

SYLLABUS S8

Semestre 8 - Parcours thématiques

Note : les élèves choisissent l'un des 6 parcours thématiques suivants

UNITÉ D'ENSEIGNEMENT	HEURES	ECTS	HEURES			
			Cours	TD	TP	Projets
BIO-INGÉNIERIE						
Langues et Cultures Internationales 4	40	3	-	40	-	-
Stage 2A	-	4	-	-	-	-
Conférences – Visites – Projets	60	5	40	-	-	20
Imagerie et thérapies par ondes	70	6	44	8	18	-
Les briques du vivant	60	6	46	10	4	-
Thérapies chimiques – Biotechnologies – Biomimétisme	70	6	40	18	12	-
DYNAMIQUE – MUTATION – CRISE						
Langues et Cultures Internationales 4	40	3	-	40	-	-
Stage 2A	-	4	-	-	-	-
Modélisation mathématique et statistique des systèmes complexes	75	7	30	23	22	-
Gestion des crises : applications physiques et chimiques	40	3	27	-	4	9
Optimisation et application au contrôle	38	3	14	8	16	-
Instabilités dynamiques et transport chaotique	37	3	11	8	18	-
Modélisations économiques et financières : le besoin de régulation	40	4	37	3	-	-
Au-delà du modèle	30	3	17	5	4	4
ÉNERGIE DURABLE						
Langues et Cultures Internationales 4	40	3	-	40	-	-
Stage 2A	-	4	-	-	-	-
Introduction aux enjeux énergétiques et aspects transverses et sociétaux	34	3	34	-	-	-
Énergie nucléaire	60	4	30	10	20	-
Énergie solaire	36	3	36	-	-	-
Énergie marine, éolienne et hydraulique	50	4	50	-	-	-
D'autres énergies pour demain ? Les exemples de la biomasse et de l'hydrogène	30	3	30	-	-	-
Notions énergétiques transverses : transport, conversion, stockage et utilisation de l'énergie électrique	20	2	20	-	-	-
Projets	30	4	-	-	-	-

UNITÉ D'ENSEIGNEMENT	HEURES	ECTS	HEURES			
			Cours	TD	TP	Projets
ENVIRONNEMENT ET DÉVELOPPEMENT DURABLE						
Langues et Cultures Internationales 4	40	3	-	40	-	-
Stage 2A	-	4	-	-	-	-
Décider, réguler	58	5	-	-	-	-
Concevoir	54	5	34	6	8	6
Détecter, modéliser	57	5	41	16	-	-
Traiter	54	5	-	-	5	-
Projet EDD	40	3	-	-	-	42
NANOSCIENCES ET NANOTECHNOLOGIES						
Langues et Cultures Internationales 4	40	3	-	40	-	-
Stage 2A	-	4	-	-	-	-
Nanochimie	36	3	28	-	8	-
Nanoélectronique	36	3	26	10	-	-
Introduction aux nanosciences et nanotechnologies et enjeux de société	36	3	24	-	12	-
Nanophotonique	40	3	24	8	8	-
Nanophysique	40	3	20	20	-	-
Projet	35	3	-	-	-	-
Nanotechnologies	40	3	22	-	18	-
SCIENCES DE L'INFORMATION ET SOCIÉTÉ NUMÉRIQUE						
Langues et Cultures Internationales 4	40	3	-	40	-	-
Stage 2A	-	4	-	-	-	-
Recherche et extraction de l'information	70	5	34	-	36	-
Économie et régulation de la société numérique	58	5	36	7	15	-
Projet	20	3	-	-	-	-
Représentation et diffusion de l'information	54	5	44	2	8	-
Traitement et codage de l'information numérique	58	5	54	4	-	-

Unités d'Enseignements communes à tous les parcours

Langues et Cultures Internationales 4

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	40	-	40	-	-	50	90	3

RESPONSABLES

C. Enoch

ÉQUIPE ENSEIGNANTE

Anglais : J. Airey – T. Kakouridis – G. Marquis – M. Ripert

Français Langue Étrangère : D. Betton – C. Enoch

Allemand : D. Ortelli-Van-Sloun

Italien : M. Meiffren

Portugais : M. Pereira Da Silva

Espagnol : C. Enoch – J. Medina –

E. Muñoz – N. Rougé

Chinois : S. Song

Japonais : A. Futamata

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français et langue concernée

PRÉREQUIS

UE Langues et Cultures Internationales 3.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

5 activités sont évaluées conformément au Cadre Européen Commun de Référence pour l'enseignement des langues : écouter et lire (comprendre) ; prendre part à une conversation et s'exprimer oralement en continu (parler) ; écrire.

- + Compétences visées niveaux confirmés : Niveau B2 ou C1 (cf. Règlement des études).
- + Compétences visées niveaux intermédiaires (LV2) : Niveau B2 (cf. Règlement des études).
- + Compétences visées niveaux débutants : Niveau A2 ou B1 selon les langues (cf. Règlement des études).
- + Compétences culturelles liées aux contenus des différents cours.
- + Compétences intellectuelles : développer l'analyse, la réflexion, l'esprit critique.

PROGRAMME

OBJECTIFS

L'enseignement des LCI s'inscrit dans la formation de citoyens et cadres internationaux avertis et responsables. L'ingénieur de Centrale Marseille devra être capable d'interagir de manière précise et efficace avec des partenaires de langues et/ou cultures différentes, notamment dans un environnement professionnel.

DESCRIPTION

Les élèves poursuivent l'étude de l'anglais et de leur 2^e langue. Les LCI (LV1, LV2 niveau non débutant) sont enseignées à raison de 40 heures par semestre : LV1 (20 h) et LV2 (20 h).

Chaque langue est enseignée à raison de deux heures par semaine. Les élèves de niveau confirmé pourront choisir leur module de cours en anglais. Ce choix peut être possible aussi en LV2 espagnol.

Pour les LV2 débutées au Semestre 5, les élèves pourront bénéficier de 10 heures (italien, espagnol, portugais) ou 20 heures (allemand, chinois, japonais, russe) de cours complémentaires de soutien.

Certifications externes

L'obtention d'une certification externe en anglais (niveau minimum visé B2) est obligatoire pour tous les étudiants pour l'obtention de leur diplôme.

Les étudiants pourront passer le TOEIC à la fin du semestre 8.

Rappel : les élèves ayant attesté un niveau C1 avec une certification externe en anglais peuvent se consacrer à l'étude d'une autre langue s'ils le souhaitent.

L'obtention d'une certification externe est courante et recommandée en français langue étrangère (de type Delf B2 ou Dalf) et pour les autres langues (niveau B1 pour les niveaux débutants ou B2/C1).

Rappel : les élèves ayant validé le Dalf C1 pourront se consacrer à l'étude de 2 autres langues (dont l'anglais).

Plan de l'enseignement

Choix 1 : LV1 Civilisation des pays anglophones (modules thématiques au choix) 20 h + LV2 20 h :

+ Allemand :

Niveau B2 : Compétences techniques : l'entretien d'embauche, la recherche de stage, le CV – Compétences thématiques : la réussite économique en Allemagne et ses limites.

Niveau C1 : Les pathologies de la démocratie.

+ Culture et actualité du monde hispanique (modules thématiques au choix) : consolidation des compétences linguistiques, écrites et orales et approfondissement des connaissances des sociétés et des cultures des pays hispano américains (littérature, cinéma, politique, géographie, problèmes de société...) à travers des supports variés. Préparation possible au diplôme du DELE.

+ FLE :

Niveau intermédiaire : apprentissage des modes formels de communication écrite et orale selon les situations et les groupes sociaux ; réflexion sur les stéréotypes et les traits spécifiques des identités culturelles (nationales et régionales) à travers les arts, les modes de vie, la gastronomie... les valeurs. Préparation au diplôme du Delf B2.

Niveau avancé : méthodologie des exercices de résumé, synthèse, argumentation écrite et orale, exposé ; réflexion sur les stéréotypes et les traits spécifiques des identités culturelles (nationales et régionales) à travers les arts, les modes de vie, la gastronomie... le cartésianisme, les Lumières, la démocratie. Préparation au diplôme du Dalf.

+ Culture et actualité italiennes ; approfondissements linguistiques et lexicaux.

Choix 2 : LV1 Civilisation des pays anglophones (modules thématiques au choix) 20 h + LV2 20 h niveau intermédiaire (car débutée au semestre 5) + 10 h ou 20 h de cours complémentaires de soutien pour approfondissements linguistiques et culturels : connaissance de divers aspects des sociétés et cultures des pays où les langues étudiées sont pratiquées (littérature, cinéma, politique, géographie, problèmes de société...) à travers des supports variés. Préparation possible aux certifications externes (Dele, HSK...).

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

+ Pour toutes les langues : photocopiés et documents distribués par les professeurs au cours du semestre.

+ FLE collection « Alter Ego 4 » (Hachette) pour le niveau intermédiaire.

Stage 2A

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	DURÉE TOTALE	ECTS
			Cours	TD	TP	Projets			
2	8	-	-	-	-	-	8 semaines	4	

RESPONSABLE

C. Loubet



ÉQUIPE DE COORDINATION

Équipe enseignante : tous les enseignants de l'école et plus particulièrement les responsables de parcours S8.

Responsable administratif : M. Juarez

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Niveau M1.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + savoir appréhender la complexité du métier d'ingénieur.
- + Mieux connaître le monde économique et ses contraintes.
- + Savoir synthétiser et présenter un retour d'expérience.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Le stage fait l'objet d'une mission représentative d'un métier d'ingénieur qui permet à l'élève :

- + de s'intégrer dans une équipe,
- + d'y prendre une position active à un niveau d'assistant ingénieur,
- + de mettre au service de celle-ci ses capacités et qualités, lui permettant d'être une force d'analyse et de proposition.

DESCRIPTION

Les stages font partie intégrante de la formation de l'ingénieur Centralien. Ces périodes sont des moments privilégiés d'échanges et de formation entre le monde économique et l'école.

Le stage 2A doit permettre à l'élève de réaliser une mission lui permettant de révéler ses capacités à assumer sa position d'acteur dans la conception, et / ou la mise en œuvre de démarches, méthodes ou processus :

- + d'organisation,
- + de recherche,

- + de contrôle,
- + d'activation ou animation d'équipe,
- + de résolution de problèmes sous contrainte.

L'élève peut prendre en charge un projet technique ou participer à des travaux de recherche et de développement en cours.

L'ensemble de la mission devra faire l'objet d'un rapport écrit et sera présenté à l'oral devant un jury d'enseignants.

L'élève doit remettre son rapport écrit sous format papier et informatique (uniquement papier pour les stages confidentiels).

L'évaluation s'appuie sur trois éléments :

- + l'évaluation du travail de l'élève par l'entreprise,
- + l'évaluation du rapport écrit par un enseignant de l'école,
- + l'évaluation de la soutenance orale par le jury.

Au vu de ces trois évaluations, une note globale est attribuée par le jury.

La durée minimum du stage est de 8 semaines.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

- + Document de synthèse reprenant les objectifs attendus, la façon de procéder pour une recherche de stage, les modalités de contrôle des connaissances,
- + conseils pour le rapport écrit et la soutenance orale.

Parcours thématique

Bio-ingénierie

Conférences – Visites – Projets

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	60	40	-	-	20	90	150	5

RESPONSABLE

M. Jaeger



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

]Toute l'équipe pédagogique du S8 « Bio-ingénierie »

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

- + Conférences et visites en français ou en anglais (au choix de l'orateur et en fonction de l'auditoire), avec supports en anglais (vidéo-projections).
- + Équipe pédagogique capable et acceptant de communiquer en langue anglaise, notamment dans le cadre informel du travail de projet.
- + Rendu des étudiants (rapports, présentations orales) en français ou anglais, au choix.

PRÉREQUIS

Formation de base en mathématique, physique et chimie (pour les élèves originaire de Centrale : tronc Commun de S5-S7).

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

CONNAISSANCES

- + Aspects socio-économiques, dont connaissance du secteur d'activité (retours d'expérience de professionnels).
- + Notions de risques et des principes de vigilance dans le domaine sanitaire (législation, organismes).
- + Connaissance du milieu de la recherche et transfert de connaissance.
- + Approfondissement des connaissances sur un domaine particulier, selon sujet de projet.

COMPÉTENCES

- + Gestion des risques dans ce secteur d'activité.
- + Pratique de techniques et d'outils.
- + Autonomie, initiative, innovation.
- + Posture de relation professionnelle.

PROGRAMME

OBJECTIFS

L'objet de cette UE est d'initier les étudiants au secteur et de les faire réfléchir sur des problématiques pratiques.

La connaissance du secteur est apportée par une série de conférences et visites, recouvrant une large gamme de domaines d'activité. Le fonctionnement de cette partie de la formation a pour objectifs de :

- + Responsabiliser les étudiants en les préparant à gérer des relations professionnelles ;
- + Favoriser l'interaction avec les professionnels du secteur.

En effet, les étudiants regroupés en équipes de deux ou trois doivent organiser un ou deux événements du cycle de conférences avec une triple mission portant sur l'aspect relationnel, la logistique, et l'animation de conférence. Cette partie de l'UE est notée sur la base de l'impression faite sur le conférencier aussi bien par l'équipe de gestion de la conférence que par l'auditoire.

Enfin, les étudiants sont mis en situation dans le cadre du travail de projet.

DESCRIPTION

Aspects socio-économiques en bio-ingénierie (40 h de conférences et visites)

L'activité en bio-ingénierie est très diverse, allant des études amont de biophysique, biomécanique, biochimie, en laboratoire, jusqu'à la création de start-up en biotechnologies, sans oublier les besoins croissants des grands organismes de santé. Au travers de conférences, la parole est donnée aux acteurs de ce domaine pour exposer leur connaissance, expérience et expertise du terrain. Beaucoup de conférenciers ont une formation initiale de physique/chimie/mathématiques et leur retour d'expérience en tant que créateur d'entreprise ou/et chercheur en bio-ingénierie, et pour plusieurs en tant que praticien hospitalier, est particulièrement pertinent pour les étudiants, compte tenu des objectifs de la formation.

Une spécificité de ce domaine concerne la gestion des risques, puisque toute activité en relation avec l'être humain est

soumise à « vigilance » (pharmacovigilance, biovigilance,...). On introduira ainsi le management des risques appliqué aux vigilances, avec les organismes concernés et la législation en vigueur. Notons que ces questions sont également considérées dans les UE2 et UE3, en rapport avec chacun des domaines considérés (thérapies par ondes, thérapies chimiques).

La liste des conférences et visites ainsi que le principe du mode de fonctionnement sont donnés ci-dessous.

Projets (20 h)

Deux formes de projet sont possibles, au choix des étudiants.

1) La première forme, à l'initiative des enseignants (responsable : M. Jaeger), porte sur l'analyse de problématiques de bio-ingénierie par simulation numérique. L'approche est donc du type modélisation mathématique conduisant à caractériser l'évolution du système étudié par des équations aux dérivées partielles. Ces dernières sont résolues par voie numérique à l'aide du logiciel de simulation numérique COMSOL Multiphysique, très utilisé en bio-ingénierie.

Après quelques séances de familiarisation avec le logiciel sur un exemple simple, des sujets d'étude plus ou moins personnalisés (fonction du nombre d'étudiants) sont proposés à partir d'articles scientifiques. Les étudiants ont alors pour mission de comprendre la problématique et de développer une modélisation mathématique puis numérique pour son analyse. Ce travail réalisé en petites groupes de projet est évalué par l'équipe enseignante à l'occasion d'une présentation orale devant les autres groupes de projet.

2) D'autres formes de projet sont possibles, mais laissées à l'initiative des étudiants. Les sujets de projet peuvent impliquer du travail de toute nature (recherche bibliographique, veille technologique, études théoriques, développements informatiques, études expérimentales, réalisations pratiques, etc.) et s'effectuer en collaboration avec une entreprise. Pour la mise en place de ce type de projet, les étudiants ont en charge de trouver parmi les membres de l'équipe pédagogique un enseignant ou une équipe enseignante qui valide le projet et accepte d'en assurer le suivi, ainsi que son évaluation.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

-

Imagerie et thérapies par ondes

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	70	44	8	18	-	110	180	6

RESPONSABLE

G. Georges



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

Microscopie pour l'observation cellulaire et subcellulaire : G. Georges – H. Rigneault
Imagerie médicale et thérapies : C. Fossati – G. Georges – S. Mensah – P. Lasaygues
Traitement des images : S. Bourennane – C. Fossati – T. Gaidon

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

- + Cours magistraux majoritairement en français (éventuellement en anglais, au choix de l'enseignant), avec supports écrits en anglais (vidéo-projections, photocopies, ouvrages, textes d'exercice, etc.).
- + Sujet de travaux faisant l'objet d'une évaluation (TP, examen, etc.) rédigés en français et en anglais, avec possibilité de rendu en français ou en anglais, au choix des étudiants.
- + Équipe pédagogique capable et acceptant de communiquer en langue anglaise.

PRÉREQUIS

Formation de base en mathématiques, physique et chimie (pour les élèves originaire de Centrale : tronc commun de S5 - S7).

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

CONNAISSANCES

À l'issue de cette unité d'enseignement, les élèves auront une bonne connaissance des fondements et des possibilités offertes par l'imagerie médicale.

COMPÉTENCES

Compréhension approfondie, d'une part des propriétés physiologiques et des métabolismes ciblés par les différentes modalités et, d'autre part, des techniques numériques mises en œuvre, propres à chaque modalité. Ce socle de compétences permettra de répondre efficacement aux besoins diagnostiques et thérapeutiques.

PROGRAMME

OBJECTIFS

L'imagerie médicale fait l'objet d'enjeux multiples. Dans le domaine de la santé, l'observation non invasive du corps apporte des informations morphologiques, métaboliques, et fonctionnelles, conduisant à des progrès importants en termes de soins et de santé (dépistage) publique. D'un point de vue industriel, le développement de nouvelles modalités a pour conséquence la fabrication d'appareillages de plus en plus sophistiqués et à spécificité accrue.

Parcourant une large dynamique (de l'échelle cellulaire à l'échelle macroscopique), nous décrivons les modèles d'interactions ondes-tissus ainsi que leur utilisation en imagerie et en thérapie. Les différentes modalités d'imagerie, des plus conventionnelles aux plus avancées, et les thérapies associées sont mises en perspective. Le traitement des images numériques est une étape clé pour l'aide au diagnostic et le contrôle thérapeutique. En particulier, sont abordées : les notions de qualité d'images, l'analyse des données, la poursuite d'objets dans des séquences, et l'aide à la décision. L'objectif est une formation sur les méthodes les plus avancées en imagerie en considérant les fondements physiques afin d'être en mesure d'offrir le meilleur potentiel d'innovation à finalité médicale.

DESCRIPTION

Microscopie pour l'observation cellulaire et subcellulaire (8 h cours, 2 h TD, 6 h TP)

Dans cette partie, on présentera :

- + Les techniques de base de la microscopie optique classique (4 h cours).
- + Les techniques avancées pour l'observation des mécanismes cellulaires, basées sur la fluorescence, le contraste de phase,... (4 h cours, 2 h TD, 6 h TP).

Imagerie médicale et thérapie (18 h cours, 3 h TD, 4 h TP)

Imageries morphologique, thérapeutique et fonctionnelle à partir de différentes modalités. Une attention particulière sera portée sur la modélisation des interactions ondes-tissus permettant d'optimiser la qualité des images et les index thérapeutiques.

- + Interaction ondes-tissus en général et nature des informations accessibles via différentes longueurs d'onde, en termes d'interaction, d'information obtenue, de résolution,...
- + Imagerie – Thérapie ultra-sonores : Principe (propagation, réflectivité) – Échographie Doppler avec application aux maladies cardiovasculaires – Agent de contraste – Ondes focalisées (lithotripsie, ablation thermique).
- + Imagerie IRM : Principe (relaxations T1, T2, déplacement chimique) – Techniques (Écho de spin, Impulsion sélective) – Imagerie (Gradient de champ, Tomographie) –

- IRM fonctionnelle (BOLD) et de diffusion (Neurologie) – Contraintes et risques.
- + Imagerie – Thérapie X : Absorption différentielle – Tomodensitométrie et angiographie – Radiothérapie.
 - + Imagerie Nucléaire : Rayonnements α , β , γ – Gamma caméra – Tomographie TEP – Curiethérapie et Protonthérapie.
 - + Imagerie optique : interaction lumière-matière et propagation dans un tissu biologique – Modes de transport de la lumière en fonction du type de milieu – Différents types de systèmes d'imagerie (spatial, temporel...) – Utilisation de la lumière polarisée pour l'imagerie fonctionnelle – Thérapies par laser.

Traitement des images (18 h cours, 3 h TD, 8 h TP)

Le traitement des images médicales sera développé dans ses aspects les plus récents, par exemple en imagerie multimodale, qui permet l'utilisation conjointe de différentes modalités. Les aspects suivants seront abordés :

- + Reconstruction et rehaussement d'images : Reconstruction : réduction du bruit et du flou de bougé – Rehaussement : méthodes multiéchelles, à base d'histogramme,

- morphologiques, application aux mammographies – Tomographie (conférence).
- + Méthodes avancées pour le filtrage et applications : Séparation de signaux, caractérisation de signaux faibles, poursuite de structures dans des séquences d'images et applications – Méthodes statistiques et algébriques pour le débruitage, réduction de dimension et compression de données – Traitement des images multicomposantes (couleur, multispectrale, hyperspectrale...) – Segmentation des images (contours actifs, level-set, modèles déformables,...) – Applications : dermatologie, mammographie, angiographie, cérébrales,...
- + Séries temporelles : Détection de motifs temporels – Pilotage d'intervention : angiographie interventionnelle sous contrôle d'imagerie.
- + Aide au diagnostic médical.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

- + Ouvrages.
- + Polycopiés.

Les briques du vivant

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	60	46	10	4	-	90	180	6

RESPONSABLE

J. Leclaire



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

Biomolécules : J. Leclaire

Matière molle : M. Jaeger

Modélisation multiéchelles des tissus : O. Boiron – S. Bourgeois – J.-M. Rossi

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

- + Cours magistraux majoritairement en français (éventuellement en anglais, au choix de l'enseignant), avec supports écrits en anglais (vidéoprojections, photocopies, ouvrages, textes d'exercice, etc.).
- + Sujet de travaux faisant l'objet d'une évaluation (TP, examen, etc.) rédigés en français et en anglais, avec possibilité de rendu en français ou en anglais, au choix des étudiants.
- + Équipe pédagogique capable et acceptant de communiquer en langue anglaise.

PRÉREQUIS

Formation de base en mathématique, physique et chimie (pour les élèves originaire de Centrale : tronc commun de S5 - S7).

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

CONNAISSANCES

Organisation multiéchelles de la matière vivante.

COMPÉTENCES

Compréhension des principes d'organisation / fonctionnement de la matière vivante, pour comprendre / utiliser / concevoir :

- + Des technologies permettant d'interagir avec les systèmes vivants.
- + Des technologies, des procédés, qui l'utilisent ou s'en inspirent.

PROGRAMME

OBJECTIFS

L'objet de cette UE est le matériau biologique, son

organisation et le comportement des systèmes biologiques et biomimétiques à différentes échelles (du moléculaire au macroscopique).

La composition détermine la structure par des interactions physiques élémentaires qui elle-même va donner sa fonction à l'objet (comment aborder une puce à ADN si on ne sait de quoi est fait l'ADN ? Comment comprendre comment un liposome transporte un principe actif sans savoir ce qu'est un lipide tensioactif, comment lutter contre virus et bactéries si on ne sait ce qu'est une protéine). Cette connaissance est fondamentale car c'est elle qui permet d'interagir avec les organismes vivants, voir de s'en inspirer pour améliorer les systèmes artificiels.

DESCRIPTION

Biomolécules (16 h cours / 4 h TD)

On se situe ici à l'échelle du **micro au nanomètre**. Une initiation préalable aux structures et fonctions de base de la cellule sera proposée. Les briques du vivant seront ensuite explorées en partant des constituants monomériques de base (nucléotides, acides aminés, sucres, lipides), pour comprendre comment leur assemblage conduit aux polymères et agrégats du vivant correspondants (acides nucléiques, protéines, polysaccharides, structures membranaires). Une analyse structurale physique sera conduite pour expliquer comment ces briques et leurs connexions conduisent à des objets de hautes masses, aux structures remarquables universellement utilisées dans le monde du vivant.

Dans un second temps sera exploré le déterminisme structure-fonction de ces objets, ou comment la structure a été optimisée par la nature pour obtenir des machines

moléculaires aux fonctions remarquables. Dans le cas des acides nucléiques, il sera vu comment ses propriétés structurales permettent une gestion unique de l'information dans le vivant. De la même manière, de nombreux exemples illustreront le spectre remarquable des fonctions prises en charge par les protéines, comme la versatilité des polysaccharides comme système d'empreintes digitales cellulaires ou encore la compartimentation offerte par les assemblages de tensio-actifs.

Matière molle (14 h cours/6 h TD)

On se situe ici aux **méso-échelles**, entre l'échelle moléculaire du chimiste et l'échelle macroscopique habituelle de l'ingénieur.

L'approche est donc celle du physicien, décrivant l'organisation de la matière condensée en termes de liaisons physiques. Ce sont ces mêmes forces de cohésion qui s'exercent entre deux molécules, et qui par intégration donnent naissance aux forces entre surfaces et/ou colloïdes, dont l'action est primordiale pour les microsystèmes. Elles permettent d'expliquer bon nombre de spécificités de la matière vivante, allant des systèmes auto-organisés (surfactants, micelles, monocouches, bicouches, membranes cellulaires), aux propriétés rhéologiques des fluides complexes comme le sang. Ce passage du moléculaire au mésoscopique nécessite de :

- + Connaître la nature de ces forces : travail de revue réalisé en autonomie par les élèves (en petits groupes) à partir de l'ouvrage de J. Israelachvili « Intermolecular and interface forces », et faisant l'objet d'une présentation orale.
- + Savoir utiliser les principes de la thermodynamique statistique : rappel des principes sur le cas des gaz (travail en autonomie), puis prise en compte des interactions.

Dans l'optique de la poursuite de la formation pluridisciplinaire de l'élève ingénieur, cet enseignement complètera avantageusement d'autres enseignements portant sur la structure de la matière et son comportement, pour acquérir une base de connaissance dans le domaine des matériaux.

Modélisation multiéchelles des tissus (16 h cours, 4 h TP numérique)

On se situe dans cette partie à l'**échelle macroscopique** du mécanicien, à laquelle on admet que le milieu biologique peut être décrit par un modèle continu. On considère les tissus comme des milieux hétérogènes, qui possèdent des microstructures plus ou moins ordonnées, et au sein desquelles circulent éventuellement des fluides. On s'intéresse alors aux méthodes de changements d'échelles, qui permettent d'obtenir des modèles de comportements mécaniques globaux.

Dans un premier temps, on parlera des modèles de comportement élémentaires (élasticité anisotrope, viscoélasticité, hyperélasticité, poroélasticité), puis on introduira différentes méthodes d'homogénéisation, avant de les appliquer au comportement du tissu osseux. Les propriétés des milieux poreux seront également traitées avec des applications aux matériaux vivants.

Une initiation à la modélisation par éléments finis de ce type de milieux, avec le logiciel ABAQUS (disponible pour la formation à l'école), est prévue (TP sur machines).

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

- + Ouvrages.
- + Photocopiés.

Thérapies chimiques – Biotechnologies

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	70	40	18	12	-	110	180	6

RESPONSABLE

J. Leclaire



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

Cycle de vie du médicament et biotechnologies thérapeutiques : C. Alvarez – S. Canaan – J.-C. Guillement – J. Leclaire

Génie des procédés pharmaceutiques : F. Duprat – N. Ibaseta

Traitement des données issues des biopuces : C. Pouet – D. Puthier

Microfluidique : C. Fossati – M. Leonetti

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

- + Cours magistraux majoritairement en français (éventuellement en anglais, au choix de l'enseignant), avec supports écrits en anglais (vidéoprojections, polycopiés, ouvrages, textes d'exercice, etc.).
- + Sujet de travaux faisant l'objet d'une évaluation (TP, examen, etc.) rédigés en français et en anglais, avec possibilité de rendu en français ou en anglais, au choix des étudiants.
- + Équipe pédagogique capable et acceptant de communiquer en langue anglaise.

PRÉREQUIS

Formation de base en mathématiques, physique et chimie (pour les élèves originaire de Centrale : tronc commun de S5 - S7).

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

CONNAISSANCES

- + Cycle de vie du médicament – Moyens techniques mis en œuvre dans le développement et la production d'un médicament.
- + Technologies à acides nucléiques et technologies protéiques – Mise en œuvre technique, exploitation des données.
- + Principes physiques de la microfluidique – Technologie.
- + Gestion des risques et vigilance.

COMPÉTENCES

- + Capacité à se situer dans la chaîne de développement d'un médicament.
- + Capacité à participer à la mise en œuvre des techniques standard de développement et de production d'un médicament.
- + Capacité à intervenir tout au long du processus d'analyse sur acides nucléiques et protéines.
- + Compréhension des systèmes microfluidiques, de façon à être capable de comprendre/utiliser/concevoir de tels systèmes pour l'analyse biologique, pour améliorer les procédés industriels, ou pour développer des technologies bio-inspirées.

PROGRAMME

OBJECTIFS

D'une part, seront présentées des technologies standard de l'industrie pharmaceutique traditionnelle basée sur le développement des médicaments. D'autre part, seront introduites les biotechnologies basées sur les composants intimes de chaque être vivant (acides nucléiques, protéines).

Ce secteur économique a su développer de nouveaux outils (Micro Electro Mechanical Systems ou MEMS, puces à ADN, bio-informatique,...) pour accélérer la recherche de nouveaux médicaments, optimiser leur utilisation (vectorisation) et révolutionner les procédés d'analyses biologiques.

Ces dernières années, ces technologies prometteuses ont connu un essor considérable, d'abord dans le monde académique, puis à travers la création de nombreuses start-ups qui sont maintenant en passe d'être intégrées dans l'industrie pharmaceutique. Aujourd'hui, les principes à la base de ces nouveaux outils sont sources d'innovation dans bien d'autres secteurs économiques.

DESCRIPTION

Cycle de vie du médicament et biotechnologies thérapeutiques (16 h, 6 h TD, 2 x 4 h TP)

On introduira l'AMM et les différentes échelles de fabrication, ainsi que le choix d'une molécule cible et la stratégie d'une synthèse rapide (relations structure-activité, test de grandes familles de composés, optimisation du transport, techniques de criblage, cibles majeures des médicaments, cycle de vie...). Les technologies biotechnologiques protéiques seront abordées : de nouveaux outils de diagnostic et de nouveaux médicaments obtenus par génie génétique.

Des études de cas sont prévues en TD et des manipulations en TP (synthèse de principe actif, sur le site de St-Jérôme, et tests biologiques d'activité de ces composés, sur le site de Joseph Aiguier). De plus, une conférence, ainsi qu'une visite de la plateforme de criblage de Luminy (AFMB), sont prévues dans le cadre de l'UE4.

Génie des procédés pharmaceutiques (8 h cours, 7 h TD)

On introduira les concepts fondamentaux à la base du fonctionnement des appareils les plus caractéristiques de l'industrie pharmaceutique et permettant leur dimensionnement :

- + Méthodes d'analyse et de séparation à l'échelle préparative d'isomères (électrophorèse, chromatographie chirale, lit mobile simulé, FD).
- + Cristallisation (équilibre de phases, nucléation, dimensionnement, NI).
- + Réacteurs biologiques (cinétique enzymatique, technologie, dimensionnement, FD).

Une conférence sur les innovations dans la pratique industrielle est prévue dans le cadre de l'UE4 (Édith Norant, UCB Pharma).

Traitement des données issues des biopuces (6 h cours, 4 h TP numérique)

Comment de nouvelles méthodes ont émergé suite à la croissance exponentielle des données à traiter. Chaîne d'analyse pour traiter les données brutes issues des biopuces. Les données sont prétraitées afin d'être rendues exploitables, puis elles sont traitées à l'aide de techniques mathématiques ad hoc : tests multiples pour la recherche de gènes différentiellement exprimés, classification supervisée et non-supervisée (classification ascendante hiérarchique, Support Vector Machine), graphes pour modéliser des réseaux géniques.

Le logiciel libre de statistique R, très populaire en bio-informatique, sera introduit afin d'illustrer les principes de traitements donnés en cours. Sa syntaxe similaire à Matlab et Scilab permettra aux élèves de rapidement produire des résultats (TP sur machines).

Microfluidique (10 h cours, 5 h TD)

De nombreuses applications biotechnologiques impliquent la mise en mouvement de liquides au sein de conduites de quelques dizaines de micromètres. La mécanique des fluides présente alors des caractéristiques spécifiques, comme le rôle prépondérant joué par les interfaces, ou la problématique du mélange en régime purement visqueux. Les conséquences sur les êtres vivants et les procédés seront discutées.

Le contrôle de tels écoulements dans les MEMS nécessite des organes de contrôle adaptés aux écoulements à petite échelle, comme des vannes, pompes, mélangeurs, qui réclament des procédés de fabrication spécifiques, souvent inspirés de la microélectronique. On abordera donc également ces aspects technologiques.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

- + Polycopié de cours imprimé.
- + Diapositives en ligne sous Claroline.
- + Site web d'animations (www.johnkyrk.com).

Parcours thématique

Dynamique – Mutation – Crise

Modélisation mathématique et statistique

des systèmes complexes

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	75	30	23	22	-	135	210	7

RESPONSABLE

C. Pouet



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

G. Chiavassa – M. Guillaume – C. Kharif – J. Liandrat – C. Pouet

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français ou anglais

PRÉREQUIS

Tronc commun de S5 - S7 (ou équivalent).

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

CONNAISSANCES

- + Théorie des systèmes dynamiques en temps discret et continu.
- + Théorie de la stabilité.
- + Équations aux dérivées partielles.
- + Théorie de l'estimation et de la détection pour les phénomènes extrêmes.

COMPÉTENCES

- + Être capable de choisir les outils adéquats à la modélisation d'un phénomène.
- + Être capable de mettre en œuvre un modèle avec évaluation des paramètres et à illustrer les différents comportements à travers des simulations.
- + Savoir utiliser ou développer des méthodes numériques adaptées pour résoudre efficacement un problème.
- + Maîtriser les outils informatiques nécessaires à la mise en œuvre numérique des modèles.

PROGRAMME

OBJECTIFS

L'objectif de cet enseignement est de donner une collection d'outils permettant de modéliser les dynamiques, les mutations et les crises.

DESCRIPTION

Modélisation mathématique de systèmes complexes I et II (30 h)

Modèles discrets, systèmes dynamiques continus, méthodes numériques associées – Équations aux dérivées partielles, méthodes numériques associées et exemples d'applications en biologie.

Un modèle simple en météorologie (15 h)

Sensibilité aux conditions initiales – Instabilité de Rayleigh-Bénard – Équations de Lorenz – Bifurcations – Chaos – Attracteur de Lorenz.

Valeurs extrêmes (15 h)

Valeurs extrêmes – Statistiques d'ordre – Domaines d'attraction d'une distribution de valeurs extrêmes – Estimateur de Hill – Estimateur de Pickands – Queues de distribution – Comportement des excès – Loi de Pareto – Loi de Gumbel – Loi de Weibull – Utilisation des logiciels R ou Matlab.

Détection d'anomalies (15 h)

Méthodes d'analyse de données multivariées à grandes dimensions pour la détection d'anomalies et leur classification – Illustrations en imagerie hyperspectrale – Test du rapport de vraisemblance généralisé (GLRT) – Analyse en composante principale (ACP) – Analyse en composantes indépendantes (ACI) – Utilisation du logiciel Matlab.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

Polycopiés de cours en anglais.

Gestion des crises : applications physiques et chimiques

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	40	27	-	4	9	50	90	3

RESPONSABLE

P. Dufourcq



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

P. Dufourcq – R. Fortrie

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Ceux d'un élève ingénieur 2A.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Acquérir les concepts fondamentaux de la physique et chimie non linéaire, de la complexité.
- + Être capable de mettre en œuvre les outils théoriques et mathématiques spécifiques à ce domaine.

PROGRAMME

OBJECTIFS

La capacité à comprendre, gérer, maîtriser les crises passe par l'appréhension fine d'un système rendu complexe soit par un grand nombre de degrés de liberté, soit par un comportement non-linéaire.

Il existe en physique et en chimie de tels systèmes, largement étudiés et modélisés. Ce module a pour objectif de permettre aux étudiants de savoir appréhender ces problèmes, à travers l'apprentissage des théories spécifiques, d'exemples, de TP en chimie et de projets numériques en physique.

DESCRIPTION

L'éclairage des systèmes complexes en physique (30 h)

- + Retour sur les notions essentielles de la complexité en sciences physiques : définitions, théorie du tout, systèmes statistiques, systèmes dynamiques non linéaires
- + Physique mathématique de la complexité : portrait de phases, attracteurs, bifurcations, sections de Poincaré, exposants de Lyapunov, mesure de la complexité, importance des échelles caractéristiques, chaos.
- + Trois exemples d'application aux sciences de l'ingénieur : trafic automobile, vibrations d'une tige de forage, dynamique du management par un modèle de Lorenz.

- + Système complexe et vivant : croissance fractale, auto similarités.
- + Entropie, désordre, complexité et changement de phase
- + Impacts contemporains du paradigme de la complexité en cosmologie, en écologie, en psychologie, en neurosciences,... en analyse musicale, en philosophie.
- + Éléments topologiques de la théorie des catastrophes

Application et évaluation : les étudiants réaliseront individuellement une étude mettant en œuvre les concepts précédents et présenteront leurs résultats devant tous.

Phénomènes chimiques non linéaires (10 h)

De très nombreuses réactions chimiques sont gouvernées par des lois cinétiques non linéaires. Il en résulte parfois des phénomènes surprenants, tels que des réactions oscillantes de type Belousov-Zhabotinsky, et parfois des phénomènes dangereux, tels que l'emballement de réaction chimique, événement pouvant éventuellement conduire à l'explosion de réacteurs.

Ces phénomènes seront ici abordés de manière à la fois théorique et expérimentale. Leurs natures et leurs enjeux seront tout d'abord présentées, puis nous nous attacherons à leur caractérisation dans quelques cas judicieusement choisis.

La mesure des paramètres cinétiques liés à une réaction oscillante sera ensuite réalisée expérimentalement, ce qui permettra aux étudiants de remonter aux paramètres cinétiques des étapes élémentaires de la réaction chimique.

La partie Travaux Pratiques (7 h) sera consacrée à 4 h de manipulation et 3 h d'exploitation de données, réalisées sous forme de projet par les élèves

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

- + Documents de cours.
- + Polycopié selon intervenant.

Optimisation et application au contrôle

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	38	14	8	16	-	52	90	3

RESPONSABLE

G. Graton



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

G. Graton

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Mathématiques 1 – Dérivation – Algorithmique.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Être capable de choisir un critère, de prendre en compte des contraintes et de définir un problème d'optimisation.
- + Être capable de comprendre le fonctionnement des algorithmes d'optimisation et leur utilisation.
- + Savoir prendre en compte les contraintes dynamiques et être capable de résoudre des problèmes d'optimisation dynamique (résolution directe et indirecte).

PROGRAMME

OBJECTIFS

Les méthodes d'optimisation sont appliquées dans un grand nombre de domaines liés aux sciences de l'ingénieur, que ce soit comme simples outils d'analyse numérique que d'un point de vue dynamique telles les problèmes de commande optimale.

L'objectif de ce cours est de présenter les aspects théoriques de l'optimisation statique sans contrainte puis avec contraintes (lagrangien, KKT, points selles et dualité) ainsi que les principaux algorithmes d'optimisation (le gradient, le gradient conjugué, Newton, quasi-Newton,...). Les aspects stochastiques de l'optimisation seront abordés avec

l'utilisation du recuit-simulé, de l'entropie croisée.

Cette première partie a pour but d'introduire les notions d'optimisation statique en vue de les étendre à l'optimisation dynamique et aux problèmes de contrôle optimal dans une seconde partie.

Cette dernière sera dédiée à l'équation d'Hamilton, au principe du minimum du Pontryagin, au principe d'optimalité de Bellman. Cela conduira à l'équation de Riccati et de la résolution des équations algèbro-différentielles. Différents exemples illustratifs seront traités.

DESCRIPTION

Partie 1 : Optimisation statistique (15 h)

Notions mathématiques – Définition et choix du critère – Optimisation sans contrainte, définition des contraintes et optimisation avec contraintes – Algorithmes / méthodes numériques – Aspects stochastiques – Vers l'identification.

Partie 2 : Optimisation dynamique et contrôle optimal (23 h)

Choix du critère, contraintes dynamiques – Équation d'Hamilton – Principe d'optimalité de Pontryagin – Programmation dynamique et optimalité de Bellman – Équation de Riccati – Vers le contrôle optimal.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

Liste d'ouvrages

Instabilités dynamiques et transport chaotique

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	37	11	8	18	-	53	90	3

RESPONSABLE

G. Ciraolo



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

C. Chandre – G. Ciraolo – B. Cochelin

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Module « Modélisation mathématique de systèmes complexes ».

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Être capable de mettre en œuvre les outils théoriques et numériques introduit au cours du semestre pour étudier la stabilité et l'évolution d'un système dynamique.
- + Les enseignements s'appuieront sur des séances de TD et TP qui permettront aux élèves d'analyser un système dynamique au travers d'un logiciel de calcul scientifique.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Appliquer les notions abordées dans le cours de « Modélisation mathématique de systèmes complexes » à des exemples de systèmes dynamiques issus de la mécanique des fluides et des solides. Familiarisation avec le concept de système chaotique.

DESCRIPTION

Partant des équations générales de la Mécaniques des

Milieux Continus (MMC, 1A) on établit les équations du mouvement du système considéré et on discrétise en espace pour revenir à un système dynamique, généralement de petite dimension. On décrit les instabilités et leurs conséquences en utilisant les notions de base vues dans le cours Modélisation Mathématique de systèmes complexes.

Quelques exemples issus de la mécanique des solides (15 h)

- + Effondrement d'une structure par flambement.
- + Crissement d'un disque de frein ou d'embrayage.
- + Auto-oscillations dans les instruments de musiques (cordes frottées, vents, cuivres).
- + Instabilité aéro-élastique d'une aile, d'un pont ; instabilité au sol d'un hélicoptère.

Quelques exemples issus de la mécanique des fluides (22 h)

- + Plasmas de fusion (dynamique et chaotité des lignes magnétiques, diffusion de particules par dérive ExB).
- + Fluides Neutres : dynamique et mélange dans des fluides.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

Liste d'ouvrages.

Modélisations économiques et financières :

le besoin de régulation

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	40	37	3	-	-	50	90	4

RESPONSABLE

R. Bourlès



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

M. Belhaj – R. Bourlès – D. Henriët – P. Pintus

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français ou anglais

PRÉREQUIS

- + Économie et gestion 1A
- + Modules « Modélisation mathématique de systèmes complexes I et II » et « optimisation statique et dynamique ».

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Être capable de comprendre comment les interactions entre agents économiques peuvent être à l'origine de crises (écologiques, économiques et financière).
- + Savoir analyser comment la régulation de ces interactions peut stabiliser les systèmes étudiés.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Il s'agit d'utiliser les outils mathématiques développer au cours du semestre (Modélisation mathématique de systèmes complexes I et II – Optimisation statique et dynamique) dans le cadre d'applications à l'économie et à la finance.

L'objectif de cet UE est de décrire les phénomènes économiques et financiers à l'origine des crises récentes et d'analyser les différents modes de réglementation pouvant réguler de tels phénomènes.

DESCRIPTION

Cette UE est organisée autour de trois modules :

Dynamique économique et écologique (12 h)

Il s'agit d'utiliser les méthodes économiques pour comprendre l'impact qu'a l'action humaine sur l'équilibre écologique. Cet enseignement se propose notamment d'étudier les modèles d'extraction de ressource (modèle de surpêche par exemple) et de comparer les différentes politiques de régulation. Est ensuite développé un modèle

économique dit à « générations imbriquées » permettant de rendre compte de fluctuations endogènes.

Crises et cycles économiques (15 h)

Dans ce module on se propose d'introduire l'analyse économique moderne de la croissance économique. Cette partie de la théorie économique vise à mettre en lumière les forces expliquant l'accroissement du niveau de vie (le PIB par habitant) au cours du temps, dans une perspective de longue période (généralement séculaire). Une première partie présentera les données relatives à la croissance, afin de souligner les ordres de grandeur, les enjeux de la croissance ainsi que son caractère instable, dans les pays pauvres comme dans les pays riches. Une seconde partie introduira progressivement différents modèles permettant de comprendre les sources de la croissance. Enfin, une dernière partie se rapprochera des recherches récentes sur le phénomène des ruptures de taux de croissance, observées partout dans le monde, et sur leur lien avec la globalisation financière.

Organisation et réglementation des systèmes assurantiels et financiers (13 h)

Après avoir défini le cadre dans lequel les marchés financiers s'organisent, il s'agira de mettre en évidence l'importance de la dynamique du capital en banque et en assurance. On essaiera ensuite de comprendre pourquoi une réglementation du capital des banques et des assureurs est nécessaire avant de présenter les règles actuelles régissant ces marchés (Bâle 2 et Solvency 2).

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

- + Polycopiés (en anglais).
- + Xavier Freixas and Jean-Charles Rochet, Microeconomics of Banking, 2nd edition, MIT press
- + David Romer, Advanced Macroeconomics, 3rd edition, McGraw-Hill

Au-delà du modèle

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	30	17	5	4	4	60	90	3

RESPONSABLE

A. Kilidjian



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

J.-M. Innocent – A. Kilidjian – C. Pouet

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Mathématiques 1 et 2.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Comprendre et analyser les limites inhérentes à chaque modèle.
- + Être capable de détecter les situations dans lesquels un modèle ne semble plus être adapté.
- + Savoir analyser et maîtriser un système complexe sans avoir recours à un modèle.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Il s'agit d'expliquer le caractère nécessairement partiel d'un modèle et d'analyser les limites liées à la modélisation. Les enseignements mis en place permettent d'étudier (I) les situations dans lesquelles un modèle doit être révisé ou amendé et (II) des méthodes alternatives aux modèles dans l'étude de systèmes complexes.

DESCRIPTION

L'UE s'articule en trois modules complémentaires :

Modélisation de tendance et détection de rupture (10 h)

Il s'agit de donner quelques outils pour modéliser la tendance dans les nombreuses séries de données disponibles dans les domaines d'application du S8. L'élève-ingénieur découvrira qu'un modèle peut être amené à évoluer (ou à être révisé).

Plus la détection de ce changement de régime est rapide, meilleure est l'adaptation. Pour cela, il est proposé de donner quelques outils pour appréhender les changements de modèle (régression multiple, détection de rupture, chaîne de Markov cachée). On se propose d'étudier dans ce module diverses applications à la climatologie/météorologie, à l'économie/finance et à la biologie.

Commande floue (15 h)

L'approche de la modélisation et de son utilisation pour contrôler un système peut s'avérer difficile à mettre en œuvre si le système est trop complexe, il s'agit donc de présenter une approche alternative et éventuellement de les comparer. Au vu des exemples d'applications envisagées dans le S8, on propose une approche s'appuyant sur la logique Floue (absence de modèle du système complexe) pour maîtriser le comportement d'un système complexe.

Limites de la modélisation. Aspects scientifiques et techniques, philosophiques, culturels et politiques (5 h)

Ce module a pour but de mettre en évidence – sous plusieurs aspects pluridisciplinaires – les limites de la modélisation et le caractère toujours partiel d'un modèle. Ce module est imaginé sous forme de conférences données par des experts extérieurs à l'école. Son contenu exact dépendra donc des intervenants invités.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

- + Documents de cours.
- + Polycopié selon intervenant.

Parcours thématique

Énergie durable

Introduction aux enjeux énergétiques

et aspects transverses et sociétaux

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	34	34	-	-	-	56	90	3

RESPONSABLE

T. Gaidon



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

F. Duprat – F. Flory – T. Gaidon – D. Henriet – P. Fournier – F. Kovacs – M. Leborgne – J.-P. Nabot – D. Pascal
+ Intervenants conférenciers de grandes institutions : CEA – EIT – KIC – Innoenergy – IEEN – Région – ThinkTank.

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Aucun.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Comprendre les enjeux énergétiques en prenant en compte les différents aspects associés : scientifiques, technologiques, économiques, politiques, environnementaux, sociétaux, réglementaires,...
- + Donner les éléments de connaissance, de réflexion et d'action face aux enjeux énergétiques.
- + Comprendre les réflexions sur les interconnexions des réseaux énergétiques, la sécurité d'approvisionnement et des garanties d'un marché accessible.
- + Comprendre les exigences environnementales.
- + Donner les connaissances et moyens pour être acteur de l'innovation et de l'intelligence énergétique.
- + Introduire les aspects transverses sur les énergies et sur les sciences humaines et sociales.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Cette UE décrira pourquoi on parle d'enjeu énergétique et de défi pour les générations futures.

Elle comprend aussi la description des schémas globaux des transferts des énergies en se basant sur les phénomènes physiques fondamentaux et technologiques.

On présentera alors l'ensemble des énergies. Puis on détaillera les énergies non émettrices de gaz à effet de serre qui sont appelées énergies durables.

On commencera à initier les élèves à l'ensemble des aspects sociétaux, économiques, environnementaux, risques, géopolitique... essentiels pour ces activités.

On passera alors aux enjeux liés aux SHS et économiques. Ce seront essentiellement des conférences et des cours.

DESCRIPTION

- + Présentations générales du contexte énergétique et des acteurs.
- + Présentation de l'ensemble des énergies et description des énergies non émettrices de gaz à effet de serre qui sont appelées énergies durables.
- + Description des schémas globaux des transferts des énergies en se basant sur les phénomènes physiques fondamentaux et technologiques.

Énergies et géopolitique

- + L'histoire de l'énergie.
- + Bilan des ressources énergétiques passées et actuels, et leurs évolutions actuels et pour atteindre de nouvelles ressources.
- + Mettre en parallèle des puissances énergétiques utilisées et des moyens de production peuvent permettre de répondre à certaines questions sur le fait de pouvoir ou ne pas pouvoir utiliser tel type d'énergie pour telle utilisation.
- + Contexte d'utilisation d'énergies.

Économie

- + **Rappels utiles de microéconomie** : Maximisation des surplus – Monopoles et régulations – Formes d'oligopoles – Compléments et substituts stratégiques – Concurrence potentielle. [tarification de Ramsey-Boiteux – équilibres de Cournot, Bertrand, Stackelberg – Prix limite.]

- + **Économie de ressources non renouvelables** : Données économiques et historiques (« cartels et chocs ») – Sentiers de prix optimaux – Aspects géopolitiques.
[modèle de Hotelling pour une ressource non-renouvelable – Firme dominante et formation des cartels.]
- + **Économie de l'électricité** : Économie d'un bien non stockable – Concurrence et formes de régulation – Stratégie des acteurs en Europe – Questions politiques et institutionnelles.
[Tarification et concurrence.]
- + **Principes et pratiques de la régulation**
 - Contenu : Théories des formes de régulation et des équilibres économiques dans les industries de réseaux – Perspectives historique et comparative (entre industries et entre pays).
 - Concepts économiques : Régulations de Ramsey-Boiteux, de « cost plus ».
- + **Économie de l'énergie et des sources renouvelables.**

Analyse des secteurs, des stratégies industrielles et des marchés – Analyse de l'action publique et des enjeux de développements des territoires – Mode d'évaluation des choix et gestion des risques – Contributions en sociologie et géographie – Relations sociales (sociologie du travail, sociologie des mobilisations, expertise et citoyenneté, sociologie politique) – Espace (géographie économique) et longue durée (histoire industrielle) – Sociologie de l'action publique.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

Diaporamas.

Énergie nucléaire

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	60	30	10	20	-	60	120	4

RESPONSABLE

G. Ciralo



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

J. Baccou – J. Bittebierre – G. Ciralo – L. Gallais – P. Ghendrih – J.-C. Klein – F. Schwander – B. Tarride

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

UE « Introduction aux enjeux énergétiques et aspects transverses et sociétaux ».

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

Être capable de positionner l'énergie nucléaire dans l'ensemble de l'offre énergétique. Avoir une vision claire de cette filière, des principes physiques fondamentaux de la fission et de la fusion nucléaire à la mise en œuvre et au fonctionnement d'un réacteur nucléaire avec les aspects spécifiques de sûreté. Compréhension et réflexion sur les aspects sociétaux que la filière nucléaire soulève (problème de déchets, risque d'accident, prolifération...) en analysant les différences et les points en commun entre fission et fusion.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Donner les éléments pour une compréhension complète de la filière nucléaire, de son rôle dans le paysage énergétique actuel et futur, des ses atouts et ses points faibles. Prise en compte des différents aspects associés, scientifiques, technologiques, environnementaux et sociétaux.

DESCRIPTION

- + Introduction : la physique nucléaire, réactions de fission, réactions de fusion. Dimensionnement d'un réacteur nucléaire. Production d'électricité et mise en réseaux d'un réacteur nucléaire.
- + Fission nucléaire : simulateur d'un réacteur à eau sous pression et étude de la réponse d'un réacteur nucléaire aux exigences du réseau électrique (série de TD et TP sur ordinateur).
- + Fusion nucléaire et projet ITER. Confinement par champ magnétique, systèmes de contrôle d'un plasma chaud, bobines et supraconducteurs. Les objectifs d'ITER.
- + TD et TP sur ordinateur concernant l'analyse et la modélisation de la turbulence dans les plasmas.
- + Conversion, stockage et distribution : aspects spécifiques à l'énergie nucléaire.
- + Sûreté nucléaire et aspects sociétaux liés à la filière nucléaire.
- + Visites sur le centre du CEA Cadarache.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

- + Liste d'ouvrages.
- + Polycopié.

Énergie solaire

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	36	36	-	-	-	54	90	3

RESPONSABLE

F. Flory



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

L. Abel-Tibérini – J. Bittebierre – F. Flory – D. Roux – J.-J. Simon

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Tronc commun Centrale Marseille ou licence de physique.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Intérêts et limites de l'énergie solaire.
- + Connaissance des techniques, des filières et de leur mise en œuvre.
- + Capacité à évaluer un projet dans ce domaine.

PROGRAMME

OBJECTIFS

- + Caractéristiques de l'énergie solaire.
- + Panorama des filières Photovoltaïques et thermiques en prenant en compte les aspects scientifiques et technologiques.
- + Détail des gisements, analyse des besoins, dimensionnement pratique.
- + Positionnement de la filière face aux enjeux socio-économiques.

DESCRIPTION

Introduction générale

- + Enjeux de société.
- + Problèmes économiques et techniques, défis.

Gisement solaire : aspects physiques

Principe du fonctionnement solaire, de l'absorption atmosphérique et dépendance locale, temporelle et spectrale de l'éclairement. Étude qualitative, puis quantitative à l'aide de la photométrie. Optimisation de l'éclairement : concentrateurs solaires. Bilan énergétique (énergie solaire reçue, rayonnement thermique, effet de serre).

Sciences et technologie des capteurs d'énergie solaires

Capteurs photovoltaïques

- + Principe de fonctionnement : calcul d'une installation photovoltaïque, semi-conducteurs, diodes et effet photovoltaïque –

Cellules, matrices de cellules, adaptation d'impédance, défis à relever (coût, rendement, stockage).

- + Filières technologiques : Cellules silicium : mono et polycristallin, amorphe – Cellules couches minces minérales : Silicium, Cd In Si, Cd In Ge Si.
- + Cellules couches minces Organique.
- + Concepts photoniques avancés : Structures de surface, cristaux photoniques, plasmonique, structures quantiques,...
- + Conclusion et perspectives sur le Photovoltaïque : quels espoirs, quels usages futurs ?

Capteurs solaires thermiques

- + Le capteur plan : structure, fonctionnement, performances, norme d'essai.
- + Les capteurs sous vide.
- + Autres capteurs (capteur sans vitrage, capteurs à concentration...).

Dimensionnement des installations thermiques

- + Application de l'énergie solaire pour l'habitat.
- + Positionnement (besoin / apports).
- + Composants principaux (capteurs, stockage, émetteurs, régulation).
- + Calcul du taux de couverture (cas de l'ECS et du chauffage).
- + Éléments d'optimisation technico-économique.

Analyse socio-économique critique et conclusion

- + Gisement solaire, durée de vie et rendement des installations (besoins, économie).
- + Usages (Local, diffus, en réseau).
- + Indépendance énergétique.
- + Environnement (émission de CO2 pendant exploitation et fabrication, compétition avec l'agriculture, esthétique).

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

Polycopiés de cours.

Énergie marine, éolienne et hydraulique

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	50	50	-	-	-	70	120	4

RESPONSABLE

F. Anselmet



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

F. Anselmet – M. Boussak – C. Kharif – O. Kimmoun

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Mécanique des fluides et du solide.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Développer les connaissances sur l'environnement naturel considéré comme source d'énergie.
- + Comprendre le principe d'extraction d'énergie de l'environnement marin, du vent et des cours d'eau.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Ces cours d'UE s'adressent à ceux qui veulent mieux connaître les principales sources d'énergies renouvelables issues de notre environnement naturel. Il s'agit principalement de l'énergie mécanique extraite du mouvement de l'eau (vague océanique et cours d'eau) et/ou du mouvement des masses d'air (sur terre comme sur mer).

Les objectifs visés sont de présenter les principes mécaniques à la base de l'extraction.

Certains concepts sont mis en œuvre de « manière industrielle » parce qu'ils ont une rentabilité déjà évidente. D'autres sont l'objet d'étude de faisabilité et leur développement constitue des enjeux industriels majeurs. Ce cours fait l'état des lieux dans le domaine.

DESCRIPTION

Énergie marine

- + Vagues et houle : équations fondamentales – Mécanismes de génération – Énergie des vagues – Propriétés statistiques : approche spectrale (équation cinétique).
- + La ressource en énergie marine.
- + Systèmes convertisseurs : On centre ce cours sur le principe d'extraction de l'énergie des vagues, des marées, des

courants et des différences de température dans l'océan. Cette partie du cours fournit les éléments théoriques de récupération d'une énergie mécanique ou thermique.

- + Interactions océan et structure : Présentation de plusieurs projets en cours de validation sous forme de cours ou de conférence : système SEMREV, éolienne offshore, énergie thermique, système Pelamis...

Énergie hydraulique

- + Introduction - historique (de l'invention de la houille blanche au XIX^e siècle par A. Berges – ingénieur ECP – aux mégas projets du XXI^e siècle).
- + Présentation de quelques cas typiques en France et à l'étranger.
- + Principes de base.
- + Les différents types d'installation et de fonctionnement.
- + L'énergie hydraulique et son impact socio-économique : Avantages – Inconvénients – Points forts pour l'avenir.

Énergie éolienne

- + Historique et Introduction.
- + Ressources énergétiques du vent dans le monde.
- + Caractéristiques technologiques des éoliennes : éolienne à axe horizontal et vertical.
- + Dimensionnement et caractéristiques physiques des éoliennes.
- + Description des différentes composantes de la génération électrique éolienne.
- + Les sites d'implantation et de production des éoliennes en France.
- + Les éoliennes du futur (hydroliennes, Hovering Wing Turbine : des turbines volantes).
- + L'énergie éolienne et son impact socio-économique (avantages et inconvénients).

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

- + Liste d'ouvrages.
- + Photocopie.

D'autres énergies pour demain ?

Les exemples de la biomasse et de l'hydrogène

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	30	30	-	-	-	60	90	3

RESPONSABLE

F. Anselmet



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

F. Anselmet – F. Duprat

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

- + Bilans de matière et d'énergie.
- + Transfert de matière et d'énergie.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Savoir positionner les filières de production d'énergie à partir de ressources végétales et leurs perspectives d'avenir par rapport aux autres énergies renouvelables.
- + Savoir mettre en œuvre les fondamentaux acquis en tronc commun sur un procédé particulier.
- + Avoir une bonne maîtrise des spécificités de l'hydrogène et de ses possibilités d'utilisations futures très variées (téléphones portables, groupes générateurs, véhicules automobiles,...), tout en étant bien conscient des difficultés associées (fabrication à grande échelle, sécurité, distribution,...).

PROGRAMME

OBJECTIFS

Il s'agit de donner une vue d'ensemble des filières de traitement de la biomasse pour produire énergie ou plus spécifiquement biocarburants et hydrogène. Les technologies actuelles et les perspectives d'avenir sont évoquées. L'accent est mis sur le travail individuel, par le biais de recherches documentaires mises en commun pour construire une vue d'ensemble et du mode « pédagogie par problème » pour traiter un procédé particulier.

Les différentes voies possibles pour produire, à plus ou moins long terme, de l'hydrogène en très grande quantité seront présentées, ainsi que l'élément technologique

spécifique à la filière hydrogène que constitue la pile à combustible. L'historique, le présent et le futur à moyen terme des développements de piles seront présentés, ainsi que les verrous technologiques qui ralentissent encore son utilisation par le grand public.

DESCRIPTION

Production d'énergie à partir de la biomasse

- + Panorama rapide des filières de valorisation, aspects économiques et environnementaux.
- + Sur un procédé de production de biocarburant particulier : Analyse du schéma pour identification des opérations unitaires, détermination des flux de matière et dimensionnement d'appareil.
- + Restitution des recherches documentaires.

L'hydrogène comme vecteur d'énergie

- + Introduction – historique.
- + Les différentes solutions pour fabriquer/transporter/stocker l'hydrogène en très grande quantité.
- + Les principales utilisations possibles de l'hydrogène comme vecteur d'énergie : piles à combustible de tailles très diverses.
- + Problèmes spécifiques liés au stockage et au transport de l'hydrogène (sécurité, détection des fuites, choix de certains matériaux,...).
- + Aspects socio-économiques (sécurité, gros investissements/rentabilité, LA solution d'avenir ou seulement une piste parmi d'autres ?).
- + Visites de site prévues (Hélium,...).

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

Diaporamas.

Notions énergétiques transverses :

transport, conversion, stockage et utilisation de l'énergie électrique

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	20	20	-	-	-	40	60	2

RESPONSABLE

M. Boussak



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

M. Boussak – E. Clavier – T. Gaidon – J. Redoutey

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

-

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Connaître les différentes techniques de conversion d'énergie, de transport, de stockage et d'utilisation à partir d'une source d'énergie primaire.
- + Connaître les réseaux de distribution intelligents : smartgrids.

PROGRAMME

OBJECTIFS

- + Présenter les différents aspects transverses tels que les différentes formes de conversion d'énergie, le transport d'énergie, les consommations et les réseaux intelligents smartgrids.
- + Maîtriser les éléments de bases de la conversion d'énergie primaire en énergie électrique en passant par le transport, le stockage, les consommations et les smartgrids.
- + Comprendre le principe de fonctionnement des machines électriques en fonctionnement moteur et générateur. Présenter les principales topologies des convertisseurs d'électronique de puissance permettant d'alimenter un équipement électrique (moteur, alternateur, carte électronique...) à partir d'une source d'énergie donnée (réseau alternatif, batterie...)
- + Présenter les différents moyens de stockage de l'énergie électrique et les enjeux techniques et économiques pour le futur.

DESCRIPTION

- + Conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique (moteurs électriques) : Moteur synchrone, moteur asynchrone, principe de fonctionnement, modélisation, schéma équivalent, calcul du couple.
- + Conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique (générateurs électriques, éolienne) : Génératrice asynchrone et synchrone (alternateur).
- + Conversion de l'énergie électrique en énergie électrique : Sources, interrupteurs, règles de connexion, cellule de commutation, famille de convertisseurs statiques (convertisseur alternatif- continu (AC/DC), continu-continu (DC/DC), continu-alternatif (DC/AC), principes, avantages et inconvénient des structures, transformateur triphasé.
- + Transport de l'énergie électrique.
- + Utilisation de l'énergie électrique (traction ferroviaire, transports (terrestre, aéronautique, maritime), processus industriels, pompage, électroménager, éclairage, bâtiments...).
- + Stockage de l'énergie électrique (accumulateurs chimiques, pile à combustible, super condensateur, volant d'inertie...).
- + Présentation des réseaux de distribution intelligents smartgrids qui permettent de coupler les différentes formes d'énergies localisées (centrale électrique) ou distribuées (panneaux photovoltaïques ou autres) sur un réseau de distribution ; et d'alimenter une typologie complexe de modes de consommation (habitation, industriel, tertiaire...).

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

- + Copie de transparents du cours.
- + Polycopiés.

Projets

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	30	-	-	-	30	-	-	4

RESPONSABLE

T. Gaidon



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

Participation des acteurs du S8 « Énergie durable » de Centrale Marseille

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Introduction du S8 « Énergie durable » et du tronc commun Centrale Marseille.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Mise en application des compétences acquises durant les enseignements.
- + Acquisition des compétences de gestion d'un projet scientifique avec dimension scientifique rigoureuse, ordres de grandeur et dimensionnement.
- + Le projet intègre aussi un volet économique et sociétal.

PROGRAMME

OBJECTIFS

- + Apprendre des éléments caractéristiques de l'énergie durable par des exemples concrets en partenariat avec des industriels ou acteurs de la recherche et l'innovation.

- + Présentation et découverte de sites ou installation énergétiques.
- + Mise en pratique d'éléments des enseignements du semestre.
- + Apprentissage à la modélisation et au dimensionnement de systèmes.
- + Apprentissage des aspects sociétaux et économiques.

DESCRIPTION

- + Projet sur la totalité du semestre.
- + Projet en groupe avec tuteur enseignant ou professionnel.
- + Rendu d'un rapport écrit et soutenance.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

- + Copie des transparents du cours.
- + Polycopies.

Parcours thématique

Environnement et développement durable

Décider, réguler

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	58	-	-	-	-	-	5	

RESPONSABLE

J. Gazérian



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

D. Ami – É. Archelas – F. Duprat – J. Gazérian

Conférenciers extérieurs : consultants, spécialistes, institutions (AFNor, DREAL)

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

-

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

Comprendre les grands enjeux environnementaux et savoir évaluer une problématique en fonction des paramètres du développement durable.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Ce module plante de décor de l'environnement et du développement durable en introduisant les enjeux et cadres conceptuels du développement durable et leur dimension scientifique, économique et géopolitique.

Deux aspects sont approfondis : l'économie de l'environnement et l'assurance des catastrophes naturelles (c'est-à-dire comment chiffrer) et le génie industriel, avec le développement durable en entreprise et la gouvernance (c'est-à-dire comment gouverner).

DESCRIPTION

- + Enjeux et cadres conceptuels du développement durable (15 h).
- + Économie de l'environnement (15 h).
- + Génie industriel (18 h).
- + Conférences et visites (10 h)
Exemples : vigilance et santé (conférence) – Planète, usine à risques, même combat ? (conférence) – Agenda 21 (visite) – Valorisation énergétique des déchets (visite) – Épuration biologique (visite).

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

-

Concevoir

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	54	34	6	8	6	-	-	5

RESPONSABLE

D. Hérault



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

É. Archelas – J.-P. Chevalier – F. Duprat – D. Hérault – D. Nuel
+ Intervenants extérieurs : P. Michiel (ADER) – J.-R. Llinas – CARMA – E. Delanoye (INSPIRE)

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Tronc commun S5 - S7.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Maîtriser l'analyse du cycle de vie en écoconception.
- + Connaître la nouvelle réglementation sur les produits chimiques, REACH.
- + Connaître les différents axes de développement des technologies chimiques « propres ».

PROGRAMME

OBJECTIFS

Ce module propose deux approches de la conception durable : l'écoconception, pertinente pour la conception de nouveaux produits, et le développement de technologies chimiques innovantes et propres, appelé « chimie verte » et sur lequel l'emphase est mise. La chimie verte est sous-tendue par la nouvelle réglementation chimique européenne, REACH.

DESCRIPTION

Démarche d'écoconception et évaluation des solutions par analyse du cycle de vie (14 h).

Sûreté sanitaire et environnementale : REACH, nouvelle réglementation chimique européenne (8 h).

Chimie verte (26 h dont 4 h de TP) :

- + Les « 12 commandements » des procédés propres.
- + Potentiel des ressources agricoles.
- + Réduction des quantités de produits employés.
- + Limitation des dépenses énergétiques.

Une étude de cas sur le biomimétisme et inventions bio-inspirées présente des solutions économiques et techniques complètes et réalistes (3 h).

Une étude de cas sur l'intensification des procédés industriels (6 h).

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

-

Détecter, modéliser

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	57	41	16	-	-		5	

RESPONSABLE

M. Guillaume

ÉQUIPE ENSEIGNANTE

F. Anselmet – J. Bittebierre – S. Derrode – F. Flory – M. Guillaume – C. Kharif – D. Nuel

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Tronc commun S5 - S7.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

Connaître les principaux capteurs et méthodes de traitement de l'information pour la surveillance des indicateurs de pollution, et savoir intégrer des modèles physiques pour leur analyse et leur prévision.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Donner au futur ingénieur des méthodes et des outils pour la géosurveillance et la détection de pollutions, quelle que soit l'échelle d'analyse. Ces outils lui permettront de comprendre/développer l'intégralité de la chaîne de détection, qui va de l'acquisition des données jusqu'au traitement de l'information, en passant par la modélisation des phénomènes physiques.

DESCRIPTION

Ce module traite des outils de détection des indicateurs de pollution, à l'échelle locale, avec les capteurs et mesures pour l'environnement et à grande échelle, par traitement d'images, pour la géosurveillance. Il aborde également la problématique de la modélisation, dans le contexte de la dispersion des polluants en milieu marin et fluvial, permettant dans une certaine mesure de prédire le futur et de reconstruire le passé.

Capteurs et mesures pour l'environnement (16 h)

Les mesures localisées avec des capteurs indépendants ou en réseaux permettent un suivi précis, en temps réel, sur des sites fermés ou sur de plus larges espaces. Seront abordés différents types de capteurs qui reposent sur des principes très variés.

PROGRAMME

- + Principes de mesure : Capteurs optiques – Capteurs chimiques – Radioactivité
- + Capteurs les plus utilisés pour des mesures localisées de précision : Capteurs de composition de l'air, de l'eau et du sol – Capteurs météorologiques (température, pression, anémomètre) – Capteurs pour la biologie – Capteurs sonores – Micro-capteurs
- + Composants destinés à la saisie des mesures par imagerie : Matrices DTC (CCD) – Objectifs

Problèmes de pollution en milieu marin et fluvial : modéliser pour prévoir (16h)

On illustrera dans ce cours deux aspects : d'une part, l'impact de la houle sur les pollutions, ce qui fera apparaître l'importance de bien maîtriser la modélisation ; d'autre part, l'impact des constituants des eaux des fleuves et des rivières vis-à-vis de pollutions accidentelles ou chroniques, pour une gestion et une préservation optimale des quantités et de la qualité des eaux.

PROGRAMME

- + Équations de base des écoulements à surface libre
- + La houle linéaire
- + Théorie de l'eau peu profonde (équations de St-Venant)
- + Les vagues et la pollution, analyse de quelques situations typiques
- + Spécificités des écoulements en rivières (équations de bilan, régime fluvial/régime torrentiel, importance de la pente du fond,...)
- + Transport sédimentaire en rivières ou canaux
- + La pollution dans les cours d'eau : les rôles spécifiques de l'écoulement d'eau et des sédiments

Méthodes de traitement d'images pour la géosurveillance et la caractérisation de pollutions (16 h)

Il est possible d'extraire des informations pertinentes sur l'état des végétations, des sols et des mers à partir de

capteurs imageurs embarqués (infra-rouge, multispectral, hyperspectral ou radar), pour détecter et caractériser de nombreuses formes de pollution de la surface de la Terre. Nous verrons comment il est possible de mettre en œuvre des algorithmes de traitement efficaces pour la détection et la cartographie au travers de nombreux exemples d'application (dislocation d'une nappe d'hydrocarbure, bathymétrie...).

PROGRAMME

- + Généralités sur la télédétection
- + Formation des images hyperspectrales et radar
- + Extraction d'informations dans des images hyperspectrales
- + Méthodes de détection en imagerie hyperspectrale
- + Classification en imagerie hyperspectrale
- + Bruit dans les images radar et filtrage

Études de cas (9 h)

Trois études présentent des solutions économiques et techniques complètes et réalistes :

- + Projet international « Biomass » : mesure la biomasse de la terre par satellite.
- + Modélisation opérationnelle des pollutions des cours d'eau et couplage avec les Systèmes d'Informations Géographique (SIG). Exemple de la rivière Tetcha en Russie.
- + Technique acoustique pour la prévention des risques de stockage de CO₂.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

Notes et photocopiés de cours.

Traiter

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	54	-	-	5	-	-	5	

RESPONSABLE

F. Duprat



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

F. Duprat – P. Guichardon – N. Ibaseta – C. Maury – D. Mazzoni – A. Soric

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

- + Bilans de matière et d'énergie
- + Transfert de matière et d'énergie.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Savoir choisir et dimensionner un procédé de traitement d'eaux usées et de polluants atmosphériques.
- + Connaître les méthodes de réduction du bruit à sa source.
- + Connaître quelques exemples de procédé de valorisation.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Il s'agit de traiter les sources de pollution, qu'elles soient sonores ou matérielles. Les sources de bruits et les méthodes modernes de réduction du bruit sont abordées.

L'accent est mis sur le traitement des effluents, en fonction de la finalité du traitement (rejet ou recyclage). Une approche globale des différentes méthodes apporte les éléments de choix d'un procédé adapté à une problématique donnée. L'accent mis sur certaines filières apporte un savoir-faire suffisant pour définir les conditions opératoires de

ces procédés. Ces filières ont été sélectionnées pour leur représentativité dans le traitement industriel d'effluent, et pour leur complémentarité vis-à-vis des méthodes de traitement d'effluents présentées dans l'option S6 « Environnement ».

DESCRIPTION

Traitement des effluents

- + Panorama des différentes filières de traitement d'effluents.
- + Traitement biologique des eaux usées.
- + Membranes et filtration.
- + Exemples de procédés de valorisation.

Réduction des pollutions sonores : les sources de bruit, la qualité de l'environnement sonore et les méthodes actuelles de réduction du bruit.

Une étude de cas sur la capture du gaz carbonique présente des solutions économiques et techniques complètes et réalistes.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

Diaporamas.

Projet EDD

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	40	-	-	-	42	-	-	3

RESPONSABLE

ÉQUIPE ENSEIGNANTE

F. Anselmet – É. Archelas – J. Bittebierre – R. Bourlès – J.-P. Chevalier – S. Derrode – F. Duprat – F. Flory – J. Gazérian – P. Guichardon – M. Guillaume – D. Henriet – D. Hérault – N. Ibaseta – C. Kharif – J. Leclaire – C. Maury – D. Mazzoni – H. Moine – D. Nuel – A. Roueff – A. Soric

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

-

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

Savoir proposer des solutions économiques et techniques concrètes et réalistes.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Le projet permet d'intégrer les aspects scientifique, économique et politique aux problèmes d'environnement et d'initier les élèves-ingénieurs à ce qui sera incontestablement leur cœur de métier : travailler en équipe, analyser un problème non explicite, établir un plan d'action, trouver des solutions sous contraintes de natures variées...

Le projet sera réalisé en binôme ou en trinôme.

DESCRIPTION

Exemples de projets réalisés

- + Assurer les risques naturels : outils assurantiels et financiers.
- + Table ronde de la semaine de développement durable (climat et biodiversité en PACA).
- + Valorisation de l'écorce des noix de cajou.
- + Dimensionnement d'un filtre à sable.
- + Pour une politique d'achat éco-responsable à Centrale Marseille.
- + Techniques actives de réduction des bruits : application IRM.
- + Revue de presse scientifique et technique avec rédaction d'articles « Tous publics ».

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

-

Parcours thématique
Nanosciences
et nanotechnologies

Nanochimie

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	36	28	-	8	-	36	72	3

RESPONSABLE

D. Hérault

ÉQUIPE ENSEIGNANTE

D. Hérault – N. Ibaseta
+ G. Delapierre (Intervenant extérieur CEA Minatech)

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français ou anglais (selon choix du parcours)

PRÉREQUIS

Tronc commun 1A et 2A Centrale Marseille.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Connaître les méthodes d'élaboration de systèmes structurés à l'échelle du nanomètre.
- + Savoir lier les propriétés structurales aux propriétés fonctionnelles des objets et machines nanométriques.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Ce module propose une initiation à la construction de dispositifs nanostructurés par auto-assemblages moléculaires. Les interactions physiques à l'origine de la structuration de la matière seront détaillées et agrémentées de nombreux exemples nanotechnologiques tels que les nanoparticules, cristaux liquides, dendrimères, matériaux nanostructurés, nanotubes, etc.

Les parties détecteurs et électronique moléculaires seront prises en charge par un expert du pôle Minatech (CEA). Trois séances de travaux pratiques sera proposée en cours de module et dédiée à l'élaboration de matériaux nanostructures et de nanoparticules ainsi que sur les méthodes de caractérisation.

DESCRIPTION

- + Introduction à la nanochimie (D. H. – 1 h).
- + 2. Chimie supramoléculaire (D. H. – 4 h).
- + Synthèse de nanoobjets par méthode ascendante (D.H. – 2 h).
- + Préparation de matériaux nanostructurés (D. H. – 2 h).
- + Principes de cristallisation : nucléation et croissance (N. I. – 4 h).
- + Synthèse de nanoparticules par méthode descendante (N. I. – 4 h).
- + Bionanotechnologie et nanobiotechnologie: dispositifs nanotechnologiques à base de molécules du vivant (D. H. – 1 h).
- + Les cristaux liquides (D. H. – 2 h).
- + Systèmes nanostructurés pour la détection à l'échelle nanométrique. Réalisations technologiques et applications industrielles : quelles perspectives (G. D. – 2 * 2 h).

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

- + Polycopié à trous.
- + Ouvrages spécialisés (centre de documentation).

Nanoélectronique

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	36	26	10	-	-	54	90	3

RESPONSABLE

C. Fossati



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

J. Bittebierre – C. Fossati – T. Durt

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français. Possibilité de cours en anglais suivant les besoins (sauf nanomagnétisme).

PRÉREQUIS

Bien que les introductions et rappels nécessaires soient prévus au sein de l'UE, quelques notions de base abordées dans les S5 « électronique » et/ou S7 « microcontrôleurs et leur environnement » peuvent faciliter l'atteinte des objectifs de cette UE.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Être conscient des ruptures technologiques nécessaires à la mise en place de composants à l'échelle nanométrique.
- + Comprendre les phénomènes physiques émergeant de ces dispositifs ultimes.
- + Connaître les dispositifs alternatifs à l'électronique classique, tels que l'électronique de spin, la monoélectronique ou l'électronique moléculaire.
- + Être à même de prendre en compte les phénomènes intervenant pour l'étude, la réalisation, et l'utilisation de composants très fortement submicroniques et nanométriques.

PROGRAMME

OBJECTIFS

- + Prendre en compte l'ensemble des aspects physiques, technologiques... abordés dans les autres modules de ce S8 pour aborder les progrès les plus récents en terme de concepts architecturaux des composants nanométriques et architectures associées (nanofils, nanotubes...).
- + Aborder les perspectives d'utilisation des circuits électroniques de demain.

DESCRIPTION

Introduction et résumé des notions de base (8 h)

- + Définition et enjeux.
- + Concepts fondamentaux.
 - Physique des semi-conducteurs.
 - Composants de base.
 - Technologie MOS.

Les « nano MOS »-électronique ultime et alternative-approche top down (9 h)

- + Problèmes spécifiques à la réduction de taille structures alternatives aux MOSFET.
- + Transistor à un électron.

Électronique moléculaire – Approche bottom up (5 h)

- + Composants moléculaires.
- + Composants à base de nanotubes.

Nanomagnétisme (6 h)

- + Nanomagnétisme (électronique de spin).
- + Stockage magnétique de l'information.

Nanotechnologies de l'information et de la communication (8 h)

- + Ordinateur quantique.
- + μ -nano chips quantiques.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

- + Polycopié de cours.
- + Supports PPT.

Introduction aux nanosciences et nanotechnologies

et enjeux de société

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	36	24	-	12	-	55	91	3

RESPONSABLE

N. Ibaseta



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

Toute l'équipe enseignante du S8 « Nano »

+ Intervenants extérieurs : J.-Y. Bottero – J. Rose – M. Auffan (CEREGE) – V. Delapierre (Minatech)

+ invités variables suivant les années

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Aucun.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

Comprendre les enjeux économiques et sociétaux des nanosciences et nanotechnologies, et développer une réflexion sur l'interaction entre science, technique et société.

PROGRAMME

OBJECTIFS

+ Faire appréhender aux élèves, au travers de conférences qu'ils auront partiellement organisées, les enjeux économiques, sociétaux, de santé et d'environnement liés aux nanomachines et nanotechnologies.

+ Favoriser la réflexion personnelle sur l'avancée des connaissances, l'impact des techniques sur la société, et le contrôle citoyen de l'utilisation des techniques.

DESCRIPTION

Les points qui pourront être abordés au cours des conférences sont les suivants :

- + Démocratie et politique de recherche.
- + Éthique.
- + Santé.
- + Environnement.
- + Juridique.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

-

Nanophotonique

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	40	24	8	8	-	50	90	3

RESPONSABLE

F. Flory –
F. Lemarchand

ÉQUIPE ENSEIGNANTE

T. Durt – F. Flory – F. Lemarchand – G. Maire – A. Nicolet – M. Zerrad – F. Zolla

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Aucun.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

Aucun.

PROGRAMME

OBJECTIFS

DESCRIPTION

Optique champ proche – Imagerie super résolution (6 h cours – 2 h TD – 4 h TP) – Intervenants : G. Maire

Champ proche optique – Microscopie de fluorescence à illumination structurée – Microscopies PALM (PhotoActivated Localization Microscopy) et STORM (STochastic Optical Reconstruction Microscopy) – Microscopie STED (STimulated Emission Depletion) – Microscopie tomographique diffractive – Synthèse d'ouverture.

Capteurs optiques à résonances, cristaux photoniques (6 h cours, 4 h TD) – Intervenants : F. Lemarchand, M. Zerrad

- + Intro (principe des structures optiques résonnantes, exemples d'utilisation : multicouches (diélectrique et plasmonique), cristaux photoniques.
- + Rappels multicouches.
- + Ondes évanescentes.
- + Résonances et modes.
- + Amplification du champ.
- + Synthèse par optimisation des résonances.
- + Structuration 3D : cristaux photoniques.
- + Application aux capteurs pour l'environnement et le vivant.

Métamatériaux – Plasmonique (6 h cours, 4 h TP) – Intervenants : F. Flory, A. Nicolet, F. Zolla

Pour les TP deux offres aux étudiants :

- + TP Méthodes numériques (4 h – A. Nicolet, F. Zolla).
- + TP Méthodes numériques (4 h – F. Flory, S. Vedraïne).

Photonique quantique (4 h cours)

Structures quantiques pour la photonique (4 h cours) – Intervenants : F. Flory

- + Propriétés optiques de structures quantiques :
Intérêt des structures quantiques pour la photonique et applications.
Confinement des électrons dans des puits quantiques uniques ou multiples.
- + Effet de couplage entre puits et structures non périodiques (vers des molécules artificielles ?).
- + Propriétés optiques : bande d'absorption, indice de réfraction, luminescence.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

-

Nanophysique

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	40	20	20	-	-	47	90	3

RESPONSABLE

T. Durt

ÉQUIPE ENSEIGNANTE

J. Bittebierre – T. Durt – P. Muller

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

- + Physique statistique.
- + Physique quantique.
- + Mécanique des milieux continus.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Connaître la modélisation et simulation des systèmes nanométriques.
- + Modélisation de la croissance cristalline, propriétés et calcul quantique, propriétés physiques des nanoobjets et nanomatériaux, nanomécanique.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Donner à voir les applications dans le domaine des nanosciences de principes généraux de la physique (physique statistique, quantique, mécanique).

DESCRIPTION

Physique statistique de la croissance cristalline

- + **Différents modes de croissance** : Formes d'équilibre et théorème de Wulf – croissances à partir du liquide, vapeur, solution.
- + **Physique statistique d'équilibre** : Transition rugueuse et transition de facettage, approche champ moyen – Fluctuations de marches – simulations Monte-Carlo du modèle SOS, modèle gaussien

- + **Formes de croissance** : Modélisation de l'avancée de marches – Croissance spirale – Nucléation d'îlots bidimensionnels – Asymétrie des cinétiques d'attachement et mise en paquet de marches – Dendrite fractale : agrégation limitée par la diffusion – Croissance de boîtes quantiques et élasticité – Croissance de nanofils.

Propriétés et calcul quantiques

- + **Mécanique quantique et objets nanométriques** : Boîtes quantiques – Puits de potentiel et effet tunnel – Intrication quantique
- + **Physique quantique avancée** : Introduction à l'information quantique (intrication, systèmes de 1 et 2 qubits – Cryptographie quantique (transmission de clés confidentielles encodées dans des qubits) – Matrice densité réduite et causalité.
- + **Calcul quantique** : L'ordinateur quantique (ou pourquoi un qubit fait mieux qu'un bit): mythe ou réalité? – Simulateurs quantiques à base d'atomes froids (ou comment simuler la physique des solides là où l'ordinateur classique déclare forfait).

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

Notes de cours.

Projet

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	35	-	-	-	35	115	150	5

RESPONSABLE

F. Flory

ÉQUIPE ENSEIGNANTE

Toute l'équipe enseignante de S8

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Les sujets proposés feront appel à l'une ou l'autre voire même plusieurs des compétences acquises et des notions abordées dans l'ensemble des UE du S8.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

Être capable de travailler en autonomie et de mener à bien un projet en lien avec le secteur des nanosciences et nanotechnologies.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Prendre en compte l'ensemble des aspects physiques, technologiques, sociaux économiques... abordés dans les autres modules de ce S8 pour gérer de manière autonome un projet innovant proposé par les membres de l'équipe enseignante en relation avec les laboratoires de recherche et/ou les entreprises en lien avec ce S8.

Les sujets proposés pourront être de type :

- + Modélisation
- + Bibliographique
- + Expérimental
- + Voire une combinaison des trois.

DESCRIPTION

Exemples de sujets pouvant être proposés

- + Nanosources à photons uniques.
- + Nanochips quantiques en rapport avec les portes logiques C-not.
- + Téléportation quantique.
- + Modélisation de structures à base de nanotubes de carbone (Nanorex).
- + Modélisation de nanocomposants (SILVACO) mise en évidence des effets quantiques...

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

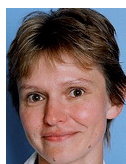
-

Nanotechnologies

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	40	22	-	18	-	50	90	3

RESPONSABLE

C. Fossati



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

L. Favre – P. Ferrandis – F. Flory – C. Fossati

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français / anglais si nécessaire

PRÉREQUIS

L'ensemble des connaissances de base nécessaire sera abordé en introduction des différents chapitres. Toutefois, quelques notions peuvent faciliter l'atteinte des objectifs de cette UE :

- + Évolution et les enjeux actuels des secteurs (microélectronique, photonique, chimie, biologie...) concernés par les nanotechnologies : miniaturisation, rendement, etc.
- + Structure des matériaux et semi-conducteurs (S7 « matériaux » et « Sc. de la matière condensée » par ex.,...).

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

Connaître les principes de base des nanotechnologies, que ce soit par une approche « top down » (visant à fractionner la matière pour en faire des produits de la dimension du nanomètre) ou « bottom-up » (permettant d'assembler des objets de taille nanoscopique pour obtenir le produit désiré).

Être à même de caractériser et évaluer les propriétés des nanomatériaux ou nanoobjets pour les assembler de manière à obtenir la meilleure adéquation avec l'application visée, en prenant en compte les difficultés de mise en œuvre, de commercialisation à grande échelle, de compatibilité, d'impact sur l'environnement...

PROGRAMME

OBJECTIFS

Donner aux élèves les bases nécessaires à la compréhension de l'ensemble des technologies qui permettent fabriquer des structures, dispositifs et systèmes à partir de procédés permettant de structurer la matière au niveau atomique moléculaire ou supra moléculaire (entre 1 et 100 nm).

DESCRIPTION

Introduction générale : définitions et enjeux (2 h).

Lithographies et gravures : les points clés de la miniaturisation (6 h)

- + Différents types de résines et de transfert.
- + Photolithographies extrêmes.
- + Nanolithographies émergentes.

Propriétés liées à la croissance de nanomatériaux – nanoobjets (4 h)

- + Préstructuration des substrats - surfaces auto organisées.
- + Nanofils nanotubes de carbone.
- + Connexions et packaging des nanocomposants.

Outils et métrologie à l'échelle du nanomètre (8 h)

- + Microscopie à effet tunnel.
- + Microscopies à champ de force.
- + FIB.
- + Microscopie électronique.
- + X-Rays.
- + Interaction onde matière.

Travaux pratiques (18 h)

Lieu : Salle blanche « Patrick Gas » – FST Saint-Jérôme.

Contenu : Synthèse et caractérisation structurale d'échantillons à base de Si-Ge destinés à la microélectronique et au photovoltaïque. Il s'agira de couches ou multicouches présentant des propriétés spécifiques, ainsi que des nanoobjets formés par une combinaison des approches top-down et bottom-up (détail en annexe).

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

- + Slides de cours.
- + Polycopiés de TP.

Parcours thématique
Sciences de l'information
et société numérique

Recherche et extraction de l'information

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	70	34	-	36	-	80	150	5

RESPONSABLE

S. Bourennane



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

N. Bertaux – E. Daucé – F. Galland – C. Jazzar – P. Réfrégier – A. Roueff

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Informatique élémentaire et éléments en traitement du signal et de l'information.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

Savoir modéliser, choisir et mettre en œuvre l'ensemble d'un système permettant d'obtenir une information pertinente.

PROGRAMME

OBJECTIFS

La recherche et extraction de l'information consiste à mettre en place un système capable de retrouver une information (structurée, textuelle, visuelle, sonore...) de manière à répondre à un besoin exprimé de l'utilisateur. Cette UE a pour but de présenter aux élèves les principales méthodes de recherche, reconnaissance, extraction, mise en forme, acheminement de l'information, en étant à la fois capable de modéliser, choisir et mettre en œuvre l'ensemble du système permettant d'obtenir une information pertinente.

DESCRIPTION

Intelligence artificielle (10 h – C. Jazzar)

Travaillant sur des représentations symboliques des connaissances et utilisant la notion d'heuristique (méthodes informelles non garanties de succès), les systèmes d'intelligence artificielle (IA) permettent une correspondance avec le monde réel ; c'est le résultat de longues recherches sur l'extraction, la représentation et la modélisation des connaissances et du raisonnement qui ont fait émerger des représentations telles que les réseaux sémantiques, les objets, les règles, etc. qui sont utilisées même hors du domaine de l'IA. C'est cette approche de l'IA que nous étudierons.

Data mining (20 h – E. Daucé)

Introduction aux méthodes d'extraction de connaissance et de mise en forme de l'information à partir de grands ensembles de données : méthodes pour l'analyse « sémantique » et le « groupage » des données (ACP, ACI, EM, cartes de Kohonen), méthodes pour l'indexation automatique et la classification supervisée (K-means, classifieur de Bayes, Perceptron, méthodes à noyau).

Reconnaissance des formes statistique (24 h – F. Galland, P. Réfrégier, A. Roueff)

L'objectif de ce module est de présenter la problématique de reconnaissance des formes au travers d'une analyse du comportement statistique des outils de classification et de discrimination. Cet enseignement est structuré autour de travaux pratiques afin d'illustrer sur des exemples simples comment l'analyse des performances des outils théoriques (méthodes linéaires, plus proches voisins, réseaux de neurones,...) permet de faire un choix entre ces différentes méthodes. Une fois ces outils présentés, nous considérerons des exemples d'application pour lesquels toute la chaîne de traitement sera analysée : le prétraitement des données brutes, l'extraction de caractéristiques, puis la discrimination.

Développement qualité et démarche expérimentale (18 h – N. Bertaux)

Ce module a pour objectif de donner aux étudiants une méthodologie expérimentale en sciences numériques. Il sera décomposé en deux thèmes principaux :

- + Qualité, validité et efficacité en programmation (application en C).
- + Introduction et sensibilisation aux problèmes de calculs numériques.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

-

Économie et régulation de la société numérique

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	58	36	7	15	-	90	150	5

RESPONSABLE

L. Piet



ÉQUIPE ENSEIGNANTE

R. Bourlès – L. Piet – B. Prince – D. Roynard – J.-B. Zimmermann

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Économie (cours du tronc commun).

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Comprendre les enjeux que les sciences de l'information et les technologies numériques posent en matière de régulation politique, économique, sociale et juridique.
- + Analyser conceptuellement les mutations engendrées par la diffusion des STIC.
- + Connaître les ordres de grandeurs macroéconomiques et sociaux relatifs à l'économie numérique et à la diffusion des technologies de l'information.
- + Connaître le cadre juridique et normatif assurant la régulation de la société numérique.
- + Produire une réflexion critique sur les problématiques éthiques relatives au domaine.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Avoir une culture en sciences humaines et sociales et en économie qui permette à l'ingénieur généraliste d'évaluer les enjeux économiques et sociétaux des sciences et technologies de l'information et du numérique.

DESCRIPTION

Éthique

- + Traçage numérique, mémoires électroniques VS protection des libertés individuelles et de la vie privée.

- + Diffusion de l'information, production de la connaissance et du savoir dans la société numérique.
- + Liberté d'expression à l'épreuve d'Internet.

Science politique, sociologie

- + Régulation politique du numérique : nouvelles formes de participation – Statut de l'information et de la société médiatique.
- + Organisations et entreprises à l'épreuve du numérique : mutations organisationnelles et conditions de travail.
- + Individus et société numérique : usages des technologies numériques – Nouvelles formes de sociabilité – Définition des identités sociales et individuelles.

Droit

- + Encadrement des acteurs du numérique : concurrence, propriété intellectuelle, protection de la vie privée.
- + Règlement juridique des questions liées aux flux numériques à l'échelle internationale.

Économie

- + Croissance et diffusion des technologies de l'information et du numérique.
- + Économie de l'innovation.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

-

Projet

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	20	-	-	-	20	70	90	3

RESPONSABLE

A. Gelly

ÉQUIPE ENSEIGNANTE

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

-

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

Le but du projet est de mettre en pratique les compétences acquises dans les différentes unités d'enseignement du S8.

PROGRAMME

OBJECTIFS

À l'instar de la totalité du S8, le projet a un caractère pluridisciplinaire de par les notions complémentaires entre elles, qu'il demande aux élèves de mettre en œuvre. C'est à travers lui que les élèves prendront la mesure de la cohérence

des modules enseignés dans le semestre. À ce titre, on pourra le considérer comme une sorte de « validation », au sens de la finition que l'on apporte à un objet constitué de plusieurs matériaux assemblés.

DESCRIPTION

Les projets sont menés en petits groupes. Aux 20 heures planifiées il faut rajouter au moins autant d'heures non planifiées. Tous les sujets s'appuieront sur plusieurs des thématiques enseignées dans le semestre.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

-

Représentation et diffusion de l'information

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	54	44	2	8	-	96	150	5

RESPONSABLE

F. Brucker

ÉQUIPE ENSEIGNANTE

J.-C. Antona – F. Brucker – S. Derrode – L. Gallais – A. Khalighi – P. Prêa – M. Roche

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Aucun.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

À l'issue de cette UE, l'étudiant aura des connaissances générales sur les principaux moyens de diffuser et de représenter les informations. Il saura en particulier choisir le média le plus adapté à sa problématique de diffusion (fibre, ondes, réseaux,...) et de représentation (écrans et périphériques d'affichage), connaîtra les principaux modèles de ces deux problématiques (protocoles, représentation des connaissances, images) ainsi que les principaux traitements nécessaires.

PROGRAMME

OBJECTIFS

Ce module se propose d'aborder les différentes problématiques liées à la diffusion (physique et structurelle) et à la représentation (par des images) de l'information ainsi que les principales réponses technologique et conceptuelle pour les résoudre. Ces deux thèmes seront traités selon trois points de vue complémentaires : la réalité physique sous-jacente, la modélisation et le traitement.

DESCRIPTION

Deux grosses parties l'une consacrée à la représentation des informations l'autre à sa diffusion, toutes deux déclinées du point de vue physique, de la modélisation et du traitement.

Diffusion

Seront abordés les problématiques physiques liées aux canaux de diffusion des données (fibres optique, onde) et aux traitements permettant de pallier les altérations des celles-ci à l'issue de leurs transmissions par un canal donné (filtrage). On verra également les principaux moyens d'optimiser une problématique de diffusion (modélisation par des graphes) et de contrôler la bonne transmission des données (protocoles réseaux).

Représentation

L'exemple paradigmatique de cette partie sera l'image. Elle nous permettra d'aborder les thématiques générales de représentation de l'information que sont le support de la représentation (ici les systèmes d'affichages), le modèle de représentation (de l'œil à l'image numérique) et enfin la pertinence l'information représentée (problématique de fusion).

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

-

Traitement et codage de l'information numérique

ANNÉE	SEMESTRE	HEURES PRÉSENTIELS	RÉPARTITION				HEURE TRAVAIL PERSONNEL	HEURES TOTAL	ECTS
			COURS	TD	TP	PROJETS			
2	8	58	54	4	-	-	92	150	5

RESPONSABLE

P. Préa

ÉQUIPE ENSEIGNANTE

S. Bourennane – E. Daucé – T. Durt – C. Fossati – P. Préa – P. Réfrégier

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

PRÉREQUIS

Informatique élémentaire et éléments en traitement du signal et de l'information.

COMPÉTENCES ET CONNAISSANCES VISÉES

- + Connaître les capacités des différentes architectures de traitement de l'information et les enjeux technologiques afférents.
- + Posséder des éléments sur les fondements de la cryptographie et de la théorie de l'information.
- + Savoir appliquer les concepts de la théorie de l'information en situation pratique en particulier pour la transmission, la compression et le stockage de données.

PROGRAMME

OBJECTIFS

L'objectif de ce module est de présenter les fondements sur les méthodes et les technologies matérielles de l'analyse et du traitement des données numériques au sens large. Il s'agit donc de présenter dans une vision transverse les principales technologies des composants, des fondements de la théorie de l'information et de la communication, tout en montrant les applications concrètes de ces domaines. Les conséquences pratiques et conceptuelles dans les autres domaines des sciences et en particulier dans ceux de la physique seront également abordées (cryptographie et approches quantiques, information et thermodynamique, communication et propagation).

DESCRIPTION

Potentiels des technologies des semi-conducteurs

Face à l'évolution extrêmement rapide des composants électroniques et de leur technologie, tout ingénieur doit être à même d'anticiper les mutations technologiques et de s'y adapter. L'étude des architectures de traitement de l'information, quelle que soit l'origine de celle-ci, est de ce point de vue un aspect important de sa formation.

Ce module a pour but de leur faire connaître les capacités des différentes architectures et les enjeux technologiques afférents : systèmes multiprocesseurs, processeurs spécialisés (DSP, ASIC, GPU) systèmes reconfigurables (FPGA), systèmes intégrés (SoCs)... Chacune ayant des caractéristiques bien particulières en fonction des configurations et contraintes d'utilisation (télécom au sens large, traitement d'information multidimensionnelle, contrainte temps réel, système embarqué,...).

Cryptographie

Depuis son invention durant l'antiquité, la cryptographie a été en perpétuelle évolution. Elle a même connu récemment un changement profond de paradigme avec l'introduction des méthodes à clé publique. Cette évolution vient de progrès techniques et scientifiques (en électronique, informatique, théorie des nombres, physique quantique...) en interaction avec un développement des usages (la cryptographie est maintenant omniprésente).

On présentera un panorama de différentes techniques, en partant des plus anciennes (et plus simples) jusqu'aux plus prospectives, et on détaillera les méthodes les plus utilisées à l'heure actuelle.

Théorie de l'information – Fondements

La théorie de l'information fournit une mesure quantitative de la notion d'information apportée par un message ou une observation. Les éléments fondamentaux de la théorie de l'information seront présentés non seulement pour ses applications dans le domaine du traitement de l'information mais également en montrant les liens avec d'autres domaines scientifiques et en particulier avec ceux de la physique et des statistiques. En particulier les notions relatives à l'entropie, l'information, la complexité seront abordées dans une perspective large.

Théorie de l'information – Applications

La théorie de l'information a été initialement introduite pour étudier la compression de données et la transmission d'informations au moyen de canaux bruités. Elle a trouvé

depuis de nombreuses applications en télécommunications et en informatique notamment. Le cours portera sur une introduction aux techniques de compression de données, de transmission, de stockage et de traitement des données. Une revue des différentes applications avancées de la théorie de l'information dans les télécoms sera également présentée.

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

-

