur, Thalès Research and Technology
Pierre FERDINAND	Directeur du Laboratoire de Mesures Optiques, CEA
David FILET	Ingénieur, Alcatel
Jean-Louis GUTZWILLER	Ingénieur Supélec, Professeur à Supélec, Campus de Metz
Emmanuel HELBERT	Ingénieur, Alcatel Business & Systems, Illkirch
Alain HELSTROFFER	Technical Marketing EU, C-COR Broadband B.V.
Joël JACQUET	Docteur en Physique, Délégué à la Recherche et aux Relations Industrielles, Campus de Metz
Annie LE VEY	Ingénieur Supélec, Professeur-assistant à Supélec, Campus de Metz
Frédéric LEJAY	Ingénieur Supélec, Chef de projet, Wavecom
Yves LOUET	Ingénieur ISITV, Docteur en Sciences, Professeur-assistant à Supélec, Campus de Rennes
Jean MAUFOY	Ingénieur Supélec, HDR, Professeur à Supélec, Campus de Metz
Jacques PALICOT	Docteur en Sciences, HDR, Professeur à Supélec, Campus de Rennes
Krassimir PANAJOTOV	Docteur en Physique, Professeur à la Vrije Universiteit Brussel (VUB)
Harry RAMENAH	Docteur en Physique, Maître de conférences, Université Paul Verlaine de Metz
Stephan ROULLOT	Technical Systems Engineering Manager, Optical Networking - Technology and Solutions EMEA, Lucent Technologies
Marc SCIAMANNA	Docteur en Sciences Appliquées, Ingénieur civil électricien, Professeur-adjoint à Supélec, Campus de Metz
Michel SIRIEX	Directeur Scientifique de la Branche Défense et Sécurité, SAGEM
Zeno TOFFANO	Docteur 3ème cycle en Physique des Solides, Diplôme de Spécialisation Supélec, HDR, Professeur à Supélec, Campus de Gif
Joanna TOMASIK	Docteur en informatique, Professeur-assistant à Supélec, Campus de Gif
Delphine WOLFERSBERGER	Docteur en Physique, Professeur-adjoint à Supélec, Campus de Metz

Cours électifs

MANAGEMENT INTERCULTUREL

18h C / 2 crédits ECTS / MANINT

Eva Paape

Apprendre à travailler avec des allemands, des anglais, des américains...

Avec le développement des échanges internationaux, des pratiques de production délocalisées, des coopérations et des joint-ventures d'entreprises de plusieurs pays, se posent avec une intensité nouvelle des problèmes que l'on qualifie désormais interculturels.

Il semble aujourd'hui évident et toutes les entreprises le reconnaissent qu'il faut savoir apprécier à sa juste valeur, entre autres, lors des négociations, la culture et la mentalité du partenaire étranger. Cette démarche acquiert d'autant plus d'importance quand ce dernier est originaire de zones culturellement éloignées.

Le but est d'étudier les différences interculturelles dans les domaines de la communication, de l'organisation du travail, de la prise de décision, et de la gestion de projets communs...

Enfin, de mettre à la disposition des futurs ingénieurs, qui seront de plus en plus nombreux à travailler dans des milieux culturels, une batterie de concepts opératoires fournissant une meilleure lecture de la culture de l'autre et leur permettant ainsi d'être plus opérationnels et d'éviter les conflits générateurs de tensions et de pertes financières.

NB Dans le cadre de ce cours, des cas pratiques de situations réelles en entreprise seront étudiés.

Les concepts et la recherche en management interculturel

Définitions et problématiques.

Différences culturelles et implications en matière de management interculturel

Diversité des contextes. Conception et pratiques de management (rôle de l'encadrement et participation du personnel). Processus de communication. Cultures et systèmes de valeurs dominant.

Convergences et spécificités du management en interculturel

Le contexte socioculturel. Stratégie et organisation des entreprises. Les politiques de personnel. Les styles de management (travail en équipe, communication).

QUALITE

18h C / 2 crédits ECTS / QUALITE

Jean-Pierre Peyraut

L'objectif du programme est de formaliser l'Environnement Qualité dans lequel est situé un Responsable Qualité. Cette formation est très proche de celle que nous faisons à l'AFNOR.

La qualité et son contexte.

Qualité, définitions. Présentation de la Fonction Responsable Qualité. Aspect économique de la Qualité.

Diriger la Qualité

Généralités et règles de gestion de la Qualité.

Un Projet Qualité

La certification ISO 9000.

Les outils de la Qualité

Les outils AMDEC et SPC.

Deux outils participatifs

L'autocontrôle et le plan d'expérience.

L'Audit

L'audit qualité. Conclusion et synthèse sur le Système Qualité.

Miller J.P., 2000, Millenium Intelligence, Medford (NJ), CyberAge Books

MARKETING STRATEGIQUE

18h C / 2 crédits ECTS / MASTRA

Sylvie Didierlaurent

Le marketing, partie intégrante de l'entreprise a vu sa légitimité croître depuis plus de 40 ans en raison de l'évolution de l'environnement, notamment concurrentiel, de l'entreprise. Plus qu'une fonction, il s'agit véritablement d'un processus complexe, mettant en œuvre de nombreux outils et techniques. Cet enseignement, a pour principal objectif d'aborder la démarche et les concepts essentiels du marketing.

La démarche marketing

Définition du marketing. Place de la fonction marketing dans l'entreprise.

Réflexions et interrogations

Méthodologie des diagnostics. Concept de marché et notions associées. Typologie de la clientèle.

Recherche et études

Données disponibles sur le marché. Données non disponibles sur le marché.

Plan marketing : du choix stratégique au plan d'action

Présentation de la logique générale du plan d'action. Déclinaison et explications des différents plans. Présentation de la matrice RCG.

Action et suivi

Méthodologie du plan d'actions (objectifs, forme, contenu...). Déclinaison du marketing mixte.

LA NEGOCIATION INTERNATIONALE

18h C / 2 crédits ECTS / NÉGOINT

Claude Bénadon

Cette formation constitue pour les futurs ingénieurs/négociateurs, une expérience vécue du déroulement et du contexte des situations de négociation de contrats internationaux telles qu'ils les rencontreront dans le monde de l'entreprise.

Objectif pédagogique :

Initier les participants à la pratique de la négociation d'affaires en milieu international. Les familiariser aux contraintes du travail d'équipe, en particulier sur les aspects prise de décision et coordination.

Contenu :

Les apports théoriques présentent les concepts de base relatifs à la structure et à la conduite des activités de négociation, ainsi qu'aux profils et modes d'interventions des acteurs. Des jeux de rôles en équipe permettent d'illustrer les diverses situations rencontrées en négociation internationale.

Méthode d'animation :

La partie pratique consiste en une simulation de négociation en vraie grandeur d'un projet important, avec constitution d'équipes d'acheteurs et de vendeurs, et rencontres en trois rounds. L'animateur intervient ponctuellement à la demande des négociateurs et fait périodiquement le point sur l'état d'avancement de la négociation, reproduisant en salle les conditions de la réalité du terrain.

Programme :**Introduction à la négociation internationale :**

Les caractéristiques essentielles, le concept de négociation, les dimensions de la négociation, les conceptions de la négociation.

Structure des activités de négociation :

Contenu de la négociation, les éléments du jeu, typologie de la négociation, spécificité de la négociation internationale.

Conduite de la négociation :

Les stratégies de la négociation, les principales techniques, les tactiques usuelles, les étapes de la négociation, la préparation de la négociation.

Les acteurs de la négociation :

Rôles des participants, profil du négociateur international, la formation à la négociation, éthique personnelle et négociation internationale.

Négociation internationale et différences de cultures :

Les approches de la notion de culture, subjectivité et réalité des influences culturelles, les apports de la psychologie sociale, les règles de comportement mental.