

SYLLABUS

2019-2020

SEMESTRES

56

Chimie - Génie des procédés

Alexandre Martinez
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

En chimie :

- connaître les principes généraux de la cinétique et de la thermodynamique chimique ainsi que les relations structure – propriétés des molécules
- Savoir reconnaître les entités moléculaires réactives
- Connaître et savoir utiliser les concepts généraux de la réactivité organique pour appréhender la cinétique et les mécanismes des transformations moléculaires, prévoir leur sélectivité et leur stéréochimie
- Appréhender la structure électronique des complexes organométalliques, la liaison métal – ligand, connaître les étapes élémentaires à l'origine des transformations en chimie organométallique

En génie des procédés :

- Savoir appliquer les bilans de matière et d'énergie, avec et sans réaction chimique, en régime permanent sur un système
- Connaître et savoir calculer le volume des réacteurs idéaux (réacteur fermé, parfaitement agité, piston) dans des cas simples.
- Dans le cas des réacteurs parfaitement agités, savoir calculer la température adiabatique
- Aborder le régime transitoire
- Appliquer ces connaissances à la distillation d'un mélange binaire
- Connaître la thermodynamique des équilibres liquide/vapeur
- Savoir dimensionner une colonne de rectification à plateaux en modes continus et *batch*

Programme

Structure moléculaire :

1. Chimique et atome – Configurations électroniques – Théorie de Lewis – Géométrie des molécules – Modèle quantique de l'atome – Orbitales moléculaires – Méthode de Hückel
2. Cinétique chimique formelle – Vitesse et ordre de réaction et constante de vitesse – Cinétique des réactions complexes (réactions parallèles, consécutives) – Mécanistique – Thermodynamique de l'activation – Contrôle cinétique/thermodynamique
3. Thermodynamique chimique – État standard – Fonctions d'état – Grandeurs molaires partielles – Grandeurs de réaction – Premier principe et applications – Le potentiel chimique – Second principe et évolution des systèmes chimiques

Réactivité organique :

1. Stéréochimie statique (chiralité) – Stéréochimie dynamique (analyse conformationnelle)
 2. Réactivité des alcanes et halogéno-alcanes, espèces réactives – Substitution nucléophile – Élimination
- Addition électrophile sur alcène.

Chimie organométallique :

1. Les complexes organométalliques – Structure électronique des complexes – La liaison métal-ligand
2. Les mécanismes réactionnels – Substitution de ligands – Addition oxydante – Élimination réductrice – Insertions et éliminations

1. Bilans et réacteur :

- Découverte du génie des procédés et des opérations unitaires
- Analyse globale d'un procédé de fabrication
- Application des bilans globaux et partiels sans réaction chimique
- Application des bilans globaux et partiels avec réaction chimique
- Bilan d'énergie, avec et sans réaction chimique
- Introduction sur les réacteurs (aspect procédé & technologie)
- Cas particulier des réacteurs idéaux

2. Distillation d'un mélange binaire :

- Introduction aux méthodes séparatives
- Thermodynamique des équilibres liquide/vapeur
- La distillation *flash*
- La rectification en mode continu : dimensionnement par la méthode de Mac Cabe et Thiele
- La rectification en mode *batch* : équation de Rayleigh et dimensionnement

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

DS Chimie (2/3) - GP (1/3) : 50 %
CC (TD + TP + TA) Chimie (2/3) - (TD + TA) GP (1/3) : 50 %

Bibliographie

Ressources en ligne sur le portail pédagogique de l'École centrale
Ouvrages (centre de documentation)

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_1A_S5_CHIM
ING_1A_S6_CHIM

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
36	32	4	24			96

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

Chimie :

- Bastien Chatelet
 - Didier Nuel
 - Laurent Giordano
 - Alexandre Martinez
 - Alberto Insuasty
 - Cédric Colombar
 - Innocenzo De Ruggi
- Génie des procédés :
- Pierrette Guichardon
 - Pascal Denis
 - René Arnaud



Économie Gestion

Dominique Henriët
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Le cours, composé de deux parties, a pour objectif de présenter les principes présidant d'une part aux mécanismes économiques généraux et, d'autre part au fonctionnement économique et financier des entreprises. La compréhension des mécanismes économiques repose sur la théorie générale microéconomique moderne et la modélisation de la loi de l'offre et de la demande, de ses limites et extensions. De la même manière, les principes de comptabilité d'entreprise sont présentés de manière à identifier et comprendre les enjeux associés au financement et à l'exploitation des entreprises. Enfin sont abordés dans ce cours les grands principes d'organisation interne des entreprises.

Programme

Économie

- Principes de la microéconomie
 - modèle général, loi de l'offre et de la demande et applications simples
 - efficacité et défaillances du marché (comportements stratégiques et imperfections)
- Introduction aux modèles standards de la macroéconomie
 - fluctuations et politiques économiques

Gestion

- Principes de l'organisation et de la gestion d'entreprise
 - Comptabilité d'entreprise
 - bilan et compte de résultat, soldes comptables et interprétations
 - Analyse financière
 - sources de financement et enjeux stratégiques associés
- Serious Game
- Mise en situation par un jeu de marché

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Maîtrise de la complexité
- Conduite de programmes

Modalités de contrôle des connaissances

CC1 : DS 3 h (2 X 1 h 30) 85 % CC2 Serious game 15 %

Bibliographie

Principles of microeconomics, G. Mankiw, Worth Publishers
www.dominique.henriet-mrs.fr
Polycopié de comptabilité

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_1A_S5_ECOG
ING_1A_S6_ECOG

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
						60

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Dominique Henriët (cours d'économie)
- Renaud Bourlès (économie)
- Mohamed Belhaj (économie et gestion)
- Nicolas Clootens (économie et gestion)



Informatique

Thierry Artieres
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_1A_S5_INFO
ING_1A_S6_INFO

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique



Mathématiques

Jacques Liandrat
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Introduction aux approches mathématiques, numériques et probabilistes indispensables pour un ingénieur généraliste intervalle, les tests.

Programme

L'UE est scindée en trois parties distinctes :

- un cours d'analyse théorique où sont abordées les bases de l'analyse : calcul différentiel, optimisation, intégration de Lebesgue, transformations de Fourier, espaces de Hilbert
- un cours d'analyse numérique où sont introduites les bases de l'approximation numérique : approximation polynomiale, équations différentielles ordinaires et l'approximation de leurs solutions, approximation par différences finies des solutions d'équations aux dérivées partielles
- un cours de probabilité et statistiques comme introduction à l'étude de situations aléatoires : outils probabilistes, modélisation, exemples d'applications en statistiques. Sont abordés : les fondements du calcul des probabilités, les variables aléatoires réelles, les transformations (fonction caractéristique, fonction génératrice), les suites de variables aléatoires et les modes de convergence, les couples de variables aléatoires, les estimations ponctuelles et par intervalle, les tests.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Compétences visées :

- savoir mobiliser et utiliser des approches mathématiques de base
- savoir mettre en œuvre des méthodes numériques pour simuler un problème
- savoir reconnaître une situation présentant un aléa et être capable de la modéliser
- être capable de vérifier l'adéquation à un modèle

Connaissances visées :

Bases de l'analyse et de l'analyse numérique, théorie des probabilités, éléments de statistique paramétrique

Modalités de contrôle des connaissances

Mini-tests en début de TD, QCM (30 %), projet (20 %), devoir surveillé (50 %)

Bibliographie

Polycopiés

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_1A_S5_MATH
ING_1A_S6_MATH

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
36	36		24			96

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- G. Chiavassa
- T. Le-Gouic
- J. Liandrat
- C. Pouet
- F. Schwander
- J.-M. Rossi
- M. Tournus



Mécanique

Bruno Cochelin
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Présenter les concepts et les outils de la mécanique des milieux continus déformables (MMC)

Cette discipline scientifique concerne l'étude du mouvement et de la déformation des systèmes sous l'action des forces. Elle permet de modéliser la plupart des problèmes de mécanique rencontrés par les ingénieurs dans les applications. Citons, à titre d'exemple, l'analyse de l'écoulement de l'air autour d'une pale d'éolienne en vue d'optimiser ses performances, l'étude de la déformation et la résistance de ces mêmes pales sous un vent extrême et, enfin, l'impact des nuisances acoustiques générées par l'éolienne dans un environnement proche.

Ce cours de mécanique des milieux continus (MMC) a été conçu pour supporter de façon cohérente l'ensemble des cours avancés de mécanique de deuxième et troisième années de la formation d'ingénieur. Les concepts fondamentaux de la discipline sont présentés au plus haut niveau des connaissances actuelles selon une présentation unifiée valable pour tous les milieux continus macroscopiques fluides et solides. Parce qu'elle limite le nombre de notions essentielles, cette vision est pédagogiquement efficace, et elle prépare au mieux les élèves à la modélisation des systèmes mécaniques complexes multiphysiques et multi-échelles.

Programme

La première partie de ce cours est consacrée aux concepts généraux de la discipline.

- Algèbre et analyse tensorielle
- Concepts fondamentaux de la MMC
- Déformation des milieux continus : tenseurs de déformation
- Efforts dans les milieux continus : tenseurs des contraintes
- Equations générales de la MMC : conservation de la masse, principe fondamental de la dynamique, premier et second principes de la thermodynamique

La suite du cours concerne trois applications prioritaires pour un ingénieur :

- 1) L'élasticité linéaire
 - Passage des équations générales de MMC aux équations de l'élasticité
 - La relation de comportement d'un solide élastique linéaire
 - Quelques résolutions analytiques de problèmes d'élasticité
 - Notions sur la résolution numérique par éléments finis
- 2) La mécanique des fluides
 - Traduction des équations générales de MMC pour les écoulements de fluides incompressibles
 - Comportement des fluides newtoniens
 - Résolution de problèmes classiques de mécanique des fluides
 - Circuits hydrauliques
- 3) L'acoustique linéaire
 - Passage des équations générales de MMC aux équations de l'acoustique
 - Propagation des ondes acoustiques, notion de modes acoustiques

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Maîtrise d'une discipline scientifique permettant de créer de la valeur et de l'innovation
- Capacité à comprendre, formuler et résoudre un problème complexe multiphysique
- Capacité à élargir le champ des connaissances à d'autres disciplines

Modalités de contrôle des connaissances

- 1) Contrôle continu : tests effectués lors des 14 séances de TD, sans documents :
 - soit un test court de 3 minutes en début de TD (sur 2 points)
 - soit un test long de 30 minutes à la fin du TD (sur 20 points)

2) Evaluation écrite classique (trois heures) « sans documents »

3) Note

Bibliographie

- Jean Coirier, Mécanique des milieux continus, 2e édition, Dunod
- Paul Germain, Patrick Muller, Introduction à la Mécanique des milieux continus, 2e édition, Masson
- Paul Germain, Mécanique, Tome I et II, École polytechnique, Ellipse
- Jean Salençon, Mécanique des milieux continus, Tome I et II, École polytechnique

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_1A_S5_MECA
ING_1A_S6_MECA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
26	28		18			72

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Michel Benoit
- Stéphane Bourgeois
- Bruno Cochelin
- Thierry Désoyer
- Christophe Eloy
- Dominique Eyheramendy
- Marc Jaeger
- Olivier Kimmoun
- Cédric Maury
- Daniel Mazzoni
- Emmanuelle Sarrouy



Ondes et Signal

Miguel Alonso
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Ondes :

- Savoir modéliser la propagation dans un milieu homogène linéaire isotrope réel infini en mettant en œuvre une transformation de Fourier
- Comprendre et utiliser le formalisme de paquet d'ondes (fréquentiel et spatial)
- Appliquer ces concepts à l'étude des interférences, des interfaces planes, et composants planaires
- Savoir définir un état de polarisation et comprendre la notion d'état propre de propagation dans un milieu anisotrope
- Comprendre les origines microscopiques de la réponse d'un milieu matériel sous l'effet d'un champ excitateur
- Savoir mettre en œuvre l'approximation de Fresnel pour décrire la propagation d'un paquet d'ondes en espace libre
- Savoir décrire la traversée d'une lentille au sens de l'optique électromagnétique, et modéliser un système imageur
- Comprendre la notion d'écart aberrant et ses conséquences
- Savoir décrire le fonctionnement d'un système d'optique adaptative

Signal :

- Connaître la nature physique des signaux et les processus de leur numérisation
- Connaître et savoir mettre en œuvre les méthodes de base du traitement du signal
- Aborder la notion de traitement optimal et maîtriser quelques techniques de filtrage optimal en présence de bruit
- Réaliser un travail relatif au traitement du signal
- Mettre à profit les enseignements dispensés dans le cas d'un projet pluridisciplinaire ou d'un travail en autonomie lié aux signaux

Programme

Ondes : ce cours aborde des concepts de base qui fondent la photonique (fondamentaux sur les ondes et paquets d'ondes, diffraction, formation des images). La démarche proposée propose une transition fluide entre le formalisme de l'optique électromagnétique et celui de la formation des images. L'élément clef qui rend cette approche possible est la notion de paquet d'ondes spatial, qui permet de traiter la propagation en espace libre comme un filtrage dans l'espace des fréquences spatiales, et de mettre en évidence les similitudes d'approche qui existent entre composantes spatiales et fréquentielles du champ électromagnétique. Cette approche conduit aussi à donner une place particulière à la transformation de Fourier, qui est l'outil mathématique autour duquel cette démarche s'organise. Les concepts développés sont illustrés par des applications pratiques. Le cours est structuré en quatre séquences :

- champs et matière ;
- interfaces, interférences et composants planaires ;
- paquets d'ondes en espace infini ;
- images et systèmes imageurs.

Signal : ce cours permet l'identification des problématiques qui peuvent relever du traitement du signal et fournit les éléments de base de ce domaine. Celui-ci constitue l'un des fondements des technologies numériques. Il présente les principes d'une démarche scientifique et technique nouvelle et spécifique, dont les applications industrielles et sociétales sont en pleine expansion. Les principales notions qui sont abordées :

- représentation des systèmes linéaires ;
- représentation temporelle et spectrale des signaux déterministes et aléatoires ;
- filtrage linéaire ;
- numérisation des signaux et méthodes numériques de traitement du signal.

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu :

CC1 ondes : écrits + TP (40 %)

CC2 signal : écrits + TP (40 %)

TA (20 %)

Bibliographie

Livre « De l'Optique électromagnétique à l'Interférométrie – Concepts et illustrations », M. Lequime et C. Amra, EDP Sciences

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_1A_S5_ONSI
ING_1A_S6_ONSI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
30	26	12	24		4	96

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Carole Deumie
- Gaëlle Georges
- Laurent Gallais
- Miguel Alonso
- Nicolas Sandeau
- Frédéric Lemarquis
- Salah Bourennane
- Caroline Fossati
- Thierry Gaidon
- Antoine Roueff



Physique

Thomas Durt
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Permettre aux étudiants d'assimiler les postulats fondamentaux de la physique quantique et d'appréhender, notamment, la physique microscopique en termes probabilistes
- Maîtriser les notions de physique statistique et les fondements des distributions statistiques classiques, quantiques, des potentiels thermodynamiques et chimiques
- Comprendre les évolutions de la pensée scientifique dans une perspective d'histoire des idées, à mi-chemin entre empirisme et spéculation
- Être capable d'identifier les implications dans les sciences de l'ingénieur

Programme

Partie physique quantique :

- Limites de l'approche classique
- Dualité onde corpuscule
- Description probabiliste, postulats fondamentaux et mesure
- Description du moment angulaire, orbital et de spin
- Distinction fermions/bosons
- Intrication et non-localité

On illustrera ces concepts avec des exemples concrets, comme l'atome d'hydrogène, l'oscillateur harmonique, l'effet tunnel et les boîtes quantiques.

Partie physique statistique :

- Rappels de probabilité pour la physique
- Marches aléatoires et diffusion – Construction des équations fondamentales
- Principes de base et distributions microcanonique et canonique
- Exemples d'application
- Éléments sur les distributions grand-canoniques et quantiques
- Premières notions sur les transitions de phase

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Familiariser l'élève avec un cadre conceptuel inhabituel, car différent des intuitions que l'on se forme à notre échelle macroscopique
- Apprendre à gérer le non-déterminisme en physique et en sciences de l'ingénieur
- Connaître des concepts fondamentaux de la physique qui sont utiles dans de nombreux domaines scientifiques et techniques

Cet enseignement permet également à l'élève de s'entraîner à :

- 1 Identifier les paramètres cruciaux déterminants pour résoudre un problème ;
- 2 Inventer des solutions originales ;
- 3 Faire preuve de rigueur mathématique lors de la résolution ;
- 4 Intégrer un mode de raisonnement relativement complexe.

Modalités de contrôle des connaissances

- un contrôle continu de 2 h en physique statistique de coefficient 50 %
- un contrôle continu de 2 h en physique quantique de coefficient 50 %

À noter que deux DS blancs sont prévus, en autonomie et autoévaluation, afin de préparer les CC.

Bibliographie

Partie physique quantique : photocopiés du cours. Livre de Griffith. Solutions de TD et autres disponibles sur Moodle

Partie physique statistique : livres à la bibliothèque. Quelques documents photocopiés papier pour les TD

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_1A_S5_PHY
ING_1A_S6_PHY

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
36	18		18			72

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

– Titulaires des cours : Thomas Durt (physique quantique) et Philippe Réfrégier (physique statistique)

– Intervenants encore à préciser



Langues et cultures internationales

Carole Enoch
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'enseignement des Langues et cultures (L&C) s'inscrit dans la formation de citoyens et ingénieurs internationaux avertis et responsables.

L'ingénieur centralien de 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.

Il sera capable de mobiliser des savoirs et des savoir-faire linguistiques, conceptuels, culturels, communicationnels. Pour cela, il acquerra des connaissances portant sur des pratiques, des événements et/ou phénomènes historiques, culturels, sociaux, économiques et politiques. Il stimulera son imagination par la découverte culturelle et la prise de conscience de la différence en faisant varier ses représentations. Il développera son esprit critique.

Programme

L'enseignement des L&C comprend deux enseignements distincts par semestre : anglais (LV1) 20 h et une autre langue 20 h (LV2). Attention : les étudiants inscrits en double diplôme suivront deux enseignements de FLE (LV1 et LV2) au S5 et au S6. Ces 40 heures de cours en présentiel sont complétées par 10 h de travail personnel (travail en autonomie, recherches, exercices...) par langue et par semestre.

Les L&C sont enseignées à raison de 2 heures par langue par semaine. Des groupes de niveau sont constitués à la suite de tests d'évaluation en anglais, en français langue étrangère, en allemand et en espagnol (si nécessaire).

Pour les LV2 niveau débutant, les élèves bénéficieront de 10 heures (italien, espagnol, portugais) ou 15 heures (allemand, chinois, japonais, russe) de cours complémentaires de soutien.

N.B. Les étudiants ne pourront commencer une langue qu'au semestre 5.

Niveaux et certifications externes obligatoires pour l'obtention du diplôme :

– En anglais et FLE, le niveau souhaitable à l'issue de la formation est le niveau C1 du CECRL. Conformément au Règlement des études, l'obtention d'une certification externe en anglais est obligatoire pour tous les étudiants (niveau minimal requis B2+, soit TOEIC 850).

Les étudiants internationaux doivent également valider un niveau minimal B2 du CECRL en FLE (Delf B2 ou Dalf C1 C2). Attention : les autres devront valider un niveau de français langue maternelle (FLM/Orthodidacte niveau 3).

– Dans les autres langues, le niveau visé est B2, voire C1 selon le parcours de l'étudiant.

L'obtention d'une certification externe est recommandée, afin de certifier le niveau le plus élevé obtenu en fin de formation.

-> Voir les descripteurs des différents niveaux du Cadre européen commun de référence en langues (CECRL) : <https://www.coe.int/fr/web/portfolio/self-assessment-grid>

Compétences et connaissances visées dans la discipline

– C1 : Faire émerger + oser

– C2 : Représenter et modéliser + résoudre et arbitrer + penser et agir en environnement imprédictible et incertain

– C3 : Concevoir un projet, un programme + piloter, conduire

– C4 : Générer de la performance individuelle et collective + conduire les transformations de son organisation (identifie les besoins / les verrous en conduite du changement...)

– C5 : Anticiper et s'engager + construire et pérenniser (analyse la stratégie d'une organisation au regard des enjeux locaux, mondiaux...)

Modalités de contrôle des connaissances

UE divisée en deux parties (CC1 LV1 50 % + CC2 LV2 50 %). Moyenne de 10/20 et un minimum de 7/20 pour validation

Évaluation des cinq compétences du CECRL : compréhension et expression écrites, c. orale, e. orale en continu et en interaction + évaluation des connaissances acquises (lexique, conjugaison, civilisation...)

Présence obligatoire (maximum de deux absences)

Bibliographie

Relative à chaque langue

Crédits ECTS

2

Code de l'UE

ING_1A_S5_BETA_LANG
ING_1A_S5_ALPHA_LANG
ING_1A_S6_BETA_LCI
ING_1A_S6_ALPHA_LCI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
	40				20	60

Langue du cours

Anglais

Équipe pédagogique

– Allemand : Dominique Ortelli-Van-Sloun
– Anglais : John Airey, Patrick Atkinson, Valérie Durbec, Gerald Marquis
– Espagnol : Carole Enoch
– Français langue étrangère : Valérie Hamel (+ français langue maternelle)



Activités physiques, sportives et artistiques

Jean-Luc Blanchon
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Élévation du niveau de compétence dans l'activité physique, sportive et artistique choisie (APSA)
- Capacité à démontrer un fort engagement pour soi et pour son « groupe APSA »
- Capacité à contribuer efficacement au bon fonctionnement de son groupe ou de son équipe
- Capacité à gérer sa vie physique et entretenir son « capital santé »

Programme

Chaque élève choisit une APSA éligible pour le semestre.
Une participation hebdomadaire avec le groupe APSA choisi est attendue.
L'enseignement porte sur l'acquisition des procédures permettant la « montée du niveau de compétence sportive ou artistique » et sur la mise en œuvre effective et assidue de ces procédures.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

L'élève développe, lors des cours d'APSA, des ressources contribuant à la construction des cinq compétences du programme pédagogique de l'École centrale :

- élaboration de stratégies s'appuyant sur une analyse précise (enjeux, définition des objectifs, contexte, gestion des risques, évaluation de ses propres forces et faiblesses et de celles des partenaires et adversaires) ;
- prise de décisions en temps réel ou en temps différé à partir d'une perception affinée de l'évolution du contexte ;
- contribution à la construction d'un groupe ou d'une équipe au fonctionnement efficace en considérant et en respectant chacun de ses membres ;
- capacité à agir de façon autonome en vue du développement de son propre niveau de compétence.

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu
Les élèves sont évalués sur leur assiduité, sur leur niveau d'engagement pour progresser et sur leur investissement pour un fonctionnement optimal du groupe.

Bibliographie

Non renseigné

Crédits ECTS

1

Code de l'UE

ING_1A_S5_BETA_APSA
ING_1A_S5_ALPHA_APSA
ING_1A_S6_BETA_APSA
ING_1A_S6_ALPHA_APSA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
	15					15

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

J.-L. Blanchon accompagné de 15 professeurs vacataires



Compétences en alternance

Guillaume Graton
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Le module « Compétence en alternance » a pour objectif de former les alternants à une mission spécifique soit en entreprise, dans un laboratoire, en entrepreneuriat, ou de type associatif. Les alternants sont suivis pendant les périodes d'alternance par un « tuteur métier » (entreprise, laboratoire, entrepreneuriat, associatif) et un « tuteur école ». L'objectif est de se familiariser à un milieu particulier, d'y acquérir les codes, la compréhension du fonctionnement de la structure, de faire émerger des solutions innovantes permettant l'avancée du projet.

Programme

Après avoir trouvé une mission en entreprise, dans un laboratoire, en entrepreneuriat ou un projet associatif, l'alternant doit tout mettre en place pour comprendre et appréhender l'environnement dans lequel il évolue, bien cerner sa mission, son rôle, bien identifier ses interlocuteurs. Il doit aussi faire des points réguliers avec son « tuteur école », afin de le tenir informé de sa mission et de son évolution. Le module se termine par deux évaluations : une évaluation de l'école via une soutenance, et une évaluation du « tuteur métier ».

Les points importants sont :

- la formation (connaissances de base, aptitudes aux acquisitions, sens de l'analyse, sens de la synthèse, créativité et niveau d'innovation) ;
- le travail et les résultats (niveau de qualité, quantité, efficacité, atteinte des objectifs, respect des délais, prise en main du sujet, maîtrise du sujet) ;
- la personnalité (esprit d'initiative, sociabilité, contacts, intérêts, motivation, sens des responsabilités, méthode et organisation, communication, ouverture d'esprit, jugement et réalisme).

Compétences et connaissances visées dans la discipline

La soutenance du semestre 5 porte sur :

- La présentation de l'entreprise, du laboratoire ;
- Les attentes par rapport au sujet ;
- La démarche personnelle de l'élève. Pourquoi l'alternance ? Motivations ?

La soutenance du semestre 6 porte sur :

- La mission plus détaillée : quelle est-elle ? Comment s'intègre-t-elle ?
- La compréhension de la mission ;
- Le déroulement du travail déjà fait et de la suite (perspectives) ;
- L'analyse du projet : quel est le contexte ? Quels sont les enjeux, les objectifs, les parties prenantes ?
- Jusqu'où amener le projet ?

Modalités de contrôle des connaissances

Le module comporte une soutenance faite en groupe de cinq à six alternants et une évaluation du « tuteur métier ».

Les deux évaluations se font sous la forme d'une lettre (A : Excellent, B : Très bien, C : Bien, D : Assez bien, E : Passable, F : Échec).

L'évaluation finale se fait par moyenne des deux évaluations ; lorsque la moyenne est difficile (A et B, par exemple), l'évaluation du « tuteur métier » l'emporte.

Bibliographie

Cette unité d'enseignement étant très spécifique à chaque alternant, il n'y a pas et ne peut y avoir de bibliographie.

Crédits ECTS

5
5
2
2

Code de l'UE

ING_1A_S5_BETA_CEA
ING_1A_S5_ALPHA_CEA
ING_1A_S6_BETA_CEA
ING_1A_S5_ALPHA_CEA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
					4	4

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

L'équipe pédagogique est constituée des tuteurs ECM. Ces derniers assistent aux soutenances et aident les alternants en cas de problème.



Projets

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS

4 ou 5

Code de l'UE

ING_1A_S5_BETA_PA
ING_1A_S5_BETA_PT
ING_1A_S6_BETA_PA
ING_1A_S6_BETA_PT
ING_1A_S5_ALPHA_PA
ING_1A_S5_ALPHA_PT
ING_1A_S6_ALPHA_PA
ING_1A_S6_ALPHA_PT

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique



Stages S5/S6

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_1A_S5_BETA_STAG
ING_1A_S6_BETA_STAG

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique



Training

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS

4
7
4
4
6
3
3
3

Code de l'UE

ING_1A_S5_BETA_TA
ING_1A_S5_BETA_TING
ING_1A_S6_BETA_TA
ING_1A_S6_BETA_TING
ING_1A_S5_ALPHA_TING
ING_1A_S5_ALPHA_TA
ING_1A_S6_ALPHA_TING
ING_1A_S6_ALPHA_TA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique



SEMESTRE



Approfondissement Chimie-Génie des Procédés

Alexandre Martinez
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

En chimie :

– Savoir aborder la réaction chimique en termes de contrôle cinétique ou thermodynamique, contrôle de charge ou orbitalaire, pour prédire et contrôler la régiochimie et la stéréochimie des produits formés

– Connaître les propriétés et la réactivité du benzène et de ses dérivés. Connaître les propriétés et la réactivité de la fonction carbonyle, fonction chimique très versatile de la chimie organique

– Être capable de prévoir la réactivité d'un complexe organométallique en fonction de la nature du métal et de ses ligands, prédire ses modifications structurale et électronique tout au long d'un cycle catalytique au contact du milieu réactionnel (substrat, réactif, solvant)

En génie des procédés :

– Acquérir des connaissances en transfert de matière pour un milieu continu et au voisinage d'une interface

– Appliquer ces connaissances à l'extraction liquide-liquide sans miscibilité partielle pour aller jusqu'au dimensionnement d'une batterie de mélangeurs-décanteurs, d'une colonne à plateaux et d'une colonne à garnissage

Programme

Réactivité organique et organométallique :

– 1^{re} partie : contrôle cinétique, contrôle thermodynamique - contrôle orbitalaire, contrôle de charge

– 2^e partie : le benzène et ses dérivés : aromaticité, résonance - réactivité du benzène et ses dérivés : addition électrophile aromatique (halogénéation, nitration, sulfonation - alkylation de Friedel et Crafts) - polysubstitution : régiosélectivité

– 3^e partie : structure et propriétés de la fonction carbonyle - préparation des dérivés carbonyles : oxydation des alcools, transposition - réactivité des dérivés carbonyles : attaque nucléophile par l'eau, les alcools, les amines, réduction par les hydrures et les organomagnésiens et organolithiens, les ylures (réaction de Wittig) - oxydation des cétones - énols et énoles : C-alkylation et O-alkylation, aldolisation

– 4^e partie : chimie organométallique et catalyse, les complexes organométalliques : structure électronique des complexes - la liaison métal-ligand - les mécanismes réactionnels - substitution de ligands - addition oxydante - élimination réductrice - insertions et éliminations - réactions sur les ligands coordonnés - principes généraux de la catalyse : hydrogénation - hydroformylation

Transfert de matière

– Transfert de matière en milieu continu, mécanismes : diffusion et convection

Bilan local : équation de continuité

– Transfert de matière à une interface : modèle du film

coefficients de transfert

analyse dimensionnelle et principaux nombre adimensionnels

analogie

L'extraction liquide-liquide

– Introduction aux méthodes séparatives

– L'étage théorique

– La batterie de mélangeurs-décanteurs à courant croisé

– La colonne à plateaux

– La colonne à garnissage

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

– DS chimie (2/3) - GP (1/3) : 50 %

– CC (TD + TP + TA) chimie (2/3) - (TD + TA) GP (1/3) : 50 %

Bibliographie

– Ressources en ligne sur le portail pédagogique de l'École centrale

– Ouvrages (centre de documentation)

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_2A_S7_CG

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
24	22	8	18			72

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

– Chimie : Didier Nuel, Laurent Giordano, Alexandre Martinez, Innocenzo De Riggi

– Génie des procédés : Pierrette Guichardon, Pascal Denis, René Arnaud



Approfondissement Mathématiques, Informatique et Economie

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_2A_S7_MIE

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Équipe pédagogique



Approfondissement Méca-Physique

Emmanuelle Sarrouy
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- S'appuyer sur le programme de 1^{ère} année pour découvrir les notions fondamentales
 - en dynamique, pour la mécanique
 - sur la formation des images et la transmission/obtention d'information en utilisant la lumière, pour l'optique
 - sur le concept de symétrie et sur le calcul variationnel en lien avec les formalismes de Lagrange et Hamilton, pour la physique quantique
 - sur les fluctuations et les phénomènes critiques pour la physique statistique
- Savoir mettre un problème en équations à l'aide de différents outils
- Savoir calculer de façon théorique ou numérique les solutions des différents problèmes formulés
- Savoir analyser les solutions obtenues

Programme

Le programme se scinde en trois parties de volumes équivalents : mécanique, optique et physique (quantique et statistique).

Mécanique :

- Outils de mise en équation :
 - Théorème des puissances virtuelles et ouverture à la méthode des éléments finis
 - Principe d'Hamilton et équations de Lagrange
- Résolution et analyse :
 - Régimes transitoires et stationnaires
 - Modes
 - Stabilité et bifurcations

Optique :

- Spectre fréquentiel et propagation de Fresnel
- Méthodes matricielles pour les rayons et les ondes, formule de Collins et espace des phases
- Systèmes de formation des images, afocaux et transformeurs de Fourier
- Guides d'ondes (métalliques, diélectriques et à gradient d'indice)
- Aspects temporels : vitesses de phase et de groupe, dispersion, propagation des impulsions gaussiennes
- Relation d'incertitude
- Lasers : émission stimulée, cohérence, cavités, modes, impulsions courtes, amplification des chirps

Physique quantique :

- Symétries infinitésimales, algèbre de Lie des générateurs : groupe de Lorentz, transformations spinoriales du groupe SU2 vues comme une représentation du groupe des rotations dans R3
- Matrice de densité pour les qubits (vecteur de Bloch), cohérence et pureté d'un état quantique, liens avec l'optique
- Principe de moindre action

Physique statistique :

- Théorie des distributions et applications en physique
- Champs aléatoires appliqués à la physique
- Fluctuations d'équilibre et transitions de phase

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Connaître les liens et similitudes entre différentes disciplines (C5)
- Savoir mettre en équations un grand nombre de systèmes complexes (C2)
- Savoir résoudre un système d'équations de façon analytique (C2)
- Connaître les fondements des méthodes numériques de résolution des systèmes rencontrés (C2)
- Savoir analyser les solutions obtenues (C2)

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 = écrit de 2 h (42 %)
- CC2 = écrit de 2 h (42 %)
- CC3 = mini-tests en début de TD d'optique (8 %)
- CC4 = mini-tests en début de TD de mécanique (8 %)

Bibliographie

- Supports de cours en PDF
- Physique :
 - D. Griffith, *Introduction to Quantum Mechanics*, Wiley (disponible en version électronique et papier au centre de documentation)
 - Ph. Réfrégier, *Noise theory and application to physics*, Springer, 2003
 - J.M. Yeomans, *Statistical Mechanics of Phase Transitions*, Oxford Science Publications, 1992

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_2A_S7_MP

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
36	18	2	16	0	0	72

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

Mécanique :

- CM : Emmanuelle Sarrouy
- Stéphane Bourgeois
- Thierry Désoyer
- Olivier Kimmoun
- Cédric Maury
- Emmanuelle Sarrouy

Optique :

- CM : Miguel Alonso
- Miguel Alonso
- Laurent Gallais
- Gaëlle George
- Nicolas Sandeau

Physique quantique :

- Thomas Durt

Physique statistique :

- CM : Philippe Réfrégier
- Georges Berardi
- Olivier Kimmoun
- Philippe Réfrégier
- Muriel Roche



Electronique Energie Electrique Automatique

Hassan Akhouayri
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Parmi les sciences de l'ingénieur, les enseignements de l'électronique-énergie électrique-automatique permettent à l'ingénieur de l'ECM d'acquérir et de maîtriser des méthodes d'analyse et de synthèse de systèmes complexes électroniques (ou électriques) et/ou de commande. Il sera ainsi capable d'analyser et de concevoir des systèmes de filtrage et d'amplificateurs pour les signaux analogiques du monde physique. De la même façon, il devra pouvoir analyser les besoins pour l'interfaçage avec le monde numérique (CAN, CAN). Cette dernière transformation fait partie d'un ensemble de systèmes logiques où l'élève va devoir assimiler des méthodes de synthèse de systèmes logiques automatiques (combinatoires ou séquentiels). Puis, un aperçu sur la structure des microcontrôleurs est abordé.

La part dédiée à l'automatique des systèmes asservis linéaires permettra à l'étudiant de maîtriser les outils de base nécessaires à la synthèse d'un système de commande selon un cahier des charges. L'introduction préalable des différents outils et méthodes facilitera la mise en application et l'assimilation des concepts de l'automatique.

En complément aux enseignements en électronique et automatique, une introduction est faite à l'étude de certains circuits électriques liés au transport de l'énergie électrique et à sa conversion « statique ».

Programme

Électronique analogique et numérique, microcontrôleurs

- Le signal analogique, DSP
- Transformation linéaire
- Théorèmes, interfaces (impédances d'entrée et de sortie)
- Transistors et amplificateurs linéaires
- Caractéristiques comparées des signaux analogiques et numériques
- Circuits numériques combinatoires et séquentiels
- Conception d'un système numérique par machines à états
- Convertisseurs A/N et N/A
- Introduction aux microcontrôleurs, structure et programmation

Automatique « linéaire »

- Introduction à l'automatique
- Modélisation des systèmes : modèle de connaissance, identification
- Analyse du comportement des systèmes bouclés, étude de la stabilité, précision
- Synthèse d'une commande à partir d'un cahier des charges

Énergie électrique

- Problématique générale des problématiques de l'énergie électrique, contraintes d'association des sources, différents types de conversion d'énergie électrique, composants et convertisseurs

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Capacité à identifier les éléments nécessaires à la compréhension des systèmes complexes électroniques (analogiques et/ou numériques), puis en appréhender toutes les dimensions scientifiques et techniques
- Maîtriser les méthodes d'analyse et de synthèse de systèmes électroniques numériques
- Maîtriser les méthodes et les outils de base d'analyse et de synthèse de la commande de systèmes asservis linéaires
- Capacité à comprendre les principes élémentaires et la finalité de l'électronique de puissance et des convertisseurs AC/DC
- Capacité à appréhender toutes les dimensions scientifiques et techniques de tous les éléments d'une chaîne de conversion d'énergie électrique à partir d'un cahier des charges

Modalités de contrôle des connaissances

L'évaluation de l'UE E3A est faite par contrôles continus. Ces contrôles sont sous forme de devoirs surveillés sur table et/ou oral pendant les séances de TA ou TD. Le nombre de contrôles continus est au maximum 10. Les TP éventuels sont également évalués et participent de l'évaluation finale.

La note finale de l'évaluation est une moyenne des notes aux différentes évaluations.

Bibliographie

Polycopiés des cours et/ou transparents du cours, et ouvrages recommandés par les enseignants.

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_2A_S7_3EA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
32	22	0	18	0	27	99

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Lætitia Abel-Tiberini
- Hassan Akhouayri
- Nicolas Bertaux
- Mohamed Boussak
- Thierry Gaidon
- Guillaume Graton
- Alain Kilidjian
- Fabien Lemarchand
- Vacataires



Sciences Humaines et Sociales

Laetitia Piet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Initier aux modes de raisonnement et de conceptualisation des sciences humaines et sociales, principalement la sociologie et la psychologie
- Développer la capacité à analyser des systèmes sociaux et organisationnels complexes en mobilisant les concepts et les théories issus des sciences sociales, et en articulant les niveaux d'approche macro et micro (sociétés, organisations, groupes, individus)
- Savoir formuler des préconisations, les prioriser, définir les modalités de leur mise en œuvre, sur des sujets tels que le management de conflits, l'accompagnement des transformations organisationnelles, la coopération interculturelle...

Programme

Deux champs d'études sont retenus dans cette UE en raison de leur lien avec le contexte professionnel dans lequel évoluent les ingénieurs généralistes. Ainsi, un premier module, intitulé « Individu, culture et communication », questionne les problématiques de la communication, dans un contexte interculturel et dans les situations de management. Un second module, « Individu, travail et organisation », considère les enjeux liés au travail et aux évolutions contemporaines des entreprises.

De manière plus détaillée, les cours, TD et TP sont les suivants :

- modèles théoriques de la communication ;
- problématiques du management interculturel ;
- culture, identité, diversité : problématiques contemporaines ;
- les phénomènes d'influence sociale ;
- les déterminants psychologiques de la communication ;
- la gestion de conflit [approche systémique] ;
- les modèles de management : théorie et histoire ;
- les innovations organisationnelles contemporaines (focus sur l'entreprise libérée) ;
- dynamiques relationnelles, *leadership* et management ;
- travail et santé mentale (focus sur les risques psychosociaux) ;
- qualité de vie au travail : comparaisons internationales ;
- modèles organisationnels et dynamiques de changement.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C2 : Développer une approche systémique des organisations humaines, articuler les échelles micro et macro dans l'analyse de ces systèmes
- C4 : Analyser un système organisationnel et productif dans toutes ses dimensions : techniques, humaines, économiques
- Concevoir et proposer des modalités de management des hommes et des organisations intégrant les enjeux de santé et de qualité de vie au travail.
- Faire des préconisations d'accompagnement des transformations organisationnelles favorisant le dialogue social, le développement des compétences, la qualité de vie au travail
- C5 : Comprendre les multiples dimensions de la culture d'entreprise. Analyser les relations entre la stratégie et la culture d'entreprise et appréhender les déclinaisons opérationnelles qui en découlent

Modalités de contrôle des connaissances

100 % CC avec, en détail :

- 40 % pour CC1 (étude de cas présentée à l'écrit)
- 30 % pour CC2 (étude de cas présentée à l'oral)
- 30 % pour CC3 (étude de cas présentée à l'oral)

La validation des CC sera conditionnée par la réalisation des travaux demandés en TA.

Pour le rattrapage : oral (étude de cas)

Bibliographie

cf. supports de cours disponibles sur Moodle

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_2A_S7_SHS

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
26	6	4	12	0	0	48

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Laetitia Piet (responsable UE)
- Florian Magnani
- Maxime Bellego
- Yohann Desbois
- Nicolas Beltou



Langues et Cultures Internationales

Carole Enoch
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'enseignement des langues et cultures s'inscrit dans la formation de citoyens et ingénieurs internationaux avertis et responsables.

L'ingénieur centralien de Marseille devra être capable d'interagir de manière précise et efficace avec des partenaires de langues et/ou de cultures différentes, notamment dans un environnement professionnel.

Il sera capable de mobiliser des savoirs et des savoir-faire linguistiques, conceptuels, culturels, communicationnels. Pour cela, il acquerra des connaissances portant sur des pratiques, des événements et/ou des phénomènes historiques, culturels, sociaux, économiques et politiques. Il stimulera son imagination par la découverte culturelle et la prise de conscience de la différence en faisant varier ses représentations. Il développera son esprit critique.

Programme

L'enseignement des L&C comprend deux enseignements distincts par semestre : anglais (LV1) 20 h et une autre langue 20 h (LV2).

Ces 40 heures de cours en présentiel sont complétées par 10 h de travail personnel (travail en autonomie, recherches, exercices...) par langue et par semestre.

Les L&C sont enseignées à raison de 2 heures par langue par semaine. En anglais et espagnol, les étudiants pourront choisir le thème de leurs cours (actualité, enjeux sociétaux, civilisation, culture...).

Pour les LV2 niveau débutant en 1A, les élèves bénéficieront de 10 heures (italien, espagnol, portugais) ou 15 heures (allemand, chinois, japonais, russe) de cours complémentaires de soutien.

N.B. Les étudiants ne pourront pas débiter une langue au semestre 7.

Niveaux et certifications externes obligatoires pour obtention du diplôme :

– En anglais et FLE, le niveau souhaitable à l'issue de la formation est le niveau C1 du CECRL. Conformément au Règlement des études, l'obtention d'une certification externe en anglais est obligatoire pour tous les étudiants (niveau minimal requis B2+, soit TOEIC 850).

Les étudiants internationaux doivent également valider un niveau minimal B2 du CECRL en français langue étrangère (Delf B2 ou Dalf C1 C2). Attention : les autres devront valider un niveau de français langue maternelle (Orthodidacte niveau 3).

– Dans les autres langues, le niveau visé est B2, voire C1 selon le parcours de l'étudiant.

L'obtention d'une certification externe est recommandée, afin de certifier le niveau le plus élevé obtenu en fin de formation.

-> Voir les descripteurs des différents niveaux du Cadre européen commun de référence en langues (CECRL) : <https://www.coe.int/fr/web/portfolio/self-assessment-grid>

Compétences et connaissances visées dans la discipline

– C1 : Faire émerger + oser

– C2 : Représenter et modéliser + résoudre et arbitrer + penser et agir en environnement imprédictible et incertain

– C3 : Concevoir un projet, un programme + piloter, conduire

– C4 : Générer de la performance individuelle et collective + conduire les transformations de son organisation (identifie les besoins / les verrous en conduite du changement...)

– C5 : Anticiper et s'engager + construire et pérenniser (analyse la stratégie d'une organisation au regard des enjeux locaux, mondiaux...)

Modalités de contrôle des connaissances

– UE L&C divisée en deux cours de langues (CC1 50 % + CC2 50 %). Moyenne de 10/20 et un minimum de 7/20

– Évaluation des cinq compétences du CECRL + évaluation des connaissances acquises (lexique, conjugaison, civilisation...)

Présence obligatoire (maximum de deux absences)

Bibliographie

Relative à chaque langue

Crédits ECTS

2

Code de l'UE

ING_2A_S7_LANG

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
	40				20	60

Langue du cours

Anglais

Équipe pédagogique

– Allemand : D. Ortelli-Van-Sloun

– Anglais : J. Airey, P. Atkinson, A. Desbons, V. Durbec, G. Marquis, M. McKimmie

– Chinois : J. Dong

– Espagnol : S. Duran, C. Enoch, E. Muñoz

– FLE : V. Hamel (+ français langue maternelle)

– Italien : S. Canzonieri, A. Doveri

– Japonais : A. Futamata



Compétences en alternance

Guillaume Graton
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Le module « Compétences en alternance » a pour objectif de former les alternants à une mission spécifique, soit en entreprise, dans un laboratoire, en entrepreneuriat ou de type associatif. Les alternants sont suivis pendant les périodes d'alternance par un « tuteur métier » (entreprise, laboratoire, entrepreneuriat, associatif) et un « tuteur école ». L'objectif est de se familiariser à un milieu particulier, d'y acquérir les codes, la compréhension du fonctionnement de la structure, de faire émerger des solutions innovantes permettant l'avancée du projet.

Programme

Après avoir trouvé une mission en entreprise, dans un laboratoire, en entrepreneuriat ou un projet associatif, l'alternant doit tout mettre en place pour comprendre et appréhender l'environnement dans lequel il évolue, bien cerner sa mission, son rôle, bien identifier ses interlocuteurs. Il doit aussi faire des points réguliers avec son « tuteur école », afin de le tenir informé de sa mission et de son évolution. Le module se termine par deux évaluations, une évaluation de l'école *via* une soutenance et une évaluation du « tuteur métier ».

Les points importants sont :

- La formation (connaissances de base, aptitudes aux acquisitions, sens de l'analyse, sens de la synthèse, créativité et niveau d'innovation) ;
- Le travail et les résultats (niveau de qualité, quantité, efficacité, atteinte des objectifs, respect des délais, prise en main du sujet, maîtrise du sujet) ;
- La personnalité (esprit d'initiative, sociabilité, contacts, intérêts, motivation, sens des responsabilités, méthode et organisation, communication, ouverture d'esprit, jugement et réalisme).

Compétences et connaissances visées dans la discipline

La soutenance du semestre 7 est collective, elle dure 15 minutes en janvier, et porte sur :

- (pour les nouveaux entrants) présentation contexte, enjeux et objectifs ;
- évolution de la mission ;
- valorisation du travail, valeur ajoutée pour l'entreprise ;
- SWOT, analyse des risques.

Modalités de contrôle des connaissances

Le module comporte une soutenance faite en groupe de cinq à six alternants et une évaluation du « tuteur métier ».

Les deux évaluations se font sous la forme d'une lettre (A : Excellent, B : Très bien, C : Bien, D : Assez bien, E : Passable, F : Échec).

L'évaluation finale se fait par moyenne des deux évaluations, lorsque la moyenne est difficile (A et B, par exemple) l'évaluation du tuteur métier l'emporte.

Bibliographie

Cette unité d'enseignement étant très spécifique à chaque alternat, il n'y a pas et il ne peut y avoir de bibliographie.

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_CEA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
					4	4

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

L'équipe pédagogique est constituée des tuteurs ECM. Ces derniers assistent aux soutenances et aident les alternants en cas de problème.



Projets

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_2A_S7_PT

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Équipe pédagogique



Electives

Menu 1 - Analyse et imagerie optique des milieux continus

Gaëlle Georges

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Savoir décrire les diverses interactions possibles d'une onde rencontrant une surface réelle :
 - Savoir définir une interface rugueuse
 - Notion de réflexion, diffusion, transmission
 - Répartition angulaire de la diffusion et rendu macroscopique associé
- Notions d'effets colorés
- Connaître des éléments de résolution des équations de propagation électromagnétiques dans le cas d'interfaces rugueuses et de milieux hétérogènes (cas simples : modèles approchés, Mie) :
 - Savoir décrire un milieu complexe hétérogène
 - Savoir décrire la mise en équation d'une onde rencontrant un milieu complexe : ce que deviennent les équations de continuité, les conséquences sur les formes des solutions (la déclinaison analytique détaillée des théories n'est pas demandée)
 - Connaître les formes qualitatives des solutions selon le type d'hétérogénéités
 - Connaître les effets de la présence de ces hétérogénéités dans divers domaines applicatifs
- Connaître des problématiques associées à l'imagerie en milieu diffusant et en particulier dans le cas des tissus biologiques
- Savoir décrire un tissu biologique et ses spécificités en regard d'une interaction avec la lumière
- Savoir décrire les problématiques d'imagerie en milieu diffusant
- Connaître quelques systèmes d'imageries optiques, leurs forces et leurs limites

Programme

La lumière présente de nombreux avantages pour imager et analyser les milieux complexes et les tissus biologiques : en effet, elle est non ionisante, non invasive et les techniques associées sont sans contact. Cette option permet de découvrir comment la lumière peut être utilisée pour analyser ou imager des milieux complexes et des tissus biologiques.

L'option « analyse et imagerie des milieux complexes et des tissus biologiques » est divisée en deux parties. La première traite de l'interaction entre une onde lumineuse et un milieu complexe, et on montre comment cette interaction peut être utilisée pour analyser ce milieu complexe. La seconde partie traite du cas particulier de l'interaction entre la lumière et les tissus biologiques et de l'application à l'imagerie biomédicale. Le contenu est appréhendé à partir de l'étude de deux problèmes (un pour chaque partie). Le contenu et les connaissances sont construits à partir de ces deux problèmes, sur lesquels les élèves travaillent en petits groupes. Ces séances de travail sont complétées par des cours qui permettent d'apporter les éléments théoriques nécessaires. Les thèmes abordés concernent la propagation de la lumière en milieux complexes, la diffusion de la lumière, les propriétés optiques des tissus biologiques et les problématiques de l'imagerie optique pour le biomédical.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C1 (Innovation scientifique et technique) : par la méthodologie de travail par problèmes, les élèves devront proposer d'analyser une problématique donnée à partir de recherches dans la bibliographie et des cours pour créer une solution adaptée au problème visé.
- C2 (Maîtrise de la complexité des systèmes) : ce cours permet d'appliquer et de compléter le tronc commun dans le cas des milieux complexes et des tissus biologiques.

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu : chaque problème donnera lieu à un compte rendu ou à un rapport sur le travail en groupe. Il sera complété par un écrit individuel portant sur les objectifs d'apprentissage propres à chaque problème.

Bibliographie

- Patrick Callet, *Couleur-lumière, couleur-matière : Interaction lumière-matière et synthèse d'images*, 1998
- Mady Elias et Jacques Lafait, *La couleur : Lumière, vision et matériaux*, 2006
- H.C. van de Hulst, *Light Scattering by Small Particles*, 2012
- David A. Boas, Constantinos Pitrís et Nimmi Ramanujam, *Handbook of Biomedical Optics*, 2016
- Supports des cours

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E1_ANA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
14	16	0	0	0	0	30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Gaëlle Georges
- Carole Deumié
- Gaël Latour



Electives

Menu 1 - Analyse mathématique

Magali Tournus
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E1_ACA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Équipe pédagogique



Electives

Menu 1 - Biochimie

Alexandre Martinez
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E1_BIO

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Équipe pédagogique



Electives

Menu 1 - Contrôle par retour d'état et observateurs

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E1_STA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Équipe pédagogique



Electives

Menu 1 - Macroéconomie et politique économique

Dominique Henriot
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E1_MAC

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Équipe pédagogique



Electives

Menu 1 - Matériaux

Damien Hérault
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

This module will enable students to broaden their physical chemistry skills and knowledge in the field of materials science. The principles of synthesis (polymerization, sol gel, etc...) and the characterization of the materials will also be treated. - Theoretical aspect of the chemical reactions involved.

- Materials science and physical and chemical characterization: highlight on the structure-property relationship.
- Global vision of the potential of materials: From a domestic utility to an application in high technology.

Programme

Theoretical aspects:

Structure of solids and defects

Major families of materials will be studied: organic polymers, inorganic and ceramic materials, hybrid organic-inorganic materials and metals. Organic polymers: polycondensation, chain polymerization. Characterization. Mechanical properties. From oil to polymer
Inorganic materials, ceramics, glasses: Chemical synthesis, physical and chemical synthesis. The sol gel process.

Inorganic-organic hybrid materials. Synthesis. Characterization. Structure- property relationship. Fuel cells.

Metals via materials science

Practical teachings:

Synthesis of an adhesive

Synthesis of an organic polymer

Synthesis of a functionalized hybrid material

Compétences et connaissances visées dans la discipline

– L'ingénieur centralien crée de la valeur par l'innovation scientifique et technique

Par une démarche structurée et globale, centrée sur le besoin, l'ingénieur centralien développe de nouveaux produits. Il s'appuie pour cela sur un large socle de connaissances scientifiques et techniques, mais également sur des compétences en matière d'innovation et de création d'activités. Il est en mesure d'exploiter les résultats de la recherche scientifique, qu'il aura éventuellement lui-même produits.

– L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et des problématiques qu'il rencontre.

– L'ingénieur centralien appréhende, analyse et résout des problématiques complexes par une approche globale qui lui permet de traiter les fortes interactions entre disciplines, métiers, et facteurs humains.

Modalités de contrôle des connaissances

Final test, Written, 1 h, 30 % final note

Continuous examination, Report and MCQ, 70 %

Bibliographie

Handout with holes

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E1_MAT

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
16	6	8				30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

– Damien Hérault

– Bastien Chatelet



Electives

Menu 1 - Mécanique appliquée - Structures, aérodynamique et mécanique du vol

Stéphane Bourgeois
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Acquérir les connaissances nécessaires à la compréhension des modèles de structures (hypothèses et cadre d'application), ainsi que les méthodes de dimensionnement associées :
 - Savoir modéliser les structures à base de poutres
 - Maîtriser les méthodes de dimensionnement en élasticité linéaire
 - Savoir poser et analyser un problème de dimensionnement de treillis de poutre dans un logiciel éléments finis
- Acquérir les notions fondamentales en aérodynamique :
 - Connaître les bases de l'aérodynamique autour d'obstacles profilés
 - Savoir dimensionner les efforts sur des profils portant
 - Comprendre le concept de modèles locaux en mécanique des fluides
- Acquérir les notions fondamentales en météorologie et mécanique du vol :
 - Comprendre la structure de l'atmosphère, ainsi que la genèse des perturbations météorologiques
 - Savoir calculer le vent à partir des cartes de pressions
 - Comprendre le fonctionnement aérodynamique d'un avion en vol

Programme

- 1^{re} partie : Structures
 - Rappels d'élasto-dynamique tridimensionnelle (cinématique, sthénique, loi de Hooke, équations locales, formulations intégrales)
 - Modèles de poutres :
 - Principe de Saint Venant
 - Hypothèses cinématiques d'Euler-Navier-Bernoulli
 - Établissement du modèle de poutre mince
 - Théorèmes énergétiques (Ménabréa et Castigliano)
 - Dimensionnement
- 2^e partie : Aérodynamique
 - Rappels de mécanique des fluides incompressibles
 - Écoulements potentiels
 - Coefficients aérodynamiques
 - Couche limite laminaire / turbulente
- 3^e partie : Mécanique du vol
 - Initiation à la météorologie
 - Structure de l'atmosphère et valeurs numériques de l'atmosphère
 - Vent géostrophique et local
 - Les nuages
 - Fronts et perturbations
 - Mécanique du vol
 - Aérodynamique d'un profil portant
 - Les tourbillons marginaux
 - les volets hypersustentateurs
 - Gouvernes et commandes
 - Le vol horizontal rectiligne
 - Montée et descente : pente et vitesse ascensionnelle
 - Stabilité de vol

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Maîtriser les outils de modélisation pour valider des solutions technologiques innovantes [C1]
- Savoir modéliser et analyser des structures complexes [C2]
- Maîtriser les méthodes de dimensionnement [C2]
- Savoir calculer les efforts aérodynamiques sur des structures [C2]
- Comprendre les bases de la météorologie [C2]
- Appréhender la complexité du vol des avions [C2]

Modalités de contrôle des connaissances

- DS = évaluation écrite de 2 h [65 %]
- CC = trois CR de TP [35 %]

Bibliographie

- P. Ballard et A. Millard, Poutres et arcs élastiques, École polytechnique, 2009
- I. Paraschivoiu, Subsonic aerodynamics, École polytechnique de Montréal, 2003
- P.K. Kundu et I.M. Cohen, Fluid mechanics, 4^e éd., Elsevier, 2010
- S. Malardel, Fondamentaux de météorologie, 2^e éd., Cépaduès - Météo France, 2008
- S. Bonnet et J. Verrière, Mécanique du vol de l'avion léger, 2^e édition, Cépaduès, 2006

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E1_APP

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
14	8	8	0	0	0	30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Stéphane Bourgeois
- Olivier Boiron
- Olivier Kimmoun



Electives

Menu 1 - Programmation Objet

Catherine Jazzar
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Savoir programmer en approche orientée objet, et ce, grâce au langage C++. Il faut donc comprendre tout d'abord que l'on n'aborde pas un programme de la même manière en classique et en objet. Puis, on doit avoir une vision globale de sa décomposition en objets et utiliser les concepts de ce type de programmation. Un élève ayant suivi ce cours doit être capable de structurer et de programmer en C++, mais aussi de rapidement se former à tout autre langage objet. Ce type de langage est aujourd'hui indispensable pour intégrer une entreprise : il peut se trouver à différents niveaux et pour des programmations très différentes, qu'elles soient scientifiques, de gestion, Web ou autres.

Programme

Bases : langage C sur lequel est écrit le C++.

C++ : la notion de référence ; les références en paramètres de fonctions, les références sur des données constantes, les arguments par défaut des méthodes, la surcharge de fonctions et de méthodes, les fonctions en ligne, l'allocation dynamique de mémoire, les tableaux, la position de la déclaration des variables, le prototypage obligatoire, les entrées/sorties, les classes et les objets, les tableaux d'objets, les attributs et les méthodes et leur accessibilité, les constructeurs et les destructeurs, la pseudo-variable this, les membres static, l'héritage, la pseudo-variable super, les listes chaînées, la surcharge d'opérateurs, les templates, la notion d'exceptions.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Cette unité d'enseignement apporte des bases informatiques incontournables à l'ingénieur centralien, donc des bases scientifiques et techniques qui sont importantes pour l'innovation scientifique et technique (thème 1). Ce n'est qu'avec une décomposition structurée des problèmes que nos ingénieurs pourront aborder des systèmes complexes (thème 2) : l'approche orientée objet le permet.

Modalités de contrôle des connaissances

Pour 20 % de la note, un petit travail à réaliser (CC) à la suite d'un TP, et pour les 80 % restants un projet final à faire en binôme

Bibliographie

- Transparents de cours
- Henri Garetta, Le langage C++

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E1_PRO

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
4	8	18				30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Christian Ernst : intervenant extérieur
- Catherine Jazzar : Centrale Marseille



Electives

Menu 1 - Sociologie des organisations

Laetitia Piet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Toute organisation peut se définir comme un ensemble plus ou moins structuré d'individus rassemblés en vue d'atteindre un objectif commun (produire un bien, délivrer un service, œuvrer pour une cause...). Dans cet électif, nous étudions quelques-unes des problématiques concrètes posées par la vie des organisations, appréhendées comme des systèmes d'acteurs interdépendants.

Parmi les compétences visées :

- Comprendre les ressorts de la motivation et en tirer les implications pour le management de la performance
- Connaître les concepts et les méthodes de l'analyse stratégique et la mettre en œuvre pour réaliser le diagnostic d'une situation organisationnelle ou d'un processus décisionnel
- Préconiser des actions managériales pour favoriser la coopération et résoudre des conflits
- Connaître ou recenser les sources normatives et leur articulation
- Comprendre les enjeux juridiques associés à la vie des organisations, en particulier dans le contexte des entreprises et des associations
- Comprendre le contexte et les voies de résolution des questions juridiques

Programme

Cette option comportera deux volets :

- Sociologie

Cette partie de l'option présente les cadres théoriques de l'analyse organisationnelle selon trois perspectives : les structures et les règles organisationnelles ; la culture, les valeurs et les normes ; les dimensions stratégiques des comportements. À partir de ces perspectives, les thèmes déclinés concernent plus particulièrement la motivation, l'autorité et le pouvoir, les conflits, la coopération, les identités professionnelles. Les parties de cours alternent avec des études de cas dans différentes organisations (entreprises, structures associatives...). Il est souvent fait appel à l'expérience des étudiants (en stage ou dans l'activité associative) pour nourrir la réflexion.

- Droit

Cette partie permet une introduction au vocabulaire, aux notions et aux raisonnements juridiques et à leur articulation avec les situations concrètes, réelles ou potentielles. Le droit matériel lié aux organisations concerne principalement le droit du travail et des associations, et le droit public en tant qu'il concerne les personnes privées dans leur existence quotidienne. À partir des cours et des analyses de la jurisprudence, il s'agit de comprendre comment le droit structure et encadre les relations humaines par la loi, par le contrat, par les principes juridiques, et par la résolution juridique des conflits.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C2 : Appréhender les organisations comme des systèmes d'acteurs interdépendants ; repérer et expliquer les mécanismes de régulation des comportements dans une organisation
- C4 : Formuler des préconisations appuyées sur un diagnostic rigoureux et structuré des opportunités et des freins dans une organisation ; intégrer l'organisation, les conditions de travail, le dialogue social et les normes juridiques à ses préconisations ; développer la coopération et la participation ; concevoir et développer un management soutenant une performance globale et durable
- C5 : Expliquer les principaux éléments de la stratégie d'une organisation

Modalités de contrôle des connaissances

100 % CC avec, en détail :

- 60 % pour sociologie (écrit : 0,5 étude de cas ; 0,5 dossier)
- 40 % pour droit (évaluation)

Pour le rattrapage : mêmes conditions que la session 1

Bibliographie

F. Alexandre-Bailly (dir.), Comportements humains et management, Pearson, 4e édition.
Introduction générale au droit, Dalloz

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E1_SOC

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
18	12					30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Laetitia Piet (responsable UE)
- Isabelle Vasserot



Electives

Menu 1 - Télécommunications

Salah Bourennane

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Apprendre à s'interroger sur le choix du système, de méthodes et d'architecture
- Maîtriser les principes de base d'optimisation des traitements pour les télécommunications
- Comprendre les notions d'information et leur utilité pour le codage et les télécoms
- Savoir intégrer les méthodes de traitement dans des architectures matérielles fiables et économes
- Porter une vision stratégique et savoir la mettre en œuvre

Programme

L'exigence technologique et la pression économique ont entraîné les systèmes de télécommunications vers le développement et l'utilisation des méthodes les plus avancées pour leur conception, leur fonctionnement et leur maintenance. L'objectif commun est la transmission et le traitement de l'information : ces systèmes se déclinent sous de nombreuses formes plus ou moins proches de l'utilisateur final. Le cheminement de l'information a pris la place principale dans ce domaine, dont la face visible est le développement de l'Internet et du très haut débit, mais auquel il faut rajouter les nouvelles générations de systèmes de sauvegarde de bases de données. Cet enseignement a essentiellement pour but d'approfondir plusieurs aspects (théorie de l'information, estimation, détection...) liés aux télécommunications et leur évolution. Il permet de comprendre les mécanismes fondamentaux des télécommunications : connaître les meilleurs systèmes et dispositifs disponibles pour émettre, transmettre et recevoir un signal ou information, choisir les techniques de traitement de ce signal ou de l'information permettant d'optimiser ces opérations, et savoir intégrer ces méthodes dans des architectures matérielles fiables et économes.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Permettre à l'ingénieur généraliste d'identifier les problématiques qui peuvent relever du traitement du signal et de la théorie de l'information pour les télécommunications, et lui fournir les éléments essentiels de ce domaine qui constitue l'un des fondements des technologies numériques. Acquérir les principes d'une démarche scientifique et les techniques nouvelles et spécifiques dont les applications industrielles et sociétales sont en pleine expansion.

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle Continu

Bibliographie

- L.L. Scharf, Statistical Signal Processing - Detection, Estimation and Time Series Analysis, Addison-Wesley, 1991
- H. Van Trees, Detection, Estimation and Modulation Theory, John Wiley and Sons, 1968 (tomes 1, 2 et 3)
- G. Battail, Théorie de l'information - Application aux techniques de communication, Masson, 1997

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E1_TEL

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
24	6					30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

Salah Bourennane



Electives

Menu 1 - Transfert thermique

R. Arnaud

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E1_TRA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Équipe pédagogique



Electives

Menu 2 - Analyse et traitement des signaux biomédicaux

Caroline Fossati
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Permettre à l'ingénieur généraliste d'identifier les problématiques qui peuvent relever du traitement du signal et de l'image pour le biomédical, et lui fournir les éléments essentiels pour l'extraction, le traitement et la représentation d'informations. Acquérir les principes d'une démarche scientifique et les techniques nouvelles et spécifiques pour le traitement des signaux biomédicaux.

Programme

L'étude des signaux et des images biomédicaux est un domaine particulier du traitement du signal. Le traitement des signaux biomédicaux est une discipline ayant connu ces dernières années un développement important. L'aide au diagnostic à partir d'outils de traitement du signal joue un rôle clé dans les progrès de la médecine. Ce cours portera sur les aspects fondamentaux de l'extraction, du traitement et de la représentation d'informations contenues dans des signaux.

Il s'agit ici de découvrir certaines techniques de base utilisées pour la modélisation et l'analyse des signaux et images biologiques à partir d'exemples concrets d'application de ces techniques aux besoins du milieu médical (électro-encéphalogramme, électrocardiogramme, imagerie par résonance magnétique, imagerie nucléaire...). Utiliser, mais aussi adapter différentes techniques, comme le filtrage, l'analyse spectrale, l'analyse temps-fréquence, l'estimation, la reconnaissance de formes, etc., afin de les utiliser au mieux pour les applications recherchées. Des séances de TD portant sur l'utilisation de logiciels de simulation et d'analyse auront pour but d'illustrer le contenu théorique du cours en faisant usage de données réelles et/ou simulées.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Apprendre à se questionner sur le choix de méthodes
- Maîtriser les principes de base de modélisation et d'analyse
- Maîtriser la complexité des systèmes et des problématiques qu'il rencontre
- Porter une vision stratégique et savoir la mettre en œuvre

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu

Bibliographie

Supports de cours

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E2_TASI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
24	6					30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- C. Fossati
- S. Bourennane



Electives

Menu 2 - Asservissement numérique

Alain Kilidjian
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

En complément des enseignements d'électronique et d'automatique linéaire pour aborder l'étude des systèmes et leur commande numérique

Les élèves seront capables de participer à l'élaboration d'un cahier des charges et à la conception des systèmes de commande visant à contrôler des processus (mécaniques, électroniques, chimiques...) en implantant un algorithme dans un calculateur.

L'élève sera capable :

- d'utiliser la transformée en z pour étudier la stabilité en boucle fermée d'un système stable ou instable en boucle ouverte, et interpréter le cahier des charges sur les contraintes statiques et dynamiques ;
- d'écrire l'algorithme de commande du système à commander.

Programme

Objectifs du programme :

Exposé des méthodes de synthèse de lois de commandes numériques assurant le comportement dynamique et statique d'un système conformément à des contraintes décrites dans un cahier des charges.

Méthodes polynomiales : méthodologies et mise en œuvre sur calculateur

Description du programme

Les trois parties développées sont les suivantes :

- concepts généraux et outils mathématiques ;
- méthodes d'étude de la stabilité et de la précision ;
- méthodes de synthèse de régulateurs numériques.

Les concepts théoriques seront illustrés en TL par la mise en œuvre et la simulation de systèmes multiphysiques et de leur contrôle/commande associé.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Cet enseignement renforce dans la formation l'approche « système » incontournable dans :

- le développement des innovations techniques et scientifiques ;
- la résolution des problèmes complexes et transdisciplinaires.

Il permet d'évaluer l'aptitude de l'élève à obtenir le comportement souhaité d'un système. La mise en œuvre pratique sur un système simple permet d'atteindre cet objectif en comparant plusieurs approches en un temps compatible avec les créneaux disponibles.

Modalités de contrôle des connaissances

L'évaluation faite en TP valide les compétences détaillées dans la description du programme sur un système étudié, modélisé, simulé et testé expérimentalement dans le cadre d'une commande numérique.

Contrôle continu et compte rendu TP : 100 %

Bibliographie

- Documents de cours
- P. Borne, Analyse et régulation des processus industriels, tome 2
- Roland Longchamp, Commande numérique de systèmes dynamiques

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E2_ASS

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
12	6	12				30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Alain Kilidjian
- Guillaume Graton



Electives

Menu 2 - Culture Générale

Laetitia Piet

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Ce cours travaille de grandes questions contemporaines à la lumière d'œuvres et de travaux majeurs (philosophie, sociologie, arts, littérature). Son objectif est de permettre à qui le suit de saisir les grands débats actuels (sur l'identité nationale, la gestation pour autrui, la place de l'art, l'antispécisme ...) tout en se forgeant une culture solide (connaissance des écrits majeurs, auteurs incontournables, etc.).

Il permet de développer ses capacités à problématiser et à argumenter.

Programme

Le cours sera structuré autour de grands thèmes, parmi lesquels :

- la famille : une institution sociale traversée par des évolutions majeures ;
- les médias : leur place et leur rôle dans la démocratie ;
- l'identité.

Ce cours est structuré sur la base du programme suivi à Sciences Po Aix.

Des éléments de méthode concernant les techniques de dissertation et le travail de problématisation seront donnés afin de préparer les élèves qui souhaitent candidater au double diplôme avec Sciences Po Aix de s'y préparer.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C2 : Complexité. Les thématiques abordées par cet électif permettent de relier les dimensions sociales, politiques, économiques, juridiques et culturelles des phénomènes contemporains. Il participe au développement de l'esprit critique et de la capacité à argumenter.
- C5 : Vision et stratégie. Cet électif participe à une meilleure connaissance des évolutions du monde contemporain et des grands enjeux qui le traversent.

Modalités de contrôle des connaissances

100 % écrit : contrôle de connaissances

Bibliographie

Voir les supports de cours sur Moodle

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E2_CULT

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
20	10					30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

Lucie Luthereau (Sciences Po Aix-en-Provence)



Electives

Menu 2 - Energie & Environnement

Pascal Denis
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'objectif principal est de connaître et de comprendre le fonctionnement des centrales thermiques de production d'énergie électrique modernes. Cela comprend :

- une approche générale sur les besoins en énergie et en particulier de l'électricité ;
- la connaissance des cycles thermodynamiques de production et de leur optimisation ;
- la connaissance des mécanismes de la combustion des gaz ;
- une approche de la gestion durable de l'eau (ressources, analyse, contrôle) ;
- la gestion des gaz de combustion par absorption.

Programme

Introduction sur l'énergie

- évolution des besoins et des ressources
- impact environnemental
- Information de base sur les combustibles
- problématique de la génération d'énergie

Gestion et traitement de l'eau

- ressources en eau
- traitements amont

Combustion et polluants

- combustion homogène
- combustion avec/sans prémélange

Absorption

- les différents polluants
- les principaux procédés de traitements
- l'absorption isotherme

Une visite de la centrale thermique de Martigues sera organis.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Capacité à adopter une vision globale et appréhender le problème dans sa complexité
- Capacité à modéliser et organiser la résolution
- Capacité à élaborer et appréhender un projet scientifique et technique

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation par projet 100 %

Un projet de dimensionnement d'une centrale thermique sera transmis aux élèves par binôme pour mettre en œuvre l'ensemble des connaissances et des compétences acquises au cours de ce module.

N.B. Pour la mise en place cette année, certaines séances de TD seront spécifiquement adaptées pour le suivi des projets.

Bibliographie

- R.H. Perry et D.W. Green, Perry's chemical engineer's handbook, 8e éd., vol. 38, no. 2. New York, NY: McGraw-Hill, 2008
- D.E. Winterbone, Advanced thermodynamics for engineers. London : Arnold ; New York : J. Wiley & Sons, 1997
- K. Dahm and D. Visco, Fundamentals of Chemical Engineering Thermodynamics, Cengage Learning, 2014

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E2_ENV

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
16	12	0			2	30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Pascal Denis (introduction et thermodynamique) - responsable de l'UE
- Pierre Boivin (combustion)
- Pierrette Guichardon (absorption, traitements des gaz)
- Audrey Soric (gestion de l'eau et développement durable)



Electives

Menu 2 - Energie Electrique

Mohamed Boussak
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Analyser les circuits électriques monophasés et triphasés, équilibrés et déséquilibrés
- Comprendre le fonctionnement et les mécanismes caractéristiques des composants de l'électronique de puissance en commutation
- Acquérir les bases nécessaires à la compréhension des systèmes de conversion d'énergie électrique et électromécanique
- Acquérir les connaissances générales sur le fonctionnement et l'utilisation des convertisseurs électromécaniques (machines tournantes)
- Connaître les propriétés élémentaires des trois types de machines électriques (continu, alternatif et pas-à-pas)
- Permettre aux élèves d'appréhender le développement, la structure et les différentes fonctions des capteurs et actionneurs des systèmes de conversion d'énergie électrique ainsi que leur alimentation électronique
- Permettre aux élèves d'appréhender le développement, la structure et les différentes fonctions constituant les systèmes de conversion d'énergie électrique et électromécanique

Programme

Cours (22 h) :

Circuits électriques (2 h)

Réseaux de distribution d'énergie électrique, circuits équivalents, facteur de puissance, relèvement du facteur de puissance, systèmes équilibrés et déséquilibrés, définitions et calcul et mesure de puissances

Conversion statique de l'énergie électrique (10 h)

- Transformateur monophasé : schéma électrique équivalent et détermination des éléments, transformateur en charge, bilan énergétique, relèvement du facteur de puissance
- Électronique de puissance : principes de l'électronique de puissance, différents types de conversion d'énergie électrique, composants d'électronique de puissance, convertisseurs de base AC-DC, convertisseurs DC-DC (du type Buck et Boost), applications de l'électronique de puissance dans les secteurs d'activités industriels et humains

Conversion électromécanique (10 h)

- Énergies électrique, magnétique et mécanique, calcul de puissance et couple
- Machine à courant continu (MCC) : différents types d'excitation, équations de fonctionnement, caractéristiques, bilan énergétique, entraînement à vitesse variable, moteur universel
- Machine asynchrone (MAS) : création du champ tournant, aspects technologiques, principe de fonctionnement, schéma équivalent monophasé, détermination des éléments du schéma équivalent, caractéristiques du moteur asynchrone triphasé, couple, bilan énergétique, alimentation à fréquence variable
- Machine synchrone (MS) : constitution, aspects technologiques, principe de fonctionnement, description des machines synchrones, calcul de puissance et couple, alimentation à fréquence variable
- Moteur pas-à-pas : principe de fonctionnement, différents types de moteurs pas-à-pas et leurs modes de commande, comportement statique et dynamique, domaines d'utilisation

TD (4 h)

Deux séances de 2 h

TP (4 h) :

Une séance de TP de 4 h :

Simulation d'une machine à courant continu alimentée par un convertisseur DC/DC Buck (hacheur abaisseur) en utilisant Matlab-Simuink

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Capacité de mener une réflexion de type « système »
- Comprendre le fonctionnement des éléments principaux d'un réseau électrique
- Capacité à identifier les éléments nécessaires à la compréhension des systèmes de conversion d'énergie électrique
- Capacité à comprendre les principes élémentaires et la finalité de l'électronique de puissance, étude et analyse des convertisseurs DC/DC Buck, Boost et les convertisseurs AC/DC monophasés commandés et non commandés
- Comprendre le fonctionnement des éléments principaux d'une motorisation électrique (exemple : traction électrique)
- Capacité à appréhender toutes les dimensions scientifiques et techniques de tous les éléments d'une chaîne de conversion d'énergie électrique et électromécanique à partir d'un cahier des charges

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation de 2 h

Bibliographie

- Polycopiés de cours et de TP
- Copie des transparents du cours
- Livres disponibles à la bibliothèque de l'ECM

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E2_ENEL

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
22	4	4		0	30	30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

Mohamed Boussak



Electives

Menu 2 - Enjeux de la chimie moderne

Didier Nuel
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'intérêt croissant pour une industrie chimique plus responsable conduit au développement d'une chimie communément appelée « chimie verte ».
Une facette de cette évolution concerne la catalyse, en particulier la catalyse homogène. Cette option présente une approche originale de la synthèse catalytique.

Programme

Cette option débute par une introduction à la chimie organométallique (autrement dit, la chimie des éléments de transitions).
Les réactions d'oxydations catalytiques ainsi que leurs pendants, les réactions de réductions seront ensuite développées.
Les séances de TD seront consacrées à l'étude de publications concernant des aspects très récents de ces deux types de réactions.
Enfin, des TP permettront d'aborder la mise en œuvre de réactions catalytiques.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

- Un rapport sur une synthèse originale récente
- Des rapports de travaux pratiques

Bibliographie

- Support de cours
- Didier Astruc, Chimie Organométallique, Dunod
- R.H. Crabtree, Chemistry of the transition elements

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E2_ENJ

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
10	4	16				30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Laurent Giordano
- Didier Nuel



Electives

Menu 2 - Intelligence Artificielle et Jeux

Thierry Artieres

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E2_IAJ

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Équipe pédagogique



Electives

Menu 2 - Interaction Matière Rayonnement

Jean Bittebierre
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

1. Notions sur les lasers : comprendre le laser (Le photon et l'électron ; absorption, émissions stimulées et spontanées ; pompage optique ; corps noir). Illustration par les matériaux pour laser en lien avec la physique atomique, et utilisation de lasers dans le reste du cours

2. Interaction laser matière : introduction aux différentes catégories de phénomènes physiques mises en jeu (photo-thermique, photo-ionisation, photomécanique ...)
Illustration par des applications dans les domaines industriels (fabrication additive ou soustractive, traitements thermiques), ou médicaux (traitements cutanés, chirurgie ophtalmique). Mise en pratique par un TP numérique réalisé à l'aide de Comsol, logiciel multiphysique (ex. : soudure par laser)

3. Introduction à la bio photonique : applications des interactions lumière-matière à l'étude de systèmes complexes : des cellules aux tissus. Étude des imageries de fluorescence et des imageries cohérentes pour comprendre le vivant ou faire du diagnostic précoce

4. Physique atomique : étude de l'interaction entre électrons et photons dans les atomes polyélectroniques sous l'effet de phénomènes physiques beaucoup plus fins que ceux vus en physique quantique. Probabilités de transitions entre niveaux d'énergie. Effet Zeeman et Stark de champs statiques externes. Illustration sur les ions de terres rares utilisés dans les amplificateurs pour laser et les télécommunications par fibres optiques, les horloges atomiques, la résonance magnétique...

5. Notions sur l'interaction de la matière avec diverses particules : diffraction de rayons X et neutrons en relation avec de grandes installations à Grenoble (ESRF et ILL)
– <http://www.esrf.eu/>
– <http://www.giant-grenoble.org/fr/institut-laue-langevin-ill/>

6. Audition des exposés des autres élèves : sujets d'application au choix validés par les enseignants et prolongeant le cours

Compétences et connaissances visées dans la discipline

UE donnant les clés pour comprendre réellement l'interaction matière-rayonnement (souvent utilisée, mais seulement abordée dans d'autres UE d'applications), permettant aux élèves d'imaginer et d'innover au-delà de rester de simples utilisateurs :

- Permet la mobilisation d'une culture interdisciplinaire entre matière et rayonnement, quantique, microscopique et macroscopique
- Compréhension du cours exerçant à comprendre et à formuler des problèmes complexes en analysant les différents ordres de grandeur des phénomènes concernés
- Exerce les capacités à approfondir rapidement un domaine tout en appréhendant toutes ses dimensions scientifiques et techniques
- Exposé d'approfondissement exerçant à produire une recherche bibliographique, stimulant l'imagination

Modalités de contrôle des connaissances

- Evaluation écrite (33 %) et contrôle continu (17 %) incitant à assimiler le contenu du cours
- Exposé à sujet libre (50 %) montrant aux élèves qu'ils sont capables de prolonger le cours vers un sujet qui les intéresse particulièrement ou qu'ils ont besoin d'approfondir. Il complète aussi le cours, car les élèves écoutent les exposés d'autres élèves en leur posant des questions.

Bibliographie

Polycopiés de cours ; logiciel Comsol Multiphysics

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E2_INMA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
22	8					30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Jean Bittebierre
- Laurent Gallais
- Nicolas Sandeau



Electives

Menu 2 - The structure of light: Fundamentals and applications

Miguel Alonso
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- 1) To understand the different degrees of freedom of optical fields as well as their constraints based on the fundamental laws they satisfy.
- 2) To know how these degrees of freedom can be tailored in different applications.
- 3) To obtain a global view of the physics of wave fields, emphasizing the many analogies between different physical phenomena.
- 4) To gain a better understanding of the principles behind optical techniques including microscopy, optical tweezers, and metrology.

Programme

In this course we will study the several degrees of freedom inherent to light: its spatial and temporal distributions of phase, intensity, polarization and coherence, as well as the corresponding spectra.

We will explore several geometric descriptions for these degrees of freedom, and the physical rules behind them.

We will also describe several applications such as:

- 1) microscopy, where tailoring of the distribution of light is useful both for illumination of the sample and for extracting information from the image;
- 2) manipulation of cells and nanoparticles through optical tweezers;
- 3) metrology, where the tailoring of the light used to probe a sample can maximize the data extracted from it;
- 4) data transmission, where light can be tailored to permit information multiplexing.

The course will be taught in English and will involve several simulations.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

– C1 Innovation scientifique et technique : Obtaining deep insight into physical phenomena is essential for proposing new applications. Similarly, understanding the analogies amongst different fields provides inspiration for importing ideas from one context to another. This was the case, for example, of the 2018 Nobel Prize in Physics to Gerard Mourou and Donna Strickland, who adapted an idea from radar to optics, opening the door to ultrafast high power lasers.

– C2 Maîtrise de la complexité et des systèmes : The course will stress the intersection of optics with a range of other disciplines.

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 = written, 25 %
- CC2 = written, 25 %
- CC3 = oral, 25 %
- TA = 25 %

Bibliographie

A collection of research articles, tutorials and book chapters will be provided.

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E1_ACA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
20	6	4	8			38

Langue du cours

Anglais

Équipe pédagogique

Miguel A. Alonso



Electives

Menu 2 - Thermomécanique des milieux continus

Olivier Boiron

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Le cours est scindé en deux parties distinctes

- 1^{re} partie : Mécanique des fluides compressibles
 - Acquérir les connaissances nécessaires à la compréhension des écoulements compressibles
 - Connaître les bases théoriques de l'aérodynamique compressible
 - Comprendre les principaux mécanismes induits par les effets de la compressibilité
 - Savoir calculer les caractéristiques d'ondes de choc droites ou obliques
 - Savoir calculer les écoulements dans des tuyères de Laval
- 2^e partie : Comportements thermomécaniques des matériaux solides
 - Connaître les grands types de comportements des solides
 - Comprendre le cadre thermodynamique sous-jacent à tout modèle de comportement
 - Savoir utiliser les modèles les plus courants

Programme

- 1^{re} partie : Mécanique des fluides compressibles
 - Introduction générale - exemples de manifestations de la compressibilité en aéronautique/spatial
 - Rappels de mécanique des fluides
 - Effets de la compressibilité - Ondes de Mach
 - Conservation de l'énergie - Équations de Saint-Venant
 - Application à l'étude de la tuyère de Laval - Choc droit
 - Chocs obliques et chocs courbes
 - Détente de Meyer-Prandtl
- 2^e partie : Comportements thermomécaniques des matériaux solides
 - Thermoélasticité
 - Échangeur thermique
 - Thermoélasticité
 - Autoéchauffement
 - Élastoplasticité
 - Mise en forme des métaux

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Comprendre les bases de la mécanique des fluides compressibles [C2]
- Appréhender les effets de la compressibilité, notamment en aéronautique et en thermopulsion [C2]
- Savoir calculer les caractéristiques d'ondes de choc [C2]
- Comprendre les bases de la thermomécanique des solides [C2]
- Connaître les principaux comportements thermomécaniques des solides [C2]

Modalités de contrôle des connaissances

- DS = Evaluation écrite de 2 x 1 h (85 %)
- CC = un CR de TP (15 %)

Bibliographie

- P.K. Kundu et I.M. Cohen, *Fluid mechanics*, 4^e édition, Elsevier, 2010
- W.E. Carscallen et coll., *Introduction to compressible fluid flow*, CRC Press, 2014
- J. Lemaitre et coll., *Mécanique des matériaux solides*, éd. Dunod, 2009

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E2_THER

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
16	12	2				30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Olivier Boiron
- Thierry Désoyer
- Dominique Eyheramendy
- Yannick Knapp



Electives

Menu 3 - Approfondissement en traitement du signal

Antoine Roueff
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'objectif de cet enseignement est d'illustrer la méthodologie en traitement du signal et des images au travers différentes applications (notamment écholocalisation et imagerie haute résolution), ainsi que de proposer une ouverture sur les métiers d'ingénieurs. Une partie importante de l'enseignement s'effectue autour de travaux pratiques, afin que les étudiants puissent se confronter aux difficultés et comprennent la méthodologie du traiteur de signal. Des séminaires avec des intervenants extérieurs venant de grands organismes et de grandes entreprises du secteur sont organisés, afin de favoriser aussi l'ouverture vers des applications et des métiers.

Programme

Le contexte applicatif de ce cours est la perception de l'environnement. Le programme consiste à présenter cette problématique, puis à résoudre ce problème du point de vue du traitement du signal, afin d'illustrer la méthodologie associée. Pour cet enseignement, les séances de cours et de travaux pratiques s'enchaînent, afin que les élèves puissent se confronter aux difficultés et développent leurs capacités d'analyse. Des séminaires avec des intervenants extérieurs venant de grands organismes et de grandes entreprises du secteur sont organisés, afin de favoriser aussi l'ouverture vers des applications et des métiers. Des applications concrètes avec des signaux acoustiques ainsi qu'une technique d'imagerie haute résolution utilisée en biologie sont mises en œuvre.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Les compétences visées sont le développement de l'esprit critique, la capacité à synthétiser les résultats d'une expérience (en particulier la capacité à prendre en compte l'aléatoire), ainsi que la capacité à formaliser un problème en vue de le résoudre. Cet enseignement vise aussi à approfondir les compétences et les connaissances en traitement du signal.

Modalités de contrôle des connaissances

- Contrôle continu (CC) :
- Un CC : une moyenne robuste d'écrits de 15 min sur table durant les séances de cours 100 % de la note finale

Bibliographie

F. Le Chevalier, Principes et traitement des signaux radar et sonar, publié chez Masson

Crédits ECTS
5

Code de l'UE
ING_2A_S7_E3_APP

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
14		16				30

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
A. Roueff



Electives

Menu 3 - Approfondissement en traitement du signal

Antoine Roueff
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'objectif de cet enseignement est d'illustrer la méthodologie en traitement du signal et des images au travers de différentes applications (notamment écholocalisation et imagerie haute résolution), ainsi que de proposer une ouverture sur les métiers d'ingénieurs. Une partie importante de l'enseignement s'effectue autour de travaux pratiques, afin que les étudiants puissent se confronter aux difficultés, et comprennent la méthodologie du traiteur de signal. Des séminaires avec des intervenants extérieurs venant de grands organismes et de grandes entreprises du secteur sont organisés, afin de favoriser aussi l'ouverture vers des applications et des métiers.

Programme

Le contexte applicatif de ce cours est la perception de l'environnement. Le programme consiste à présenter cette problématique, puis à résoudre ce problème du point de vue du traitement du signal, afin d'illustrer la méthodologie associée. Pour cet enseignement, les séances de cours et de travaux pratiques s'enchaînent, afin que les élèves puissent se confronter aux difficultés, et développent leurs capacités d'analyse. Des séminaires avec des intervenants extérieurs venant de grands organismes et de grandes entreprises du secteur sont organisés, afin de favoriser aussi l'ouverture vers des applications et des métiers. Des applications concrètes avec des signaux acoustiques ainsi qu'une technique d'imagerie haute résolution utilisée en biologie sont mises en œuvre.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

– Les compétences visées sont le développement de l'esprit critique, la capacité à synthétiser les résultats d'une expérience (en particulier la capacité à prendre en compte l'aléatoire), ainsi que la capacité à formaliser un problème en vue de le résoudre.
– Cet enseignement vise aussi à approfondir les compétences et les connaissances en traitement du signal.

Modalités de contrôle des connaissances

Un CC écrit 100 % de la note finale

Bibliographie

F. Le Chevalier, Principes et Traitement des Signaux Radar et Sonar, publié chez Masson

Crédits ECTS
5

Code de l'UE
ING_2A_S7_E3_APP

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
14		16				30

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
A. Roueff



Electives

Menu 3 - Capteurs en instrumentation

Alain Kiliidjian
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

En complément des enseignements d'électronique et d'automatique linéaire pour aborder l'étude des systèmes et la mise en œuvre de leur exploitation
L'ambition de cet enseignement est de permettre à l'ingénieur de dégager des critères pertinents pour orienter le choix d'un capteur et de son environnement électronique (conditionneur) à partir d'un cahier des charges ; l'environnement ainsi que l'exploitation des capteurs seront développés et étudiés en travaux pratiques sur des systèmes de nature différente.

Programme

Objectifs du programme

Les capteurs sont multiples et touchent tous les domaines de la mesure et de l'instrumentation. Leur diversité rend leurs choix souvent difficiles à établir ; l'objectif de cet enseignement est de s'intéresser à l'exploitation d'un phénomène physique pour générer une information utilisable dans le cadre d'un contrôle de processus.

Description du programme

Notions abordées :

- Caractéristiques métrologiques des capteurs (grandeurs d'influence, erreurs sur la mesure, étalonnage du capteur, limites d'utilisation, sensibilité, rapidité, temps de réponse...)
 - Les différents principes physiques utilisés pour la conception des capteurs
 - Capteurs passifs et capteurs actifs
 - Conditionnement du signal pour les capteurs passifs et actifs
 - Capteurs traités suivant leurs applications (température, pression, position...)
- Étude pratique d'un système comportant des capteurs de natures différentes

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Cet enseignement complète dans la formation la mise en application de l'approche « système », incontournable dans :

- le développement des innovations techniques et scientifiques ;
 - la résolution des problèmes complexes et transdisciplinaires.
- Il permet d'évaluer l'aptitude de l'élève à choisir les bons indicateurs d'un système, et à les exploiter pour superviser ou contrôler ce système.

Modalités de contrôle des connaissances

- Travail personnel : exposé, 25 % ; rendu écrit, 25 %
- Projet : compte rendu, 50 %

Bibliographie

- Documents des constructeurs
- G. Hasch, *Les capteurs en instrumentation industrielle*, Dunod

Crédits ECTS
5

Code de l'UE
ING_2A_S7_E3_CAP

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
10	4	16				30

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
Alain Kiliidjian



Electives

Menu 3 - Dynamique des milieux continus

Fabien Anselmet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Poursuivre/approfondir la formation en mécanique des milieux continus en insistant sur les mouvements et les phénomènes dynamiques.

En particulier :

– Connaître les notions de base utilisées par les ingénieurs dans le domaine de la dynamique, des vibrations et de l'acoustique dans les fluides et les solides. Sur la base d'une série de travaux pratiques et de deux cours fondamentaux réduits à l'essentiel, on présente et on modélise un certain nombre de phénomènes dynamiques, de nature vibratoire ou acoustique, qui se manifestent dans ces milieux. On illustre comment les ingénieurs les utilisent pour la conception, l'optimisation, la surveillance ou la maintenance des systèmes mécaniques industriels.

– Connaître les bases et les propriétés essentielles de la turbulence, afin de pouvoir traiter et modéliser les diverses situations pratiques qui apparaîtront en S9 ou lors de cursus en mobilité internationale. On posera les bases théoriques qui permettent d'analyser et de modéliser les phénomènes associés aux écoulements turbulents. Cela permet de faire prendre conscience aux élèves que, dans la nature et l'industrie, les écoulements sont essentiellement turbulents. Traiter ces écoulements requiert des compétences et des outils (à la fois analytiques et de modélisation) spécifiques qui sont très différents de ceux utilisés pour les écoulements laminaires (vus en 1^{re} année).

Programme

Pour la partie sur la dynamique, les vibrations et l'acoustique, quelques exemples de TP qui complètent les deux séances de cours :

- Détermination expérimentale d'un mode de vibrations
- Reconstruction d'un mouvement par superposition modale
- Mesure de puissance acoustique d'une source
- Mesure des propriétés absorbantes de matériaux
- Analyse audio de signaux acoustiques, niveaux et indicateurs sonores
- Calcul numérique des modes de structures avec les logiciels Abaqus et Matlab (par la méthode des éléments finis et la méthode de Ritz)

Pour la partie sur l'initiation à la turbulence en mécanique des fluides :

Quatre séances de cours sur :

- Apparition de la turbulence, transition laminaire/turbulente, nécessité d'un traitement statistique (décomposition de Reynolds)
- Équations de bilan pour les grandeurs moyennes, tensions de Reynolds, énergie cinétique de la turbulence
- Modélisations de base (longueur de mélange, viscosité turbulente), échelles caractéristiques, spectre de Kolmogorov
- Application au cas du mélange d'un scalaire, diffusivité turbulente, analogie avec la marche aléatoire (mais avec des échelles de longueur et de vitesse caractéristiques de l'écoulement et non pas du fluide comme en régime laminaire)

Ces quatre séances de cours sont complétées par des séances de TD (4 TD de 2 h), afin d'illustrer les notions présentées en cours par quelques exemples concrets.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

– C1 : Innovation scientifique et technique :

par exemple, pour se préparer à un stage S8 en laboratoire dans l'un de ces domaines ou à un cursus académique à l'international dans une spécialité liée à la mécanique où ces notions seront reprises de façon beaucoup plus approfondie

– C2 : Maîtrise de la complexité et des systèmes :

→ Apprendre à modéliser et analyser un problème, en choisissant la méthode et/ou le niveau de modélisation le plus pertinent (C2)

→ Maîtriser les bases des méthodes de modélisation/simulation numérique associées à ces types de situations pour, par exemple, faire le stage 2A dans l'un des domaines concernés (C2)

→ Savoir interpréter des résultats d'expérience (C2)

Modalités de contrôle des connaissances

– Cinq épreuves de TP notées (organisation en binômes ou en trinômes avec un compte rendu obligatoire à la fin de chaque séance) (50 %)

– Une épreuve écrite sur la turbulence de 2 heures (50 %)

Bibliographie

M. Abid, F. Anselmet et C. Kharif, Instabilités hydrodynamiques et Turbulence, Cépaduès Éditions (2017)

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E3_DYN

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
12	8	10				30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

Enseignants de mécanique de l'ECM :

- F. Anselmet
- S. Bourgeois
- M. Jaeger
- C. Maury
- D. Mazzoni
- E. Sarrouy



Electives

Menu 3 - Hyperfréquences et Radiofréquences

Jean Bittebierre
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Après avoir assimilé quelques bases théoriques au fondement de l'électronique rapide, cette option aide à comprendre le fonctionnement hardware d'un grand nombre d'applications très actuelles dans les domaines :

- du signal (ADSL, téléphonie mobile, WIFI, étiquettes électroniques = RFID, télépéage, radio et TV) ;
- de la mesure (radar, résonance magnétique) ;
- de l'énergétique (four micro-ondes, séchage, normes de sécurité).

Programme

Dans l'horaire limité du cours, après les bases théoriques, l'accent est mis sur les applications signal, et aussi chauffage en lien avec les normes de sécurité. Les autres applications juste signalées sont développées uniquement pendant les exposés des élèves intéressés lors de l'évaluation.

Avec ou sans fil, les hyperfréquences (Gigahertz) et radiofréquences (Mégahertz) occupent le domaine électromagnétique compris entre l'optique et l'électronique basse fréquence. Sans fil, on utilise des antennes disposées dans le milieu de propagation pour émettre et recevoir. Avec fil, on ne parle plus de fils, mais de lignes (par exemple, câble coaxial) ou de guides d'ondes (par exemple, propagation de l'onde dans un tuyau métallique), qui, contrairement à un fil en BF, ne se comportent pas comme des courts-circuits ! En particulier, il existe un courant seulement superficiel dans les conducteurs, et des ondes électromagnétiques dans leur environnement. Dans les deux cas, on utilise des sources et des récepteurs très particuliers à ces fréquences. Les enseignements présentés en cours seront illustrés par des simulations numériques et des travaux pratiques.

- Sources et détecteurs
- Modulation et démodulation
- Propagation en espace libre :
 - Antennes
 - Applications sans fil : téléphonie mobile, WIFI, RFID, télépéage, radio et TV
- Propagation guidée (circuits hyperfréquence) :
 - Guides d'ondes et cavités (ex. : four), lignes de transmission, adaptation d'impédance, notions sur quelques composants
 - Simulation numérique (licence multiposte du logiciel haut de gamme Fimmwave de Photon Design)
- Chauffage – séchage micro-ondes et effets biologiques (normes de sécurité du téléphone portable)
- Travaux pratiques expérimentaux

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- UE abordée simultanément par l'aspect circuit et par l'aspect ondes électromagnétiques (à ces fréquences existe un courant superficiel dans les conducteurs, et des ondes électromagnétiques dans leur environnement). Les concepts électromagnétiques introduits pourront être utilisés dans d'autres options (ex. : fibres optiques).
- Le chauffage hyperfréquence est une application pluridisciplinaire (propagation des ondes EM, thermiques, physiques microscopiques).
- La simulation numérique et l'expérimentation sont abordées.
- La discussion des fréquences autorisées et des normes de sécurité permet d'exercer le sens critique sur les aspects réglementaires et les enjeux sociétaux.
- L'exposé exerce à l'initiative, à l'approfondissement et à l'extension autodidacte des connaissances.

Modalités de contrôle des connaissances

- Exposé en présence des autres élèves (75 %). Approfondissement d'une application choisie par chaque élève. Une bonne assimilation des compétences de base permet un exposé à un niveau plus approfondi
- TP expérimentaux et simulation numérique (25 % en CC)
- Bonus-malus : 0,25 point de malus par absence, 3 points de bonus au plus pour la participation active aux cours

Bibliographie

- Présentations de cours sur Moodle
- Licence multiposte du logiciel professionnel Fimmwave de Photon Design

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E3_FRE

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
20	2	8				30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Jean Bittebierre
- Fabien Lemarchand



Electives

Menu 3 - Informatique Théorique

Pascal Prea
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E3_INF

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Équipe pédagogique



Electives

Menu 3 - Matériaux Semi-Conducteurs, propriétés et Applications

Laurent Gallais
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Connaître les processus physiques de base à l'œuvre dans le fonctionnement des composants semi-conducteurs (structure de bande, densités d'états, distribution des porteurs de charge, mobilité, génération/recombinaison...), et le fonctionnement des composants élémentaires (différents types de jonctions)
- Mettre en œuvre ces connaissances pour comprendre et dimensionner des applications dans le domaine de la photonique sur la base de considérations scientifiques, technologiques et économiques

Programme

Les semi-conducteurs sont présents dans la plupart des appareils électroniques et optoélectroniques. Ils ont un fonctionnement dual complexe, qui leur permet d'avoir, suivant les conditions d'utilisation, les propriétés d'un conducteur et les propriétés d'un isolant. Cet électif a pour but d'enseigner les éléments de base de la physique des semi-conducteurs, et, en particulier, des interactions lumière-matière dans ces matériaux, pour aborder leurs applications les plus courantes dans le domaine de la génération et de la détection de lumière (télécoms, éclairage, photovoltaïque).

Le cours est divisé en trois parties :

- Partie 1 : Introduction aux matériaux semi-conducteurs et composants de base
- Partie 2 : Interactions photons – semi-conducteurs, diodes électroluminescentes
- Partie 3 : Photovoltaïque, des ressources aux derniers développements

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Dans le cadre du référentiel centralien, les compétences et les connaissances visées correspondent essentiellement au Thème 1 « Innovation scientifique et technique ». L'option vise au développement du socle de connaissances scientifiques et techniques, notamment dans les domaines liés au high-tech à fort potentiel d'innovation.

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation de 2 h

Bibliographie

B.E.A. Saleh et M.C. Teich, Fundamentals of Photonics, 3e édition, John Wiley & Sons, Inc. [2019]

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E3_MAT

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
						30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Laetitia Abel-Tiberi
- Caroline Fossati
- Laurent Gallais-During (responsable)



Electives

Menu 3 - Microcontrôleurs et leur environnement

Thierry Gaidon
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'objectif de ce cours est de présenter les notions de base nécessaires à la compréhension des microprocesseurs, et leur intégration dans des systèmes concrets. Être capable de travailler sur des systèmes à base de microcontrôleurs et de les choisir. Mise en œuvre des méthodes de conception de description du besoin et traduction en matériel et maquette réelle. Capacité à concevoir et à réaliser des maquettes réelles.

Programme

L'évolution de la microélectronique a permis, notamment, grâce au concept « VLSI (Large Scale Integration) » intégrant plusieurs milliers de portes sur un même substrat et à la maturité de la technologie MOS caractérisée par sa faible consommation, de regrouper une unité centrale d'ordinateur dans un seul circuit intégré appelé « micro-processeur ».

Grâce aux progrès de l'intégration, l'augmentation des performances a porté sur la vitesse de fonctionnement, la largeur des mots traités (8, 16, 32, 64 bits), le nombre et la complexité des opérations réalisables. L'intégration a également permis de rassembler le microprocesseur et les éléments associés (mémoire, organes d'entrée-sortie...) au sein d'un seul circuit appelé « microcontrôleur ». Ce type de composant s'est répandu et spécialisé dans un très grand nombre de domaines (télécommunications, multimédia, électronique grand public...).

Le but de cet enseignement est de se familiariser avec le fonctionnement et l'utilisation des microcontrôleurs, qui sont des composants électroniques clés et incontournables. Après une description des composants et des fonctions logiques de base pour le fonctionnement interne d'un microprocesseur, on prendra des exemples concrets de systèmes électroniques pour mettre en œuvre facilement des microcontrôleurs. Les circuits périphériques seront détaillés et les solutions alternatives (DSP, FPGA, microcontrôleur) seront étudiées ; l'aspect pratique sera abordé.

Les séances de travaux pratiques auront pour objet de familiariser chaque élève à la compréhension de la structure des microcontrôleurs et de les programmer grâce à un environnement de développement professionnel adapté et facile à utiliser. On pourra réaliser des systèmes tels que commande de moteurs, pilotage de réseau, communication de données, pilotage de robots...

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu : une note de contrôle continu (devoir surveillé et rendu de travaux pratiques)

Bibliographie

Notes de cours, formulaires constructeurs des composants utilisés

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E3_MIC

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
14	8	8				30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

– Thierry Gaidon

– Carole Fossati



Electives

Menu 3 - Philosophie économique

Laetitia Piet

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Les objectifs de cet électif sont de sensibiliser les étudiants à la lecture des réponses apportées aux questions sociales à partir des concepts de libertés et d'égalités, et de les faire réfléchir aux liens entre les constructions des politiques économiques et sociales et les représentations possibles des rapports qui se nouent entre l'homme et la société.

- Savoir analyser la construction des différents critères de justice sociale et comprendre les modélisations associées
- Connaître et comprendre les liens entre critère de justice et conception de l'être humain et de la société
- Savoir analyser les liens entre les modèles de justice sociale et les politiques économiques et sociales.

Programme

Chapitre 1 : L'approche philosophico-économique

Chapitre 2 : Libre arbitre et déterminisme

Chapitre 3 : Contingence, nécessité et théorie économique des choix rationnels

Chapitre 4 : Les conceptions welfaristes de la justice

Chapitre 5 : Les conceptions post-welfaristes de la justice

Chapitre 6 : Les conceptions critiques de la justice

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C2 : Complexité. Les thématiques abordées par cet électif permettent de relier les dimensions sociales, politiques, économiques, normatives des phénomènes contemporains. Il participe au développement de l'esprit critique et de la capacité à argumenter.
- C5 : Vision et stratégie. Cet électif participe à une meilleure connaissance des évolutions du monde contemporain et des grands enjeux qui le traversent.

Modalités de contrôle des connaissances

Dossier écrit de cinq pages maximum sur un thème choisi par l'étudiant en concertation avec l'enseignant.

Bibliographie

– M. Fleurbaey, Théories économiques de la justice, Economica, 1996

– P. Grill, Enquête sur les libertés et l'égalité, éditions Matériologiques, 2016-2018

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E3_PHI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
20	10					30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

Philippe Grill (AMSE)



Electives

Menu 3 - RIS (Rechercher, Identifier, Séparer)

Didier Nuel
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

La séparation des composants d'un mélange, leur identification et leurs quantifications sont des problématiques quotidiennes pour les chimistes de synthèse, aussi bien au laboratoire que dans l'industrie.

Cette option vise à aborder les différents aspects de ce problème sous la forme de mini-projets, dans lesquels une petite équipe sera amenée à déterminer une méthode de séparation des constituants d'un mélange pour ensuite les caractériser et, bien sûr, les quantifier.

Programme

La majorité des créneaux sera consacrée à de la pratique à la plateforme de chimie. Il s'agira de déterminer et d'appliquer la meilleure méthode pour séparer les composants d'un mélange (connu à l'avance).

Ensuite, il faudra quantifier et proposer des méthodes d'identification des différents composants du mélange.

Parmi les mélanges proposés les années précédentes, on peut citer les colorants, des principes actifs de médicaments ou des composants de denrées alimentaires (chocolat ou thé, par exemple).

Il y aura également quelques présentations de techniques modernes d'identification et de quantification de composés :

Par exemple :

- Dichroïsme circulaire vibrationnel
- RMN et méthodes avancées

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Un rapport écrit et une présentation orale du projet

Bibliographie

- F. et A. Rouessac, Analyse chimique, Collection Sciences Sup, Dunod
- West et Holler, Chimie analytique de Skoog, De Boeck Université
- Holler et Nieman, Principes d'analyse instrumentale de Skoog, De Boeck Université
- Sources multiples sur les différentes techniques dans les « Techniques de l'ingénieur »

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E3_RIS

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
6		24				30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Innocenzo De Raggi
- Didier Nuel



Electives

Menu 3 - Stratégie et Organisation Industrielle

Dominique Henriot
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
5

Code de l'UE
ING_2A_S7_E3_STR

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Équipe pédagogique



Electives

Menu 3 - Systèmes biologiques et ingénierie

Audrey Soric
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E3_SYS

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Équipe pédagogique



Electives

Menu 3 - Systèmes hyperboliques, théorie et application

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_2A_S7_E3_SHT

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours

Équipe pédagogique



SEMESTRE

8

Les briques du vivant

Bio-Ingénierie

Jaeger Marc

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

La complexité de la matière vivante émerge de son organisation multiéchelle et c'est l'objet de cette unité d'enseignement que d'en donner une vision globale. Une approche pluridisciplinaire est indispensable pour y arriver. Aborder l'étude d'un objet, d'un matériau, d'un système, avec la vision de disciplines différentes, montre tout l'intérêt d'une formation pluridisciplinaire pour les nouveaux défis scientifiques, technologiques et sociétaux.

Programme

L'objet de cette unité d'enseignement est le matériau biologique dans une vision multiéchelle, de l'échelle nano-moléculaire et cellulaire jusqu'à l'échelle humaine, en passant par l'échelle mésoscopique de la circulation des biofluides et macroscopique des tissus. Elle se décompose ainsi en quatre parties :

- « briques de base », qui décrit la matière vivante à l'échelle moléculaire et cellulaire ;
- « matière molle et microfluidique », qui, en intégrant l'organisation moléculaire dans une approche de thermodynamique statistique, conduit à une description de champ moyen et, finalement, de milieu matériel continu ;
- « modélisation des tissus », qui intègre les données structurales des tissus de l'échelle microscopique à l'échelle humaine, dans une description de biomécanique des milieux continus ;
- « anatomie et pathologie », qui décrit le fonctionnement et les dysfonctionnements biomécaniques du corps humain.

Contenu détaillé des enseignements dans la documentation en ligne sur le site Web de l'école (en français et en anglais)

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Les disciplines impliquées sont la chimie, la physique, la mécanique, ainsi que la modélisation mathématique et numérique. Cet enseignement complète les autres enseignements portant sur la structure de la matière et son comportement. La matière vivante est largement reconnue aujourd'hui comme une source d'inspiration prometteuse. On parle généralement de « biomimétisme » ou encore de matériaux « bio-inspirés ».

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu

Bibliographie

- B. Alberts, A.D. Johnson, J. Lewis, D. Morgan, M. Raff, K. Roberts et P. Walter, *Molecular Biology of the Cell*, Garland Science, 2015
- J.N. Israelachvili, *Intermolecular and interface forces*, Academic press, 2011
- S.C. Cowin, *Tissue mechanics*, Springer, 2007
- A.I. Kapandji, *Anatomie fonctionnelle*, Maloine, 2018

Crédits ECTS

6

Code de l'UE

ING_S8_BIO_BRI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
74	0	4	0	0	0	78

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Karine Alvarez
- Anais Baudot
- Stéphane Betzi
- Stéphane Canaan
- Alexandre Martinez
- Marc Jaeger
- Jean-Marie Rossi
- Stéphane Bourgeois
- Serge Mesure



Imagerie et Thérapies par Ondes

Bio-Ingénierie

Gaëlle Georges

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

À l'issue de cette unité d'enseignement, les élèves auront une bonne connaissance des fondements et des possibilités offertes par l'imagerie médicale (de l'interaction ondes-matière au traitement des données). 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, avec une appréciation des contraintes médicales.

Programme

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. Cette unité d'enseignement se décompose ainsi en trois parties :

- « microscopie cellulaire et subcellulaire » ;
- « imagerie médicale et thérapie » ;
- « traitement des images ».

Contenu détaillé des enseignements dans la documentation en ligne sur le site Web de l'école (en français et en anglais)

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Cet enseignement permet d'élargir les concepts de base de physique, de mécanique ou de traitement d'images à l'imagerie et la thérapie par ondes (appliqués au vivant). Ces techniques passent par l'analyse de l'information issue de l'interaction entre les ondes et la matière, afin d'obtenir une image et/ou un effet sur la matière utile pour la thérapie, puis au traitement de l'information utile pour le diagnostic, la reconstruction ou le suivi. Les étudiants pourront analyser le contexte socio-économique lié à l'imagerie médicale et à la thérapie grâce à la présentation des enjeux liés à chaque technique, et ainsi mesurer le potentiel d'innovation. Des travaux pratiques permettront par ailleurs de concrétiser ces différentes notions.

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu

Bibliographie

- M. Locquin et M. Langeron, Handbook of Microscopy, Butterworth-Heinemann, 1983.
- V. Tuchin, Tissue optics: Light scattering methods and instruments for medical diagnosis, SPIE Press, 2015
- J. Beutel, R. Van Metter et H. Kundel, Handbook of Medical Imaging : Physics and Psychophysics, SPIE Press, 2000
- I.N. Bankman, Handbook of Medical Image Processing and Analysis, Academic Press, 2009

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_S8_BIO_IMA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
51	0	17	0	0	0	68

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Gaëlle Georges
- Hervé Rigneault
- Carine Guivier-Curien
- Philippe Lasaygues
- Serge Mensah
- Salah Bourennane
- Caroline Fossati
- Thierry Gaidon



Biotechnologies et Thérapies chimiques

Bio-Ingénierie

Jaeger Marc
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Le développement d'un médicament est un chantier à paramètres multiples qui comprend des contraintes réglementaires, temporelles, sociétales et une composante d'innovation. Il y a, en outre, un cahier des charges complexe à intégrer (efficacité, disponibilité, innocuité, etc.). C'est donc un domaine par excellence où les solutions émergent de la capacité à mobiliser des compétences complémentaires et à aborder un problème multiparamètres. L'étude du cycle de développement et de vie d'un composé pharmaceutique illustre la pluridisciplinarité requise dans le secteur, et montre tout l'intérêt d'une formation généraliste pour les nouveaux défis scientifiques, technologiques et sociétaux.

Programme

Le cœur de cette unité d'enseignement concerne la création et la mise sur le marché de nouveaux principes actifs et dispositifs biotechnologiques. Il s'agit de stimuler la capacité à inventer des solutions créatives, ingénieuses, originales au travers de ce qui a été produit dans le passé et est développé aujourd'hui. En outre, une grande partie de l'enseignement est consacrée à la bio-informatique et aux biotechnologies qui visent à utiliser génomes, biomolécules, cellules et tissus pour créer des dispositifs innovants répondant à des *challenges* humains du futur. Cette unité d'enseignement se décompose ainsi en quatre parties :

- « stratégie thérapeutique moléculaire » ;
- « procédés pharmaceutiques » ;
- « bio-informatique » ;
- « biochimie inorganique et chimie bio-inspirée ».

Contenu détaillé des enseignements dans la documentation en ligne sur le site Web de l'école (en français et en anglais)

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Cette unité d'enseignement mobilise les connaissances en génie des procédés et chimie pour les aspects pharmaceutiques et pour l'étude bio-inorganique des systèmes vivants conduisant à une chimie biomimétique. Ils mobilisent aussi des compétences en mathématiques discrètes et informatique fondamentale pour la bio-informatique. Les connaissances apportées complètent celles déjà acquises dans ces disciplines, et sont utiles en soi. Le domaine en lui-même est propice à stimuler l'imagination, puisqu'il est en prise directe avec le monde du vivant, qui, par sa créativité longue de plusieurs millions d'années d'évolution, est la plus riche des sources d'inspiration pour l'homme.

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu

Bibliographie

- Ng. Rick, *Drugs : from discovery to approval*, Wiley-Liss, 2004
- J.W. Mullin, *Crystallization*, Butterworth Heineman, 2001
- O. Papini et H. Prade, *L'intelligence artificielle : frontières et applications*, Cépaduès, 2014
- J.E. Huhey, E.A. Keiter et R.L. Keiter, *Inorganique Chemistry*, De Boeck, 2004

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_S8_BIO_PHA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
59	0	9	0	0	0	68

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Karine ALVAREZ
- Stéphane BETZI
- Stéphane CANAAN
- Philippe ROCHE
- Nelson IBASETA
- Anaïs BAUDOT
- Léo LOPEZ
- Élisabeth REMY
- Alexandre MARTINEZ



Planète BIO

Bio-Ingénierie

Jaeger Marc
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'objectif de cette unité d'enseignement est l'ouverture au secteur socio-économique, en offrant la possibilité aux étudiants d'interagir avec le milieu professionnel. Son positionnement est donc hors des frontières de la formation académique habituelle. L'objet est de permettre aux étudiants de sortir du cadre de l'école pour s'ouvrir plus largement au secteur. Le S8 Bio-ingénierie leur offre un aperçu très large en allant à la rencontre de la communauté biologie et santé d'Aix-Marseille ou, éventuellement, en réalisant un projet.

Programme

La bio-ingénierie est l'exemple par excellence d'un secteur d'activité émergent en plein essor, dont l'accroissement se nourrit en permanence des découvertes scientifiques et technologiques issues des laboratoires de recherche publics et privés. Avec un effectif de chercheurs et de praticiens hospitaliers exceptionnel, avec une richesse de laboratoires permettant de couvrir un très large spectre de recherche en bio-ingénierie, le site d'Aix-Marseille offre une belle occasion de comprendre les enjeux de ce secteur, pour ceux qui acceptent de sortir des murs de l'école.

Contenu détaillé des enseignements dans la documentation en ligne sur le site Web de l'école (en français et en anglais)

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Le mode d'évaluation est lui-même original. Il porte, notamment, sur le savoir-être, évalué par l'engagement dans les activités proposées et par l'attitude adoptée lors des rencontres avec le milieu professionnel. Il comporte également la réalisation d'un reportage audiovisuel de quelques minutes (clip), compétence de plus en plus demandée de nos jours. Une formation spécifique est prévue sur cet aspect en début de semestre.

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu, clip vidéo

Bibliographie

Sans objet

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_S8_BIO_BIO

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
26	0	0	0	20	0	46

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Gaëlle Georges
- Marc Jaeger
- Jean-Marie Rossi



Au-delà du modèle

Dynamique - Mutations - Crises

Alain Kilidjian
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

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

Au niveau plus général, cette UE a pour but de fournir aux élèves les compétences et connaissances leur permettant de prendre conscience de la limite de la modélisation des systèmes complexes.

Programme

Modélisation de tendance et détection de rupture (10 h : 5-3-2-0)

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 (16 h : 6-2-8-0)

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 (4 h : 4-0-0-0)

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.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Capacité à inventer des solutions créatives, ingénieuses, originales
- Capacité à mobiliser une culture scientifique/technique (transdisciplinarité et/ou spécialisation)
- Capacité à comprendre et formuler le problème (hypotheses, ordres de grandeur, etc.)
- Capacité à proposer un ou plusieurs scénarios de résolution

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 : Modélisation de tendances (devoir maison) 40 %
- CC2 : Commande floue (compte rendu) 30 %
- CC3 : Commande floue (programme) 30 %

Bibliographie

Documents de cours – photocopiés selon intervenant

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_S8_DMC_DELA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
15	5	10				30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Alain Kilidjian
- Intervenant en mathématiques



Gestion des crises : applications physiques et chimiques

Dynamique - Mutations - Crises

Frédéric Schwander
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Savoir quand et comment on doit utiliser les techniques et sciences de l'aléatoire, des statistiques et de la complexité. Illustrer ces notions autour d'applications de différentes natures
- Ouvrir l'esprit, avoir une certaine maîtrise des concepts des sciences de l'information, de la physique, de la chimie et qui répondent aux problèmes posés
- Faire le lien avec les outils mathématiques associés
- Développer l'envie d'être acteur du domaine
- Développer une vision globale

Programme

- Volet 1 : Information, complexité et risque statistique (10-8-0-6)
- Rappels sur les probabilités et la théorie statistique classique
 - Théorie statistique du risque pour la décision ou l'estimation
 - Éléments de théorie de l'information
 - Éléments sur la complexité de Kolmogorov
 - Inférence de loi de probabilité et principe du maximum d'entropie
 - Complexité stochastique et application à l'estimation de l'ordre d'un modèle
 - Exemple d'application en physique

Volet 2 : Phénomènes chimiques non linéaires (3-10-0-3)

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, 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 concrète. Leurs natures et leurs enjeux seront tout d'abord présentés, puis nous nous attacherons à leur caractérisation dans quelques cas judicieusement choisis.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et des problématiques qu'il rencontre.

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 : Compte rendu sur le volet 1, 70 %
- CC2 : Écrit sur le volet 2, 30 %

Bibliographie

Documents de cours – selon l'intervenant

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_S8_DMC_CRIS

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
13	18			9		40

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Nelson Ibaseta (volet 2)
- Philippe Réfrégier (volet 1)



Instabilités dynamiques et transport chaotique

Dynamique - Mutations - Crises

Frédéric Schwander
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Savoir 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
- Connaître le concept d'instabilité, identifier son apparition à travers plusieurs applications
- Connaître les propriétés d'un système hamiltonien, identifier les points critiques dans l'espace des phases, appréhender le chaos déterministe dans un système hamiltonien, appréhender le transport dans un système chaotique

Programme

Partant des équations générales de la mécanique 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 aéroélastique d'une aile, d'un pont ; instabilité au sol d'un hélicoptère

On étudie le comportement d'un système hamiltonien chaotique et les phénomènes de transport. La notion de transport est illustrée par des applications numériques exploitant l'analogie entre les systèmes hamiltoniens et les fluides incompressibles.

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

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Maîtrise de la complexité et des systèmes

L'UE permet de développer les outils théoriques nécessaires à la compréhension des instabilités des systèmes chaotiques. Elle contribue à permettre aux élèves d'appréhender la richesse de comportements d'un système dynamique, à leur apporter les outils pour les décrire à travers des applications issues de la mécanique.

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 : Instabilités dynamiques dans les milieux continus (TP), 40 %
- CC2 : Transport chaotique et stratégies de contrôle : applications aux fluides (TP), 30 %
- DS1 : Transport chaotique, 30 %

Bibliographie

Polycopié de cours.

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_S8_DMC_INST

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
9	6	22	0	0	0	37

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Guido Ciruolo
- Bruno Cochelin
- Emmanuelle Sarrouy
- Frédéric Schwander



Modélisation mathématique et statistique des systèmes complexes

Dynamique - Mutations - Crises

Christophe Pouet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Crédits ECTS
6

Code de l'UE
ING_S8_DMC_MOMS

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Connaître la théorie des systèmes dynamiques en temps discret et continu
- Connaître la théorie de la stabilité
- Connaître la théorie des équations différentielles
- Connaître la théorie de l'estimation et de la détection pour les phénomènes extrêmes
- 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 d'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

Modélisation mathématique de systèmes complexes I et II (30 h : 9-7-14-0)
Modèles discrets, systèmes dynamiques continus, méthodes numériques associées ; équations aux dérivées partielles, méthodes numériques et exemples d'applications en biologie

Le système de Lorenz : un modèle simple en météorologie (15 h : 10-5-0-0)
Introduction générale [la météorologie, la découverte de Lorenz, la convection de Rayleigh-Bénard et le système de Lorenz] ; instabilité de Rayleigh-Bénard [théorie de la stabilité linéaire ; équations fondamentales et approximation de Boussinesq ; écoulement de base et linéarisation des équations ; équations sans dimension : nombres de Rayleigh et de Prandtl ; transition de la conduction à la convection] ; chaos [notion d'attracteurs et sensibilité aux conditions initiales ; étude du système de Lorenz. Simulations numériques du système de Lorenz]

Valeurs extrêmes (15 h : 6-6-3-0)
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 : 5-2-8-0)

Compétences et connaissances visées dans la discipline

L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et des problématiques qu'il rencontre.

Modalités de contrôle des connaissances

DS1 : Systèmes dynamiques 20 %
CC1 : Systèmes dynamiques (devoir maison) 12 %
CC2 : Systèmes dynamiques (TP) 8 %
DS2 : Modèle de Lorenz 14 %
CC3 : Modèle de Lorenz (TP) 6 %
CC4 : Valeurs extrêmes (interrogations) 20 %
CC5 : Détection d'anomalies (TP) 20 %

Bibliographie

Polycopié de cours en anglais

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
30	20	25				75

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
- Guillaume Chiavassa
- Jacques Liandrat
- Malek Abid



Modélisations économiques et financières : le besoin de régulation

Dynamique - Mutations - Crises

Frédéric Schwander
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Partie I : Économie de l'environnement et des ressources
Ce cours propose une introduction aux problématiques de l'économie de l'environnement et des ressources naturelles. En mobilisant les outils d'optimisation dynamique étudiés dans les autres cours du parcours, nous parcourons un ensemble de problématiques usuelles du domaine : le problème du gestionnaire d'une mine, modèles proies-prédateurs, modèles de pêcheries. En outre, une partie plus « statique » du cours s'intéresse au besoin de régulation (et aux outils disponibles) pour corriger les externalités.

Partie II : Croissance et crises économiques
Ce cours vise à présenter aux étudiants les principaux facteurs expliquant la croissance économique d'un pays sur le long terme. La présentation de ces facteurs se fait au travers d'évidences empiriques et de faits stylisés, qui servent à établir les éléments de réflexions mobilisés lors de la modélisation théorique de la croissance économique.

Programme

Partie I : Économie des ressources
I. Introduction
II. La gestion optimale d'un stock de ressources non renouvelables
III. Modèles de populations
IV. Dynamique des pêcheries
V. Besoin et instruments des politiques environnementales
VI. Gestion d'un polluant stock, analyse théorique et numérique

Partie II : Croissance et crises économiques
I. Introduction : les régularités empiriques et les faits stylisés de la croissance économique
II. Les modèles de croissance exogènes
III. Introduction aux modèles

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Les principales compétences génériques du profil centralien développé par cet enseignement sont les compétences C2, C3 et C5.
L'objet du cours, et plus largement du parcours, porte sur la compétence C2.
Le recours à la théorie économique contribue à la compétence C5.
Enfin, la compétence C3 est développée par la méthode d'évaluation de l'UE.

Modalités de contrôle des connaissances

CC : devoir maison 100 %
L'évaluation de l'UE est constitué d'un projet en groupe. Une partie du projet se rapproche d'un DM faisant la synthèse des deux cours composant l'UE. La deuxième partie du projet invite les étudiants à poursuivre le DM par le développement de mini-travaux de recherche.

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING_S8_DMC_MODF

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
36	4					40

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Nicolas Clootens
– Nicolas Abad



Optimisation et application au contrôle

Dynamique - Mutations - Crises

Guillaume Graton
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

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 ou d'un point de vue dynamique, tels 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 de Pontryagin, au principe d'optimalité de Bellman. Cela conduira à l'équation de Riccati et la résolution des équations algèbro-différentielles. Différents exemples illustratifs seront traités.

Programme

Le cours est composé de deux parties.

La partie I porte sur l'optimisation statique, elle vise à acquérir les notions suivantes :

- 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.

La partie II porte sur l'optimisation dynamique et le contrôle optimal ; elle vise à acquérir les notions suivantes :

- 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.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Le contrôle continu vise l'acquisition des compétences suivantes :

- C1 Thème 1 : niveau intermédiaire
- C1 Thème 2 : niveau novice/intermédiaire

L'évaluation et le contrôle continu visent l'acquisition des compétences :

- C2 Thème 1 : niveau compétent
- C2 Thème 2 : niveau intermédiaire

Modalités de contrôle des connaissances

Les MCC sont décomposées en deux parties :

- 66 % évaluation écrite de 2 h sans document, calculatrice autorisée
- 34 % compte rendu des deux TP (optimisation statique et optimisation dynamique)

Bibliographie

- G. Allaire et S.M. Kaber, Algèbre linéaire numérique, Ellipses, 2002
- P.G. Ciarlet, Introduction à l'analyse numérique matricielle et à l'optimisation, Dunod, 1998
- M. Bergounioux, Optimisation et contrôle des systèmes linéaires, Dunod, 2001
- B. d'Andréa-Novel et M. Cohen de Lara, Cours d'automatique, commande linéaire des systèmes dynamiques, École des Mines de Paris, 2000

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_S8_DMC_OPTI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
14	10	14				38

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Guillaume Graton
- Samia Mellah
- Taki-Eddine Korabi
- Youssef Trardi



Chimie durable

Environnement : Management et technologies

Damien Herault
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

La chimie durable concerne l'industrie des procédés de transformation de la matière. Ce module apporte les bases essentielles de la chimie et des procédés verts, et permet de comprendre les possibilités de recyclage et de symbioses industrielles, qui sont présentées dans l'UE « Économie circulaire ». Il s'agit donc de découvrir et de s'approprier les méthodes basées sur le développement de technologies chimiques innovantes et propres associées, axées sur la volonté de mettre en œuvre des procédés propres (moins polluants et/ou moins consommateurs en matières premières ou en énergie), mais aussi sur l'utilisation de matériaux biosourcés. La chimie durable est sous-tendue par la réglementation chimique européenne, REACH, et les notions ou principes basés sur l'écoconception et l'économie circulaire sont bien sûr en lien direct avec la chimie durable.

Programme

Le programme de l'UE aborde les aspects de durabilité, les 12 principes de la chimie verte, la catalyse en phase homogène et hétérogène, la biocatalyse, les nouveaux milieux réactionnels, les matières premières renouvelables, ainsi que les nouveaux concepts guidant la recherche et le développement dans ce domaine (comme le biomimétisme).

Plus précisément, l'UE s'articule autour des thèmes suivants :

- introduction à la chimie verte, vers une économie biosourcée ?
- sûreté sanitaire et environnementale : REACH, nouvelle réglementation chimique européenne
- agroressources
- réduction des quantités de matières. Solvants alternatifs
- catalyse (organocatalyse / biocatalyse / catalyse homogène)
- travaux pratiques
- procédés verts : les cellules vues comme des usines vivantes, intensification et économie d'énergie

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C1 : Innovation scientifique et technique
- Développement de nouveaux procédés plus économes et/ou plus efficaces, en se basant sur une connaissance pointue des principes de base
- C2 : Maîtrise de la complexité et des systèmes
- Meilleure gestion de la chaîne production, utilisation des ressources, traitement des déchets, économie circulaire

Modalités de contrôle des connaissances

- Chimie verte : évaluation, 25 %
- Chimie verte : contrôle continu, 25 %
- Chimie verte : travaux pratiques, 30 %
- Procédés verts : contrôle continu, 20 %

Bibliographie

- S. Antoniotti, *Chimie verte Chimie durable*, Ellipses Marketing (2013)
- J. Augé et M.-C. Scherrmann, *Chimie verte : Concepts et applications*, EDP Sciences/CNRS (2016)

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_S8_EDD_CHDU

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
28	6	8				42

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- D. Herault (ECM)
- Intervenants extérieurs



Economie circulaire

Environnement : Management et technologies

Christian Jalain
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'UE s'appuie sur chimie durable (outils technologiques) et management de l'environnement (outils managériaux), elle apporte les outils d'éco-conception, l'ensemble permettant de transformer les déchets en nouvelles ressources, et au-delà de construire l'écologie industrielle. C'est vraiment la tendance actuelle de l'économie.

Cette UE fait intervenir des compétences transversales dans la formation de l'ingénieur ECM. Les différentes disciplines concernées sont le génie des procédés, le génie industriel et la chimie, ainsi que les méthodes d'analyse du cycle de vie (ACV) qui se sont beaucoup développées depuis quelques années.

L'objectif principal est de comprendre les enjeux environnementaux, sociétaux et économiques liés aux industries qui transforment les ressources en produits.

Programme

- Découvrir l'outil "bilan carbone" de l'ADEME, outil d'évaluation des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) d'une entreprise ou d'un site et également, outil d'aide pour définir une stratégie en matière de management énergétique en vue de faire des économies au niveau des dépenses énergétiques.
- Connaître la structure multi critères, multi étapes d'une démarche d'éco conception (suivant la norme française du même nom) et les contraintes difficiles que rajoute la prise en compte de l'environnement dans la conception technico-économique habituelle.
- Découvrir la méthode ASIT qui est une extraction appliquée et abordable développée plus récemment par Roni Horowitz à partir des principes TRIZ.
- Connaître la méthode d'évaluation normalisée « Analyse de Cycle de Vie » des impacts d'un système industriel sur l'environnement.
- Passer d'une chaîne de transformation ressource-produit-déchet à des procédés dans lesquels les déchets constituent de nouvelles ressources est un des grands enjeux de l'industrie de transformation du XXIème siècle.
- Dans la partie valoriser, une approche globale des procédés de transformation de la matière permet de comprendre l'intégration des filières et apporte des éléments de choix des différents modes de recyclage ou valorisation des effluents ou déchets. Des exemples industriels de valorisation des déchets ouvrent des perspectives de chimie durable et d'écologie industrielle.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C1 : Innovation scientifique et technique
En lien avec les enseignements des autres UE de ce parcours S8, savoir poser un diagnostic pour ensuite proposer des processus de fabrication ou de valorisation/traitement des déchets permettant d'établir un cycle plus vertueux allant dans le sens de l'économie circulaire (C1)
- C2 : Maîtrise de la complexité et des systèmes :
– Maîtriser les méthodes d'évaluation de l'impact environnemental d'un processus ou d'une filière de fabrication ou de conception (C2)
– Savoir interpréter les résultats de telles analyses et trouver les étapes ou procédés susceptibles d'améliorations significatives (C2)
– Savoir modéliser et analyser un processus ou une filière de fabrication ou de conception (C2)

Modalités de contrôle des connaissances

Ecoconception Contrôle continu 30 %
Analyse de cycle de vie Contrôle continu 30 %
Symbioses industrielles Projet en binôme 40 %

Bibliographie

Nombreux articles dans la Revue des Techniques de l'Ingénieur

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_S8_EDD_ECCI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
25	12	12		4		53

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

C. Jalain (ECM)

Intervenants extérieurs



Effluents et pollutions

Environnement : Management et technologies

Audrey Soric
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'UE concerne les traitements des effluents et la modélisation de leur diffusion dans l'environnement. Elle est en lien fort avec l'UE surveillance (détection et mesure des pollutions) et l'UE économie circulaire (valorisation des déchets). L'objectif de l'UE est d'avoir un large aperçu des techniques de traitement des effluents, et, en particulier, des eaux usées, si possible en vue de leur réutilisation d'une part, ainsi que des méthodes de suivi des pollutions en rivière.

De façon détaillée, l'UE est organisée autour des thématiques suivantes :

– Traitement des effluents : (33 h)
Traitement de l'eau
Membranes
Phytotechnologies : sols et eaux
Visite site (STEP Marseille)

– Diffusion dans l'environnement : (13 h)
Modélisation de la dispersion de polluants en rivière
Transferts de radionucléides en rivière

Programme

Après une introduction concernant l'eau (ressources, demandes, qualité et principaux polluants), la filière classique de traitement d'eau est présentée. Un focus particulier sera ensuite fait sur les opérations unitaires suivantes : décantation, coagulation – floculation, filtration, et séparations membranaires barométriques.

La seconde partie présente tout d'abord, en associant cours et exercices, les caractéristiques principales des écoulements en rivières ou en canaux, ainsi que différentes problématiques qui sont liées, notamment, aux propriétés d'érosion ou de stabilité des grains solides (en particulier les sédiments) qui constituent le fond et les berges. Ces éléments de modélisation théorique sont à la base des méthodes employées dans le modèle numérique de transferts/dispersion de radionucléides en rivières, qui est ensuite présenté sous forme d'étude de cas, la partie liée à la dynamique sédimentaire jouant un rôle prépondérant pour ce type de polluants, qui se fixent en grande partie sur les sédiments de taille plus petite qu'environ 50 microns.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

– C1 : Innovation scientifique et technique
– Développement de nouveaux procédés plus économes et/ou plus efficaces, en se fondant sur une connaissance pointue des principes de base
– C2 : Maîtrise de la complexité et des systèmes
– Meilleure gestion de la chaîne production/traitement des déchets, afin de se rapprocher au maximum des objectifs de développement durable et, si possible, de valorisation des effluents (processus lié à l'économie circulaire)

Modalités de contrôle des connaissances

– Traiter les effluents : évaluation 2 h (50 %)
– TP GP : travaux pratiques (20 %)
– Modéliser (rivières) : évaluation 1 h 30 (30 %)

Bibliographie

Nombreux articles dans la *Revue des Techniques de l'Ingénieur*

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_S8_ENV_EFPO

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
26	14	4		2		46

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

– A. Soric
– P. Guichardon
– N. Ibaseta
– F. Anselmet (ECM)
– Intervenants extérieurs du secteur industriel



Management environnemental

Environnement : Management et technologies

Fabien Anselmet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Le management environnemental s'inscrit dans une perspective de développement durable. L'UE intègre au niveau de l'entreprise les composantes techniques, réglementaires, comportementales et économiques au niveau de l'entreprise et positionne le rôle et les missions de l'ingénieur. Elle est en lien fort avec l'UE sur l'économie circulaire. Pour ce qui est des aspects réglementaires, on s'intéresse en particulier à la responsabilité sociétale (ou sociale) des entreprises (RSE) et à la norme ISO 14000, qui sont les piliers du management environnemental. Les enjeux économiques sont abordés sous l'angle de la science économique appliquée à l'économie de l'environnement et au développement durable (afin de, par exemple, analyser les mécanismes économiques, comprendre l'évolution d'une société face à une rareté des ressources, prévoir ce qu'il peut se passer...).

Programme

La partie sur le management et les réglementations a pour objectif de faire comprendre et intégrer au quotidien la prise en compte de l'environnement indispensable à tout responsable dans une entreprise, dans ses composantes techniques, réglementaires, comportementales et économiques. L'objectif étant d'être en capacité de hiérarchiser les principaux enjeux environnementaux pour une entreprise, de construire des démarches environnementales et de réaliser des audits environnementaux. Le but étant d'être en mesure de construire, de mettre en œuvre et d'améliorer un système de management environnemental.

La partie de l'UE sur l'économie de l'environnement s'articule autour de cinq points principaux : introduction à l'économie de l'environnement ; intégration des enjeux environnementaux dans la prise de décision ; évaluation des politiques publiques et mise en place d'indicateurs et de la sensibilité du consommateur aux enjeux environnementaux ; étude des rapports de développement durable et présentation des travaux [ce travail collectif a pour but d'étudier la politique de développement durable de quelques grandes entreprises françaises, avec une synthèse à l'oral en cours de 15 min et un rapport écrit à rendre au dernier cours].

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C1 : Innovation scientifique et technique
- C2 : Maîtrise de la complexité et des systèmes
- C3 : Direction de programme
- C5 : Vision stratégique
- Savoir faire une analyse ou un diagnostic d'une entreprise par rapport aux problèmes de management environnemental (C1 + C2 + C3 + C5)
- Être conscient et bien au fait des principales contraintes réglementaires liées au management environnemental (C1 + C2 + C3 + C5)

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation écrite (2 h) 100 %

Bibliographie

- M.-P. Grèvéche et L. Vaute, *Au cœur de l'ISO 14001:2015 : Le système de management environnemental au centre de la stratégie*, AFNOR (2015)
- L. Abdelmalki et P. Mundler, *Économie de l'environnement et du développement durable*, De Boeck (2015)
- T. Tietenberg et coll., *Économie de l'environnement et du développement durable*, PEARSON (2013)
- Articles dans la *Revue des Techniques de l'Ingénieur*

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_S8_EDD_MENV

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
32	6	8				46

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- J. Gazérian (ECM)
- Intervenants extérieurs



Projet

Environnement : Management et technologies

Fabien Anselmet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Mettre en œuvre les différentes connaissances et compétences apprises au fil de la formation, qu'elles soient techniques ou organisationnelles
- Savoir aborder un problème réel et ses différentes contraintes
- Savoir compléter ses connaissances et compétences selon les besoins du projet
- Trouver ces informations au-delà du cercle habituellement mis en œuvre à l'école
- Travailler en équipe et en interface avec un mandataire
- Structurer son travail dans le temps

Programme

- Différents sujets sont proposés en début de semestre (début ou mi-mars) et traités chacun par un groupe de deux à trois étudiants. Ces sujets sont des points d'intérêt pour les mondes de la recherche académique (et/ou industrielle) et l'industrie.
- L'encadrement est assuré par un ou deux enseignants ou collaborateurs extérieurs.
- Une demi-journée par quinzaine environ y est dédiée (30 h en tout).
- Le projet se conclut par une soutenance et la remise d'un rapport.

Quelques exemples de sujets des années précédentes :

- Fumées des navires dans le port de Marseille (enseignant ECM)
- Solvant vert (enseignant ECM)
- Proposer un sujet de journée d'ouverture 1A lié au développement durable (enseignant ECM)
- Moustiques : étude de la toxicité des bornes antimoustique (Techno-Beam)
- La remédiation des sols pollués (Novachim)
- Étude du gisement d'emballages industriels plastiques et métalliques (Novachim)
- Optimisation environnementale de la filtration des HAU (Oleo-déclic)
- Récupération de l'humidité atmosphérique par des filets « attrape-brouillard » (UTECH, Lima)
- Stockage et traitement des terres générées lors de grands travaux (Geosafe)

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Savoir aborder et décomposer un problème complexe (C2)
- Savoir proposer des solutions innovantes, mais réalistes (C1)
- Savoir répartir les tâches à effectuer selon les envies ou les compétences de chaque membre du groupe (C3)
- Savoir structurer son travail dans le temps (C3)
- Savoir rendre compte de ses travaux (C3)
- Savoir trouver une organisation au sein d'un groupe et en interface avec des collaborateurs extérieurs (C4)

Modalités de contrôle des connaissances

- Rapport final : 0,4
- Soutenance : 0,4
- Travail effectué : 0,2

(avis du ou des encadrants)

Bibliographie

- Cours du S8 qui correspondent au sujet et tout autre document disponible au centre de doc ou en ligne (techniques de l'ingénieur, notamment)
- Cours des autres semestres sur le management et la gestion de projet (si nécessaire, pour se remémorer les points importants)

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_S8_EDD_PROJ

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
				30		30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Enseignants de l'ECM
- Encadrants extérieurs (industriels ou autres)



Surveillance de la qualité environnementale

Environnement : Management et technologies

Mireille Guillaume
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'UE regroupe des outils de mesure de la qualité des eaux, de l'atmosphère et de l'environnement sonore. En lien avec le management de l'environnement (normes, surveillance du territoire) et effluents et pollutions propres (traitement des effluents et des pollutions et modélisation de la diffusion des pollutions).

L'objectif est de donner au futur ingénieur des méthodes et des outils pour la géosurveillance (en milieu naturel et urbain) et la détection de pollutions, quelle que soit l'échelle d'analyse. Ces outils lui permettront de comprendre/développer l'intégralité de chaînes de surveillance environnementale, qui va de l'acquisition des données par des capteurs dédiés jusqu'au traitement de l'information, qui prend en compte la modélisation des phénomènes physiques. Les domaines de surveillance abordés vont de la pollution atmosphérique chimique à la prévision et la réduction du bruit en milieu urbain et à l'état des surfaces continentales (végétation) par imagerie.

Programme

Cette UE traite des outils de détection des indicateurs de pollution, à l'échelle locale et globale, avec les capteurs et mesures pour l'environnement et la géosurveillance. Elle aborde également des problématiques liées à la pollution acoustique environnementale, de façon à obtenir des améliorations de l'environnement sonore (en lien avec la notion de ville silencieuse durable).

1. Capteurs et mesures pour l'environnement (J. Bittebierre et D. Nuel)

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. L'accent est mis sur les capteurs les plus utilisés pour des mesures localisées de précision, et sur les composants destinés à la saisie des mesures par imagerie [capteurs optiques, dont LIDAR [radars optiques de surveillance fondés sur le laser] et caméra hyperspectrale [caméra qui fournit pour chaque point de l'image saisie la composition de son spectre], capteurs chimiques et capteurs de gaz].

2. Télédétection (R. Marion et A. Roueff)

Méthodes de télédétection pour la géosurveillance et la caractérisation de pollutions. Il est possible d'extraire des informations pertinentes sur l'état des végétations, des sols et des mers à partir de capteurs embarqués (multi-spectral ou radar). Nous verrons comment fonctionne la télédétection et comment mettre en œuvre des algorithmes pour la cartographie au travers de plusieurs exemples d'application.

3. Pollutions acoustiques (C. Maury et D. Mazzoni)

On s'intéressera aux pollutions acoustiques en extérieur ou dans les bâtiments, en s'appuyant, notamment, sur la caractérisation du champ acoustique et des sources, et sur le traitement à l'aide d'écrans acoustiques. Est aussi incluse une conférence sur la technique acoustique pour la prévention des risques de stockage de CO₂.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

– C1 : Innovation scientifique et technique

–> Être capable de suivre le développement (notamment au niveau du traitement informatique des données) de méthodes nouvelles ou plus performantes (C1)
–> Être capable d'encadrer la mise en place d'une technique de suivi dans un contexte nouveau (C1)

– C2 : Maîtrise de la complexité et des systèmes :

–> Savoir analyser un problème lié à des pollutions (C2)
–> Maîtriser les méthodes expérimentales à ces types de situations de façon à proposer une méthode de suivi adaptée, en mettant en œuvre les techniques de détection et de suivi les plus pertinentes (C2)
–> Savoir interpréter des résultats d'expérience, et savoir identifier des situations problématiques (pannes, bruits de fond anormaux, dysfonctionnements divers) (C2)

Modalités de contrôle des connaissances

– CC1 (partie « Télédétection ») : une moyenne de comptes rendus - coefficient = 40 % de la note finale

– CC2 (partie « Capteurs ») : exposé + bonus sur TD - coefficient = 30 % de la note finale

– CC3 (partie « Acoustique ») : rendu de projet - coefficient = 30 % de la note finale

Bibliographie

– Georges Asch et coll., *Les capteurs en instrumentation industrielle*, 5^e édition, Dunod, 1999
– Frédéric P. Miller, *Acoustique environnementale*, Alphascript Publishing, 2010
– Nombreux articles dans la *Revue des Techniques de l'Ingénieur*

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_S8_ENV_SQEN

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
20	12	12			2	46

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

– J. Bittebierre et D. Nuel : 6 h de CM, 4 h de TD, 2 h de TP

– F. Anselmet : 2 h de visite

– C. Maury et D. Mazzoni : 2 h de CM, 4 h de TD, 2 h de TP

– A. Roueff : 4 h de CM, 4 h de TP

– R. Marion (CEA) : 2 h de CM, 4 h de TP

– Intervenants extérieurs (CEA, LMA/CNRS, Atmo Sud) : 6 h de CM, 4 h de TD



D'autres énergies pour demain ? Les exemples de la biomasse et de l'hydrogène

Energie Durable

Fabien Anselmet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Bien identifier, comprendre et maîtriser les enjeux et les défis à relever en vue d'une utilisation grand public des technologies impliquant la biomasse et l'hydrogène

Programme

Le cours comprend à parts égales des éléments sur les bioénergies et sur l'hydrogène et les piles à combustible. En outre, quatre heures sont réservées pour l'énergie géothermique. Pour ce qui concerne les bioénergies, une séance introductive de cours permet de positionner le problème et les enjeux. Les autres séances sont centrées sur des études de cas et du travail personnel encadré autour de points bien précis liés, notamment, à l'éthanol [analyse globale du procédé, prétraitements, procédés de distillation, bilans énergétiques associés...]. Pour la partie sur l'hydrogène et les piles à combustibles, les séances de cours associent du cours magistral et des séances d'exercices/travaux dirigés. On présentera, en particulier, les aspects thermodynamiques sous-jacents liés aux réactions d'oxydoréduction qui permettent de bien comprendre le fonctionnement des piles et les enjeux technologiques qui sont impliqués dans leur optimisation. Les aspects liés à la sécurité et aux normalisations en cours de développement pour ces systèmes seront aussi exposés, ainsi que des exemples d'installations et de dispositifs existants tant dans le domaine des transports que pour des applications stationnaires.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C1 : L'ingénieur centralien crée de la valeur par l'innovation scientifique et technique.
- C2 : L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et des problématiques qu'il rencontre.
- C3 : L'ingénieur centralien conduit des programmes.
- C4 : L'ingénieur centralien *manage* de façon éthique et responsable.

Modalités de contrôle des connaissances

DS + CC

Bibliographie

A.V. da Rosa, Fundamentals of Renewable Energy Processes, Academic Press, 2012

Crédits ECTS

2

Code de l'UE

ING_S8_ENE_BIHY

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
18	12					30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Fabien Anselmet
- Pascal Denis



Energie nucléaire

Energie Durable

Frédéric Schwander
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

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.

Programme

– Introduction : la physique nucléaire, réactions de fission, réactions de fusion.

Module Fission :

- Architecture et fonctionnement des réacteurs nucléaires REP et RNR (J.C. Klein)
- Principes de base des systèmes nucléaires (J.C. Klein)
- Le combustible des réacteurs nucléaires (Y. Pontillon)
- Retour sur les 3 grands accidents nucléaires : TMI, Tchernobyl et Fukushima – enseignements pour la sûreté nucléaire (Y. Pontillon)
- Sûreté Nucléaire (J.C. Klein)

Module fusion :

- Introduction de la fusion contrôlée (C. Grisolia)
- Physique de la fusion nucléaire et quantification du rendement dans un réacteur (C. Grisolia)
- Physique du plasma et confinement magnétique (F. Schwander)
- Lois d'échelles pour la conception d'un réacteur à fusion (F. Schwander)
- Physique de l'interaction plasma/paroie (G. Ciraolo)
- Situation actuelle de la recherche sur la fusion – les objectifs et défis d'ITER (G. Ciraolo)

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C1 L'ingénieur centralien crée de la valeur par l'innovation scientifique et technique
- C2 L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et des problématiques qu'il rencontre
- C3 L'ingénieur centralien conduit des programmes
- C4 L'ingénieur centralien manage de façon éthique et responsable

Modalités de contrôle des connaissances

Devoirs surveillés

Bibliographie

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_S8_ENE_ENUC

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
30	10	20				60

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

Y. Pontillon
J.C. Klein
C. Grisolia
F. Schwander
G. Ciraolo



Energie solaire

Energie Durable

Laetitia Abel-Tiberini
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Parmi les énergies durables disponibles, l'énergie issue du rayonnement solaire est très abondante et renouvelable. Cette ressource peut être utilisée directement sous forme de chaleur (solaire thermique) ou bien être transformée en électricité (centrales thermiques ou bien transformation directe par effet photovoltaïque). Par son abondance, l'énergie solaire prend une part de plus en plus importante dans les ressources mondiales. Nous étudierons dans cette UE ses caractéristiques, les technologies qui y sont associées pour avoir tous les outils nécessaires au dimensionnement d'installations et à la compréhension des enjeux socio-économiques et scientifiques actuels.

Cette UE se situe au croisement de plusieurs disciplines : électronique, optique, optronique, physique, thermique.

Programme

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, CZTS

– Cellules couches minces organiques et hybrides

– Concepts avancés : structures de surface, cristaux photoniques, plasmonique, structures quantiques, concentration ...

– 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

Compétences et connaissances visées dans la discipline

C1 : L'ingénieur centralien crée de la valeur par l'innovation scientifique et technique.

C2 : L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et des problématiques qu'il rencontre.

C3 : L'ingénieur centralien conduit des programmes.

C4 : L'ingénieur centralien *manage* de façon éthique et responsable.

Modalités de contrôle des connaissances

DS

Bibliographie

A.V. da Rosa, Fundamentals of Renewable Energy Processes, Academic Press, 2012

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_S8_ENE_ESOL

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
36						36

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

– Laetitia Abel-Tiberini

– Jean Bittebière

– Daniel Roux



Energies marine éolienne et hydraulique

Energie Durable

Fabien Anselmet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Bien identifier, comprendre et maîtriser les enjeux et les critères de dimensionnement et d'optimisation des technologies et dispositifs impliquant les énergies marines, éoliennes et hydrauliques.

Programme

De façon générale, le cours est partagé en trois parties : celle sur l'énergie des océans (vagues, hydroliennes...), celle sur l'énergie hydraulique/hydroélectricité, et celle sur les éoliennes. Pour chacune de ces trois parties, les séances associent des cours magistraux (qui fixent le cadre théorique et les lois physiques qui sous-tendent le fonctionnement des différents dispositifs) et des exercices/travaux dirigés (qui permettent de concevoir et dimensionner des installations). Parmi les concepts à considérer, des critères spécifiques liés au couplage entre les dispositifs mécaniques et les dispositifs électriques sont à prendre en compte dans le dimensionnement. Également, la gamme de puissance visée ou requise (qui peut aller de quelques Watts à plusieurs Giga Watts) impacte le choix de la technologie optimale.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

C1 : L'ingénieur centralien crée de la valeur par l'innovation scientifique et technique.
C2 : L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et des problématiques qu'il rencontre.
C3 : L'ingénieur centralien conduit des programmes.
C4 : L'ingénieur centralien manage de façon éthique et responsable.

Modalités de contrôle des connaissances

Devoir surveillé.

Bibliographie

Les petites centrales hydroélectriques : Conception et calcul, par D. Le Gourières, publié par les Éditions du Moulin Cadiou en 2009. Disponible au centre de documentation de l'école

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_S8_ENE_EMEH

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
50						50

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

– Fabien Anselmet
– Michel Benoit
– Mohamed Boussak



Introduction aux enjeux énergétiques et aspects transverses et sociétaux

Energie Durable

Thierry Gaidon
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Prendre conscience de l'importance de l'enjeu énergétique durable pour la société
- Développer une culture générale autour de la thématique de l'énergie
- Connaître les mécanismes économiques liés au milieu de l'énergie
- Découvrir, par le biais de visite industrielle, la réalité des installations énergétiques

Programme

- Introduction sur la notion d'énergie
- Classement des énergies
- Gisements et ressources énergétiques
- Importance géopolitique des différentes ressources énergétiques
- Mécanismes et modèle économiques spécifiques au milieu de l'énergie
- Visites industrielles : CEA Cadarache, usine hydro-électrique

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C1 : L'ingénieur centralien crée de la valeur par l'innovation scientifique et technique.
- C2 : L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et des problématiques qu'il rencontre.
- C3 : L'ingénieur centralien conduit des programmes.
- C4 : L'ingénieur centralien manage de façon éthique et responsable.
- C5 : L'ingénieur centralien s'inscrit dans une vision stratégique et sait la mettre en œuvre.

Modalités de contrôle des connaissances

CC et DS

Bibliographie

A.V. da Rosa, Fundamentals of Renewable Energy Processes, Academic Press, 2012

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_S8_ENE_INEE

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
34						34

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Thierry Gaidon
- Pascal Denis
- Nicolas Cloutens



Notions énergétiques transverses : transport, conversion, stockage et énergie électrique

Energie Durable

Mohamed Boussak
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Présenter les différents aspects transverses tels que les différentes formes de conversion d'énergie, le transport d'énergie, les consommations et les réseaux intelligents *Smart grids*
- Maîtriser les éléments de base de la conversion d'énergie primaire en énergie électrique en passant par le transport, le stockage, les consommations et les *Smart grids*
- 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

Programme

- 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, éoliennes) : 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, électro-ménager, éclairage, bâtiments...)
- Stockage de l'énergie électrique (accumulateurs chimiques, pile à combustible, super condensateur, volant d'inertie...)
- Présentation des réseaux de distribution intelligents *Smart grids*, 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...)

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C1 : L'ingénieur centralien crée de la valeur par l'innovation scientifique et technique.
C2 : L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et des problématiques qu'il rencontre.
C3 : L'ingénieur centralien conduit des programmes.
C4 : L'ingénieur centralien manage de façon éthique et responsable.

Modalités de contrôle des connaissances

Devoir surveillé

Bibliographie

Polycopié de cours

Crédits ECTS

2

Code de l'UE

ING_S8_ENE_NOET

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
20						20

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

– Mohamed Boussak
– Thierry Gaidon



Projet

Energie Durable

Fabien Anselmet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Appréhender la complexité de la mise en œuvre d'un projet d'énergie durable dans une ville de la région Sud
- Comprendre les mécanismes de décisions locales, départementales, régionales, nationales, voire européennes
- Prendre en compte les enjeux énergétiques, socio-économiques et financiers de ce type de projet
- Mettre en œuvre les connaissances acquises lors de l'ensemble des enseignements du parcours

Programme

Par groupe, les étudiants se voient attribuer une ville de la région Sud, en vue de proposer un projet d'énergie durable. Ils devront réaliser une analyse énergétique locale, faire le point sur les ressources disponibles, tenir compte des finances de la ville actuelle et à venir.

Les villes ont de typologies différentes (tourisme, industrie, situation géographique particulière, taille, finance, etc.).

Plusieurs jalons sont proposés pour servir de point d'étape dans la mise en place de leur projet. Dans certains cas, des contacts peuvent être pris avec les services des villes concernées.

La restitution du projet est l'occasion de mettre en œuvre des compétences de communication, mais aussi d'analyse critique pour les étudiants qui intégreront le jury.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C1 : L'ingénieur centralien crée de la valeur par l'innovation scientifique et technique.
- C2 : L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et des problématiques qu'il rencontre.
- C3 : L'ingénieur centralien conduit des programmes.
- C4 : L'ingénieur centralien manage de façon éthique et responsable.
- C5 : L'ingénieur centralien s'inscrit dans une vision stratégique et sait la mettre en œuvre.

Modalités de contrôle des connaissances

Rapport de groupe et présentation

Bibliographie

Atlas régional de l'énergie

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_S8_ENE_PROJ

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
				30		30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Thierry Gaidon
- Pascal Denis



Codage et Recherche de l'Information

Sciences de l'information et société numérique

Pascal Prea
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

La recherche et l'extraction de l'information consistent 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.

Programme

Text mining (8 h CM, 12 h TP : E. Daucé)

Ce cours porte sur l'analyse des données textuelles par des moyens algorithmiques.

Images (4 h CM + 8 h TP : M. Roche). Perception visuelle humaine et TP en tatouage d'image et en qualité de l'image en utilisant les aspects de la vision humaine

Information quantique (6 h CM : T. Durt)

La théorie de l'information quantique résulte du métissage de deux théories majeures du XX^e siècle, à savoir la théorie quantique et la théorie de l'information. Le but du cours est de donner un aperçu de cette nouvelle discipline et de faire la part des choses entre utopies théoriques et réalisations pratiques.

Cryptographie (5 h CM : P. Préa, 2 h CM : T. Durt)

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. Ce cours est la suite du cours de cryptographie de l'UE ESN, où l'on a présenté un panorama de différentes techniques.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Développer des innovations techniques et scientifiques (capacité à stimuler son imagination, capacité à analyser le contexte, capacité à mobiliser une culture scientifique/technique, capacité à inventer des solutions créatives, ingénieuses, originales)
- Résoudre des problèmes complexes et transdisciplinaires (capacité à comprendre et formuler le problème, capacité à prendre en compte l'incertitude générée par la complexité, capacité à converger vers une solution acceptable)
- Élaborer et conduire des projets scientifiques et techniques internationaux (capacité à approfondir rapidement un domaine)

Modalités de contrôle des connaissances

Un CC (écrit + compte rendu) 100 % de la note finale

Bibliographie

Aucune

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_S8_SIS_CRI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
25		20				45

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- E. Daucé
- T. Durt
- P. Préa
- M. Roche



Enjeux Stratégiques du Numérique

Sciences de l'information et société numérique

M. Roche

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Ce module s'appuie sur différentes disciplines pour présenter les enjeux stratégiques du numérique. Le but de cet enseignement est de donner aux élèves une bonne connaissance des enjeux, des ordres de grandeur, de l'évolution et des performances dans le numérique et l'informatique industrielle. La représentation et la modélisation des connaissances et du raisonnement sont aussi étudiées, car elles sont très utilisées, notamment en IA.

Programme

Aléatoire et déterminisme en science et technologie (4 h de CM, 2 h de TD : Ph. Réfrégier)
Rappels sur l'introduction de l'aléatoire dans la physique du XX^e siècle, ses conséquences, et discussion sur son rôle dans les technologies de traitement de l'information

Économie (2 h de CM, 3 h de TP [soutenance], 3 h de projet : D. Henriot)
– croissance et diffusion des technologies de l'information et du numérique

Apprentissage et *Deep Learning* (4 h CM : Th. Artières)
Les enjeux stratégiques du *Deep Learning* et de l'apprentissage sont présentés.

Neurosciences computationnelles (6 h CM : E. Daucé)
Cours d'ouverture présentant les principales problématiques liées à la modélisation du traitement de l'information dans le cerveau.

Perception visuelle humaine (4 h CM : M. Roche)
Quels sont les facteurs qui peuvent expliquer notre perception du monde qui nous entoure ?
Différents aspects seront étudiés : anatomique, psychologique, cognitif.

Cryptographie (3 h CM : P. Préa) : cryptographie

Problématique de la représentation des connaissances (10 h CM : C. Jazzar)
Travaillant sur des représentations symboliques des connaissances et utilisant la notion d'heuristique, les systèmes d'intelligence artificielle (IA) permettent une correspondance avec le monde réel.

Traitement matériel de l'information (6 h CM : F. Fossati)
Face à l'évolution extrêmement rapide des composants électroniques et de leur technologie, tout ingénieur doit avoir une culture générale dans ce domaine qui lui permette d'être à même d'anticiper les mutations technologiques et de s'y adapter.

Séminaires (4 h de CM) : extérieurs

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Ce module vise à donner une vision large des enjeux économiques, scientifiques et technologiques dans le domaine du numérique.
Il vise ainsi à développer la capacité à définir une stratégie à long terme et à identifier les interactions entre éléments.

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 : « Aléatoire et déterminisme en science et technologie » et « Perception visuelle humaine » un écrit sur table de 40 min = 23 %
- CC2 : « Économie » un oral = 18 %
- CC3 : « Neurosciences computationnelles » un compte rendu = 14 %
- CC4 : « Cryptographie » un CR = 8 %
- CC5 : « Représentation des connaissances » moyenne de trois écrits de 20 min en séances de cours = 23 %
- CC6 : « Traitement matériel de l'information » un CR = 14 %

Bibliographie

Aucune

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_S8_SIS_ESN

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
43	2	3		3		51

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- T. Artières
- E. Daucé
- C. Fossati
- D. Henriot
- C. Jazzar
- P. Préa
- Ph. Réfrégier
- M. Roche



Information et Classification

Sciences de l'information et société numérique

Antoine Roueff
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'objectif est de fournir aux élèves les fondements de la théorie de l'information et de ses applications dans les domaines variés du numérique, de la physique et de la reconnaissance des formes.

Au cours de séances de travaux pratiques, les élèves pourront se familiariser avec des techniques de classification des données et d'apprentissage, en abordant, notamment, les techniques fondées sur les réseaux de neurones.

Programme

Fondements de la théorie de l'information et de la classification (12 h CM, 4 h TD : Ph. Réfrégier)
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. Les notions relatives à l'entropie, l'information, la complexité seront ainsi abordées dans une perspective large. Les fondements de la problématique de la classification statistique seront également présentés.

Reconnaissance des formes statistique (6 h CM, 16 h TP : A. Roueff)

L'objectif de ce module est de présenter la problématique de la décision statistique autour des objectifs de la détection, de la classification avec ou sans modèle probabiliste *a priori*. Cet enseignement est structuré autour de travaux pratiques, afin d'illustrer à partir d'exemples comment l'analyse des performances permet de choisir parmi différentes techniques.

Apprentissage et réseaux de neurones (2 h CM, 6 h TP : Th. Artières)

Ce module introduit les principes généraux de l'apprentissage statistique et les réseaux de neurones (perceptron multicouche et modèles convolutionnels) pour la classification supervisée et pour la génération de données.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Développer des innovations techniques et scientifiques (capacité à stimuler son imagination, capacité à analyser le contexte, capacité à élargir à d'autres usages un outil ou un concept, capacité à collecter et analyser de l'information avec logique et méthode, capacité à mobiliser une culture scientifique/technique)
- Résoudre des problèmes complexes et transdisciplinaires (capacité à comprendre et formuler le problème, capacité à reconnaître les éléments spécifiques d'un problème, capacité à identifier les interactions entre éléments, capacité à prendre en compte l'incertitude générée par la complexité)
- Élaborer et conduire des projets scientifiques et techniques internationaux (capacité à approfondir rapidement un domaine)

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 (partie « Fondements de la théorie de l'information et de la classification ») : un écrit sur table de 1 h - Coefficient = 35 %
- CC2 (partie « Reconnaissance des formes statistique ») : une moyenne robuste de comptes rendus - Coefficient = 45 %
- CC3 (partie « Apprentissage et réseaux de neurones ») : un rendu de projet - Coefficient = 20 %

Bibliographie

- Ph. Réfrégier, *Noise theory and application to physics* - Springer, 2003
- T.M. Cover et J.A. Thomas, *Elements of information theory* - Wiley, 2006
- R.O. Duda, P.E. Hart et D.G. Stork, *Pattern Classification* - Wiley, 2001

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_S0_SIS_ICL

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
20	4	22				46

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Th. Artières
- Ph. Réfrégier
- A. Roueff



Projet

Sciences de l'information et société numérique

Antoine Roueff
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'objectif de cette UE est d'offrir la possibilité aux élèves du S8-SISN de réaliser une étude technique ou d'effectuer une analyse sur les enjeux sur une problématique donnée. Cet enseignement favorise le travail en équipe, car les élèves se mettent en groupes, mais éventuellement se mélangent avec des élèves de l'IEP d'Aix-en-Provence.

Les élèves apprennent ainsi à mobiliser leur connaissance pour résoudre techniquement un problème ou pour réfléchir aux enjeux liés à une problématique pouvant être sociétale, ou liée au droit des données.

Programme

Les sujets sont proposés aux élèves lors d'une séance de présentation. Ces sujets peuvent être proposés par un enseignant de Centrale, par un extérieur (association, entreprise, labo...), ou par les élèves eux-mêmes. Chaque projet est réalisé en équipe, soit au minimum deux élèves, et au maximum quatre élèves. Pour chaque projet, un tuteur est désigné parmi l'équipe enseignante pour permettre d'orienter les élèves dans leurs choix. Les élèves sont évalués lors d'une soutenance finale. Avant cette soutenance finale, les élèves ont l'occasion de tester leur capacité à restituer leur travail avec une soutenance intermédiaire.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Capacité à analyser un contexte et à présenter des résultats
- Capacité à mobiliser une culture scientifique/technique pour situer les enjeux
- Capacité à inventer des solutions créatives, ingénieuses, originales
- Capacité à proposer un ou plusieurs scénarios de résolution
- Capacité à identifier les interactions entre éléments

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 = un oral - Coefficient = 50 % de la note finale
- CC2 = un compte rendu - Coefficient = 50 % de la note finale

Bibliographie

Aucune

Crédits ECTS

2

Code de l'UE

ING_S8_SIS_PROJ

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
				19	13	30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

A. Roueff et tous les enseignants de Centrale



Société numérique : Enjeux et Régulation

Sciences de l'information et société numérique

Laetitia Piet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Avoir une culture en sciences sociales et en droit qui permette à l'ingénieur généraliste d'évaluer les enjeux sociétaux des sciences et technologies de l'information et du numérique. Cette UE contribue à développer la capacité des étudiants à analyser les enjeux complexes posés par les technologies numériques dans leurs dimensions éthiques, sociales, politiques et juridiques, au niveau national et international. Elle mobilise leur capacité à collecter et analyser l'information avec logique et méthode pour décrire les situations de conflits éthiques et juridiques.

Programme

Éthique (16 h TP [= 10 h TP : L. Piet et B. Prince + 6 h TP : B. Prince] + 8 h projets)

- Cadre général des problématiques éthiques soulevées par le numérique
- Approfondissement d'un sujet éthique choisi et traité en groupe

Sociologie (4 h CM, 5 h TD : L. Piet)

- Sociohistoire : la genèse de l'Internet et du Web
- Régulation politique du numérique : les enjeux pour la démocratie
- Usages numériques : sociabilités et identités

Droit (6 h CM, 4 h TD : D. Roynard)

- Encadrement des acteurs du numérique : propriété intellectuelle, protection de la vie privée, régulation des contrats
- Règlement juridique des questions liées aux contenus et aux flux numériques

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Capacité à proposer des scénarios de régulation économique, normative, éthique, de conciliation d'intérêts, de résolution de conflits
- Capacité à évaluer les impacts sociétaux des formes de régulation prévalant dans différents domaines des TIC (ex. : relations entre usagers et fournisseurs d'accès, régulation des droits de propriété intellectuelle et diffusion du savoir et de la culture...)
- Capacité à se positionner en tant qu'acteur (concepteur et/ou usager) par rapport aux potentialités techniques des TIC

Modalités de contrôle des connaissances

- Un évaluation en droit avec un écrit de 1 h : 33 %
- Un CC en éthique avec un écrit (dossier) : 33 %
- Un CC en éthique avec un oral (soutenance) : 33 %

Bibliographie

Aucune

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_S8_SIS_SNER

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
10	9	16		8		43

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- L. Piet
- D. Roynard
- B. Prince



Télécommunications et Technologie de l'Information

Sciences de l'information et société numérique

Salah Bourennane
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'objectif de ce module est de présenter des applications, des technologies avancées du traitement, d'analyse, de transmission et d'affichage des données numériques au sens large. Il s'agit donc de présenter dans une vision transverse des principales technologies des composants et systèmes, des applications concrètes de la théorie de l'information dans le domaine du numérique et des télécommunications. Les conséquences pratiques et conceptuelles dans les autres domaines des sciences et, en particulier, dans ceux de la physique, seront également abordées (propagation, transmission...).

Programme

Micro-électronique numérique (6 h CM, 4 h TD : C. Fossati)
Dans un contexte d'évolution continue des technologies micro-électroniques, l'étude des architectures de traitement de l'information, quelle que soit l'origine de celle-ci, est un aspect important de la formation d'ingénieur.

Théorie de l'information - Applications (12 h CM : S. Bourennane)
Le but de ce cours est la mise en œuvre des principaux concepts de la théorie de l'information en considérant quelques applications telles que la compression de données, la transmission de données, le stockage et le traitement des données. Une revue des différentes applications avancées de la théorie de l'information dans les télécoms sera également présentée.

Télécommunications

- Télécommunications par fibre optique (4 h CM - J.-C. Antonna) ; capacité des réseaux et des effets physiques lors de la propagation (distorsion, bruit)
- Protocoles réseaux (2 h CM - P. Préa) ; on présentera le modèle OSI ainsi que le protocole IP (v4 et v6)
- Réseaux de télécommunications (8 h CM : A. Khalighi) ; réseaux sans-fil (téléphonie mobile ; réseaux locaux, personnels et étendus ; optique sans-fil) et filaires (ADSL, PLC) ; *Smart grids* ; Internet des objets pour *Smart City* et *Smart Home*

Système d'affichage (6 h CM : L. Gallais)

Présentation des notions essentielles sur les sciences et technologies relatives aux écrans

Langage C (6 h CM, 8 h TP : F. Galland)

Ce module a pour objectif de donner aux étudiants une méthodologie expérimentale en sciences numériques :

- qualité, validité et efficacité en programmation (application en C) ;
- introduction et sensibilisation aux problèmes de calculs numériques.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Développer des innovations techniques et scientifiques (capacité à stimuler son imagination, capacité à analyser le contexte, capacité à mobiliser une culture scientifique/technique, capacité à inventer des solutions créatives, ingénieuses, originales)
- Résoudre des problèmes complexes et transdisciplinaires (capacité à reconnaître les éléments spécifiques d'un problème, capacité à proposer un ou plusieurs scénarios de résolution, capacité à identifier les interactions entre éléments, capacité à prendre en compte l'incertitude générée par la complexité)

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 : « Microélectronique numérique » : moyenne de deux écrits sur table en cours = 25 %
- CC2 : « Théorie de l'information - applications » : moyenne de comptes rendus et d'écrit sur table en cours = 25 %
- CC3 : « Télécommunications » et « Système d'affichage » : une moyenne de comptes rendus et d'écrits sur table en cours = 25 %
- CC4 : « Langage C » : une moyenne de plusieurs comptes rendus = 25 %

Bibliographie

Prérequis : Informatique élémentaire, notions de base du traitement du signal et de la photonique

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING_S8_SIS_TTI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
44	4	8				56

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- S. Bourennane
- L. Gallais
- F. Galland
- A. Khalighi
- C. Fossati
- P. Préa
- J.-C. Antonna



Entreprise - CEA_4 soutenance

Semestre 8 - Alternant

Guillaume Graton
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Le module « compétence en alternance » a pour objectif de former les alternants à une mission spécifique en entreprise. Les alternants sont suivis pendant les périodes d'alternance par un « tuteur métier » et un « tuteur école ». L'objectif est de se familiariser à un milieu particulier, d'y acquérir les codes, la compréhension du fonctionnement de la structure, de faire émerger des solutions innovantes permettant l'avancée du projet.

Pour le semestre 8, l'objectif est d'intégrer les compétences, les connaissances agrégées pendant les trois premiers semestres. Le semestre 8 peut être l'occasion pour l'apprenti de se confronter à de nouvelles structures, de nouvelles façons de travailler, de nouvelles organisations de travail via la mobilité internationale.

Programme

Pendant cette période, l'apprenti doit aussi faire des points réguliers avec son « tuteur école », afin de le tenir informé de sa mission et de son évolution. Le module se termine par deux évaluations, une évaluation école via une soutenance et une évaluation du tuteur métier.

Les points importants sont :

- La formation (connaissances de base, aptitudes aux acquisitions, sens de l'analyse, sens de la synthèse, créativité et niveau d'innovation)
- Le travail et les résultats (niveau de qualité, quantité, efficacité, atteinte des objectifs, respect des délais, prise en main du sujet, maîtrise du sujet)
- La personnalité (esprit d'initiative, sociabilité, contacts, intérêts, motivation, sens des responsabilités, méthode et organisation, communication, ouverture d'esprit, jugement et réalisme)

Compétences et connaissances visées dans la discipline

La soutenance du semestre 8 est individuelle. Elle dure 20 minutes en septembre (début 3A) et porte sur la présentation du travail effectué en lien avec le rapport, en mettant en évidence les enjeux, le contexte, les solutions envisagées, la solution retenue, la mise en œuvre et les résultats.

Modalités de contrôle des connaissances

Le module comporte une soutenance faite en groupe de cinq à six alternants et une évaluation du tuteur métier.

Les deux évaluations se font sous la forme d'une lettre (A : Excellent, B : Très bien, C : Bien, D : Assez bien, E : Passable, F : Échec).

L'évaluation finale se fait par moyenne des deux évaluations, lorsque la moyenne est difficile (A et B, par exemple) l'évaluation du « tuteur métier » l'emporte.

Bibliographie

Cette unité d'enseignement étant très spécifique à chaque alternance, il n'y a pas et il ne peut y avoir de bibliographie.

Crédits ECTS

24

Code de l'UE

N/A

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
					4	4

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

L'équipe pédagogique est constituée des tuteurs ECM : ces derniers assistent aux soutenances et aident les alternants en cas de problème.



Stage

Tronc Commun

Guillaume Chiavassa
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Le stage 2A est un stage d'assistant ingénieur permettant la découverte du métier d'ingénieur. Vous devrez réaliser une mission représentative d'un métier d'ingénieur ou de chercheur en prenant une position active au sein d'une équipe. Vous serez amené à être force d'analyse et de proposition.

Programme

Le stage de 2A peut se dérouler aussi bien au sein d'une entreprise qu'au sein d'un laboratoire, en France ou à l'étranger. Sa durée est comprise entre deux et trois mois (huit semaines minimum) se déroulant sur la période de juin à août.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

C1 : Innovation scientifique et technique
C2 : Maîtrise de la complexité des systèmes

Modalités de contrôle des connaissances

En plus du rapport et de l'évaluation de l'entreprise, vous devrez faire une soutenance devant un jury composé de votre tuteur-école et d'un autre enseignant. Modalités de la soutenance : 20 minutes de présentation, suivies de questions/discussions avec le jury

Bibliographie

<https://stages-emplois.centrale-marseille.fr/content/informations-importantes-et-foire-aux-questions#FAQ-stage2A>

Crédits ECTS

6

Code de l'UE

ING_S8_TC_STG

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
						99

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

– G. Chiavassa, responsable des stages
– Tous les enseignants de Centrale Marseille peuvent être tuteurs de ce stage.



Langues - Cultures Internationales

Tronc Commun

Carole Enoch

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'enseignement des langues et cultures s'inscrit dans la formation de citoyens et ingénieurs internationaux avertis et responsables.

L'ingénieur centralien de 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.

Il sera capable de mobiliser des savoirs et des savoir-faire linguistiques, conceptuels, culturels, communicationnels. Pour cela, il acquerra des connaissances portant sur des pratiques, des événements et/ou phénomènes historiques, culturels, sociaux, économiques et politiques. Il stimulera son imagination par la découverte culturelle et la prise de conscience de la différence en faisant varier ses représentations. Il développera son esprit critique.

Programme

L'enseignement des L&C comprend deux enseignements distincts par semestre : anglais (LV1) 20 h et une autre langue 20 h (LV2).

Ces 40 heures de cours en présentiel sont complétées par 10 h de travail personnel (travail en autonomie, recherches, exercices...) par langue et par semestre.

Les L&C sont enseignées à raison de deux heures par langue par semaine. En anglais, les étudiants pourront choisir le thème de leur cours (société, actualité, civilisation...).

Pour les LV2 niveau débutant en 1A, les élèves bénéficieront de 10 heures (italien, espagnol, portugais) ou 15 heures (allemand, chinois, japonais, russe) de cours complémentaires de soutien. N.B. Les étudiants ne pourront pas commencer une langue au semestre 8.

-> Voir les fiches relatives à chaque langue pour connaître le programme détaillé des enseignements

Niveaux et certifications externes obligatoires pour obtention du diplôme

- En anglais et FLE, le niveau souhaitable à l'issue de la formation est le niveau C1 du CECRL.

Conformément au Règlement des études, l'obtention d'une certification externe en anglais est obligatoire pour tous les étudiants (niveau minimal requis B2+, soit TOEIC 850).

Les étudiants internationaux doivent également valider un niveau minimal B2 du CECRL en français langue étrangère (Delf B2 ou Dalf C1 C2). Attention : les autres devront valider un niveau de français langue maternelle (Orthodidacte niveau 3)

- Dans les autres langues, le niveau visé est B2, voire C1 selon le parcours de l'étudiant. L'obtention d'une certification externe est recommandée afin de certifier le niveau le plus élevé obtenu en fin de formation.

-> Voir les descripteurs des différents niveaux du Cadre européen commun de référence en langues (CECRL) : <https://www.coe.int/fr/web/portfolio/self-assessment-grid>

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C1 : Faire émerger + oser

- C2 : Représenter et modéliser + résoudre et arbitrer + penser et agir en environnement imprédictible et incertain

- C3 : Concevoir un projet, un programme + piloter, conduire

- C4 : Générer de la performance individuelle et collective + conduire les transformations de son organisation (identifie les besoins / les verrous en conduite du changement...)

- C5 : Anticiper et s'engager + construire et pérenniser (analyse la stratégie d'une organisation au regard des enjeux locaux, mondiaux...)

Modalités de contrôle des connaissances

- UE L&C divisée en deux cours de langues (CC1 50% + CC2 50%). Moyenne de 10/20 et un minimum de 7/20 pour validation

- Évaluation des cinq compétences du CECRL + évaluation des connaissances acquises (lexique, conjugaison, civilisation...)

Présence obligatoire (maximum de deux absences)

Bibliographie

Relatives à chaque langue

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_S8_TC_LCI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
	40				20	60

Langue du cours

Anglais

Équipe pédagogique

- Allemand : D. Ortelli-Van-Sloun
- Anglais : J. Airey, Pk. Atkinson, V. Durbec, G. Marquis
- Chinois : J. Dong
- Espagnol : S. Duran, C. Enoch, E. Muñoz
- Français langue étrangère : V. Hamel (+ français langue maternelle)
- Italien : S. Canzonieri
- Japonais : A. Futamata



SEMESTRE **9**

Tronc commun

Prospective et innovation

Pierre Casanova
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Comprendre, maîtriser et appliquer les méthodes et les concepts de management des entreprises sur des cas précis et réels. Les UE de prospective et innovation et management et entreprises donnent l'occasion aux élèves d'analyser des secteurs industriels où l'innovation est essentielle au développement des nouveaux marchés.

Les élèves, à la fin de ces deux UE, pourront :

- analyser un marché et comprendre les KSF nécessaires aux acteurs pour être compétitifs ;
- comprendre les stratégies des groupes, mais aussi des start-up pour déployer des innovations sur leurs secteurs ;
- analyser par la finance la solidité des business models choisis et leurs performances ;
- appréhender les problèmes d'éthique liés aux secteurs analysés ;
- comprendre l'importance des aspects juridiques des sociétés ;
- assimiler et appliquer les méthodes d'analyses d'innovation dans leurs industries (business model, innovation Canvas, Hype Curve...) ;
- échanger sur le plan international avec des start-up dans d'autres pays confrontées au déploiement de leur innovation ;
- synthétiser et faire des recommandations dans un rapport final reprenant toutes les analyses effectuées.

Programme

En parallèle avec l'UE management et entreprise, les élèves en groupe analyseront un domaine d'activité lié à leur option. Le programme se déroulera par phases, et se conclura par un rapport final et une évaluation validant les connaissances acquises tout au long du programme.

Les élèves appliqueront les approches analytiques liées à la stratégie des entreprises, les marchés, l'innovation, l'éthique, le management international, le juridique, et la finance, afin de mieux comprendre les problématiques des sociétés (groupes ou start-up) des domaines industriels qu'ils auront choisis d'analyser. Chaque matière utilisée sera validée par les intervenants lors des sessions de TD, où les élèves présenteront leurs travaux et pourront ainsi recevoir des recommandations pour compléter leurs rapports. Ce programme demande une certaine organisation des équipes pour avancer en suivant les livrables qui leur permettront d'acquérir les notions et connaissances promulguées lors des différentes séances.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- L'ingénieur centralien crée de la valeur par l'innovation scientifique et technique : l'analyse des innovations du secteur ainsi que les échanges avec les start-up permettront aux élèves d'aborder les problématiques complexes liées aux démarches d'innovation et la nécessité de définir de bons business models.
- L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et des problématiques qu'il rencontre. Les élèves assimileront les bases d'analyse stratégique et de marchés, afin de mieux comprendre les environnements complexes des industries qu'ils auront choisis.
- L'ingénieur centralien manage de façon éthique et responsable. L'éthique sera analysée sur chacun des domaines choisis par les équipes.
- L'ingénieur centralien porte une vision stratégique et sait la mettre en œuvre.

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 oral : finance et valeurs 20 %, éthique 20 %, management international 20 %
- CC2 écrit : rapport final 40 %

Bibliographie

Donnée par les intervenants durant les cours

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_TC_PRIN

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
15	16					31

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- Pierre Casanova
- Annouk Azourmanian
- Esther Loubradou



Tronc commun

Management et Entreprise

Pierre Casanova
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Comprendre, maîtriser et appliquer les méthodes et les concepts de management des entreprises sur des cas précis et réels. Les UE de prospective et innovation et management et entreprises donnent l'occasion aux élèves d'analyser des secteurs industriels où l'innovation est essentielle au développement des nouveaux marchés.

Les élèves, à la fin de ces deux UE, pourront :

- analyser un marché et comprendre les KSF nécessaires aux acteurs pour être compétitifs ;
- comprendre les stratégies des groupes, mais aussi des start-up pour déployer des innovations sur leurs secteurs ;
- analyser par la finance la solidité des business models choisis et leurs performances ;
- appréhender les problèmes d'éthique liés aux secteurs analysés ;
- comprendre l'importance des aspects juridiques des sociétés ;
- assimiler et appliquer les méthodes d'analyses d'innovation dans leurs industries (business model, innovation Canvas, Hype Curve...) ;
- échanger sur le plan international avec des start-up dans d'autres pays confrontées au déploiement de leur innovation ;
- synthétiser et faire des recommandations dans un rapport final reprenant toutes les analyses effectuées.

Programme

En parallèle avec l'UE management et entreprise, les élèves en groupe analyseront un domaine d'activité lié à leur option. Le programme se déroulera par phases et se conclura par un rapport final et une évaluation validant les connaissances acquises tout au long du programme.

Les élèves appliqueront les approches analytiques liées à la stratégie des entreprises, les marchés, l'innovation, l'éthique, le management international, le juridique, et la finance afin de mieux comprendre les problématiques des sociétés (groupes ou start-up) des domaines industriels qu'ils auront choisis d'analyser. Chaque matière utilisée sera validée par les intervenants lors des sessions de TD, où les élèves présenteront leurs travaux et pourront ainsi recevoir des recommandations pour compléter leurs rapports. Ce programme demande une certaine organisation des équipes pour avancer en suivant les livrables qui leur permettront d'acquies les notions et connaissances promulguées lors des différentes séances.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- L'ingénieur centralien crée de la valeur par l'innovation scientifique et technique : l'analyse des innovations du secteur ainsi que les échanges avec les start-up permettront aux élèves d'aborder les problématiques complexes liées aux démarches d'innovation et la nécessité de définir de bons business models.
- L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et des problématiques qu'il rencontre. Les élèves assimileront les bases d'analyse stratégique et de marchés, afin de mieux comprendre les environnements complexes des industries qu'ils auront choisis.
- L'ingénieur centralien manage de façon éthique et responsable. L'éthique sera analysée sur chacun des domaines choisis par les équipes.
- L'ingénieur centralien porte une vision stratégique et sait la mettre en œuvre.

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 : validation strat-marché 20 % (10 % par rendu)
- CC2 : validation innovation 30 % (10 % par rendu)
- CC3 : évaluation finale QCM (50 %)

Bibliographie

Donnée par les intervenants en cours

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_TC_MAEN

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
15	10					25

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- Pierre Casanova
- Patrick Hinault
- Jean-Marc Rocchi
- Marc Gemeto
- Cabinet d'avocat Akheos



Tronc commun

Langues - Cultures Internationales

Carole Enoch
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'enseignement des langues et cultures s'inscrit dans la formation de citoyens et ingénieurs internationaux avertis et responsables.
L'ingénieur centralien de 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.

Il sera capable de mobiliser des savoirs et des savoir-faire linguistiques, conceptuels, culturels, communicationnels. Pour cela, il acquerra des connaissances portant sur des pratiques, des événements et/ou phénomènes historiques, culturels, sociaux, économiques et politiques. Il stimulera son imagination par la découverte culturelle et la prise de conscience de la différence en faisant varier ses représentations. Il développera son esprit critique.

Programme

L'enseignement des L&C comprend deux enseignements distincts : anglais (LV1) 30 h et une autre langue 30 h (LV2).

Ces 60 heures de cours en présentiel sont complétées par 10 h de travail personnel (travail en autonomie, recherches, exercices...) par langue et par semestre.

Les L&C sont enseignées à raison de 1,5 h ou 2 h par langue par semaine. En anglais et en espagnol, les étudiants pourront choisir le thème de leurs cours (domaine professionnel, sociétal, culturel...).

N.B. Les étudiants ne pourront pas débiter une langue au semestre 9.

Niveaux et certifications externes obligatoires pour l'obtention du diplôme :

- En anglais, le niveau souhaitable à l'issue de la formation est le niveau C1 du CECRL. Conformément au Règlement des études, l'obtention d'une certification externe en anglais est obligatoire pour tous les étudiants (niveau minimum requis B2+, soit Toeic 850).
 - Dans les autres langues, le niveau visé est B2, voire C1 selon le parcours de l'étudiant. L'obtention d'une certification externe est recommandée, afin de certifier le niveau le plus élevé obtenu en fin de formation.
- > Voir les descripteurs des différents niveaux du Cadre européen commun de référence en langues (CECRL) : <https://www.coe.int/fr/web/portfolio/self-assessment-grid>

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C1 : Faire émerger + oser
- C2 : Représenter et modéliser + résoudre et arbitrer + penser et agir en environnement imprédictible et incertain
- C3 : Concevoir un projet, un programme + piloter, conduire
- C4 : Générer de la performance individuelle et collective + conduire les transformations de son organisation (identifie les besoins / les verrous en conduite du changement...)
- C5 : Anticiper et s'engager + construire et pérenniser (analyse la stratégie d'une organisation au regard des enjeux locaux, mondiaux...)

Modalités de contrôle des connaissances

- UE L&C 5 divisée en deux cours (CC1 50 % + CC2 50 %). Moyenne de 10/20 et minimum de 7/20
 - Évaluation des cinq compétences du CECRL + évaluation des connaissances acquises (lexique, conjugaison, civilisation...)
- Présence obligatoire (maximum de deux absences)

Bibliographie

Relatives à chaque langue

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING_S9_TC_LANGUES

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
	60				20	80

Langue du cours

Anglais

Équipe pédagogique

- Allemand : D. Ortelli-Van-Sloun, TBeck
- Anglais : J. Airey, P. Atkinson, Alex, V. Durbec, G. Marquis, M. McKimmie
- Chinois : J. Dong
- Espagnol : S. Duran, C. Enoch, S. Hiernau
- FLE : V. Hamel
- Italien : S. Canzonieri
- Japonais : K. Yoschida



De la Ressource au produit : les principes

Parcours GREEN

Didier Nuel
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

This module is in two parts. One deals with analytical chemistry and intends to give basic knowledge on analytical techniques and practice some of them.

The students will have to work on mini projects. They will have to do bibliographic researches, define a method of analysis and apply it. They will also provide written and oral report.

The other part is devoted to industrial chemistry and aim at discovering important concerns in modern chemical industry through a bibliographic study of the subject. they will make an oral presentation.

Summary of Learning outcomes :

Analytical chemistry:

- Basic knowledge on different techniques used in analytical chemistry.
- Ability to tackle and solve a problem in analytical chemistry .

Industrial chemistry:

- Approach and understand major concerns in industrial chemistry.
- Ability to analyze a problem.

In both:

- Ability to set up an oral presentation (making choices among all the information available).
- Ability to write a report.

Programme

Analytical chemistry:

A short presentation (4h) of the different techniques used in the domain followed by practical. The practical is done in small groups in which the students have to solve a given problem. The problems may be technical (for example: HETP curves, determination of the dead volume of a column ...), theoretical (determination of enthalpy of vaporization by GC or Hammett constants by UV spectroscopy ...)

or practical (theobromine contents in chocolate, secondary metabolites in citrus fruit ...).

Industrial chemistry:

A course on industrial thermodynamics (8h):

- Basic knowledge on liquid/vapor equilibria.
- Use of a database in thermodynamics for Matlab/Excel.

The aim of this course is to be able to determine the thermo-physic properties of some fluids which will be used in practical.

A personal work on a subject in industrial chemistry :

Study and analysis of a major concern in chemical industry. The subjects of these studies can be rather broad. Examples of recent problems addressed: the production of paper, bio-sourced polymers, antibiotics

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Oral presentation of the subject in industrial chemistry (25%)

A quizz on the oral presentations (25%)

A written report on the project in analytical chemistry (50%)

Bibliographie

- D.A. Skoog, D.M. West, F.J. Holler, Analytical chemistry, De Boeck Université éd.
- D.A. Skoog, F.J. Holler, T.A. Nieman, Instrumental Analysis Principles, De Boeck Université éd.
- F. Rouessac, A. Rouessac, Analyse chimique, Dunod éd.

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_GREEN_PRCP

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
10						50

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Françoise Duprat
- Pascal Denis
- Didier Nuel



De la Ressource au produit : la pratique

Parcours GREEN

Pascal Denis
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Connaître et appliquer les bonnes pratiques de laboratoire
- Utiliser les matériels de base de l'expérimentation en GP/chimie
- Utiliser les matériels de base d'analyse en GP/chimie
- Être capable de mettre en œuvre un protocole expérimental et/ou un mode opératoire
- Analyser et exploiter des résultats d'expérience
- Rédiger un rapport scientifique et technique

Programme

- Aborder les principales opérations unitaires (trois séances de 7 h)
- Mettre en œuvre la synthèse et l'analyse de composés spécifiques (trois séances de 8 h)

N.B. La liste effective de TP peut varier d'une année sur l'autre et s'adapter à la taille des effectifs et aux disponibilités matérielles.

Une formation sur le calcul des propriétés thermophysiques utilisé en TP de GP avec la librairie Simulis Thermodynamics® sera réalisée en cours/TD.

Mode de fonctionnement

Les étudiants sont répartis en général en binômes. La séance de TP est de 7 h (GP) ou 8 h (chimie), avec une pause intermédiaire dépendant de l'état d'avancée de chaque expérience.

– Avant la séance

Une préparation évaluée sera demandée pour chaque TP et remise quelques jours avant la séance. Ceci permet aux étudiants de prendre en main l'expérience et de devenir actifs pendant celle-ci.

– Pendant l'expérience

Les étudiants seront tenus de remplir un « cahier de laboratoire » individuel d'expériences, qui leur sera fourni pour noter toutes les informations nécessaires à la compréhension de l'expérience, sa mise en œuvre et son exploitation. Un soin particulier sera mis sur les analyses et méthodes d'analyse, le respect des règles de sécurité, la maîtrise des appareils et matériels disponibles.

– Après l'expérience

Un rapport scientifique et technique (GP), ou un compte rendu (chimie), sera rédigé et transmis aux enseignants en version électronique. Le délai de remise sera fixé dans le photocopié de TP.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- L'ingénieur centralien crée de la valeur par l'innovation scientifique et technique.
- L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et des problématiques qu'il rencontre.
- L'ingénieur centralien conduit des programmes.

Modalités de contrôle des connaissances

Chaque TP fait l'objet de trois évaluations distinctes :

- travail préparatoire (GP : 20 % / chimie : 20 %) ;
- travail en séance et comportement (GP : 20 % / chimie : 50 %) ;
- rapport d'expérience (GP : 60 % / chimie : 30 %).

La remise en retard des rapports et travaux sera sanctionnée par un « 0 » sur le travail à rendre. La non-remise de rapports ou de comptes rendus entraînera une non-évaluation du module.

Bibliographie

- Perry's Chemical Engineering Handbook
- CRC Handbook of Chemistry and Physics

Une bibliographie spécifique est fournie dans le photocopié pour chaque TP.

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_GREEN_PRAT

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
2	3	45				50

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Damien Hérault
– Pascal Denis



De la Ressource au produit : l'immersion

Parcours GREEN

damien Hérault
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'unité d'enseignement « De la ressource au produit : l'immersion » a vocation à permettre aux étudiants d'être concrètement confrontés, au travers de conférences réalisées par des professionnels et au travers de visites d'entreprises, aux différentes réalités industrielles qui pourront être les leurs au sortir de leur formation à l'École centrale.

Programme

Le programme des conférences et des visites peut fluctuer d'une année sur l'autre. À titre indicatif, voici les activités ayant eu lieu lors de l'année 2013 – 2014 :

- Visite d'une raffinerie (Inéos)
- Visite d'une station de traitement d'effluents industriels (OTV)
- Visite d'une usine de production de principes actifs (Sanofi Chimie)
- Conférence d'introduction à la conception des procédés (Pascal Denis – ECM)
- Conférence sur REACH (Pierre Michiel – ADER Méditerranée)
- Conférence sur l'évaluation économique des procédés (Jean-Richard Llinas – Consultant)
- Conférence sur le management des risques environnementaux dans une ICPE (Jean-Frédéric Beuvin – ARKEMA)
- Conférence sur la formulation (Renaud Canaguier – NIXE)
- Conférence sur des études de cas dans l'industrie pharmaceutique (Édith Norrant – UCB Pharma)
- Conférence sur l'analyse de cycle de vie (Nicolas Minard – Carma)

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Capacité à analyser le contexte (organisationnel, institutionnel, sociétal, marchand)
 - Capacité à mobiliser une culture scientifique/technique (transdisciplinarité et/ou spécialisation)
 - Capacité à reconnaître les éléments spécifiques d'un problème
 - Capacité à identifier les interactions entre éléments
 - Capacité à approfondir rapidement un domaine
 - Capacité à intégrer les règles et normes qualité / sécurité / environnementales
 - Capacité à prendre en compte les enjeux sociétaux, juridiques, financiers, économiques, réglementaires
 - Capacité à prendre en compte la dimension internationale
- Connaissance de cas concrets dans lesquels les compétences qu'ils ont acquises au cours de leur formation sont utilisées pour répondre à des problématiques réelles.

Modalités de contrôle des connaissances

Pas de MCC

Bibliographie

documents donnés par les intervenants

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_GREEN_IMER

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
34					16	50

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Pascal Denis
– Intervenants extérieurs



Bioprocédés

Parcours GREEN

Damien Héroult
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'UE s'appuie sur les fondamentaux du génie des procédés (bilans et cinétiques) et sur des fondamentaux de microbiologie (métabolisme, cinétique de croissance) pour développer des modèles adaptés aux spécificités des microorganismes vivants. L'UE permet ainsi d'aborder le dimensionnement de plusieurs opérations unitaires typiques des procédés utilisant des microorganismes.

Ce module s'intéresse à la mise en œuvre de procédés produisant ou utilisant des microorganismes vivants.

Il adapte les outils classiques du génie des procédés aux opérations unitaires adaptées à la production de microorganismes ou de molécules synthétisées par ces microorganismes. Il permet ainsi de définir des conditions de fonctionnement utilisables dans la pratique industrielle. La démarche de modélisation, qui est développée dans une première partie, est ensuite mise en œuvre pendant une séance de travaux pratiques.

Programme

Le contenu du module a été modifié pour introduire une séance de travaux pratiques. Les compétences et connaissances visées sont, d'une part connaître les principales caractéristiques d'un procédé mettant en œuvre des microorganismes, et d'autre part savoir dimensionner les éléments clés du procédé : le bioréacteur, son agitation et son aération, la stérilisation des alimentations.

Plan d'enseignement :

- Les applications des biotechnologies (présentation générale, recherche documentaire et conférence sur les microalgues)
- Le matériel biologique : métabolisme, modélisation du comportement des cellules :
→ stœchiométrie et cinétique de croissance
- Les opérations unitaires typiques des bioprocédés :
→ les bioréacteurs (spécificités, culture en réacteur agité continu idéal, aération, agitation)
- Les opérations amont et aval : stérilisation, purification, extraction des protéines et extrapolation
- Séance de travaux pratiques de huit heures (IUT Saint-Jérôme), avec mutualisation des données entre binômes

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Reconnaître les éléments spécifiques d'un problème et élargir à d'autres usages un outil ou un concept
- Résoudre des problèmes complexes et transdisciplinaires, c'est-à-dire savoir comprendre un problème, le formuler, le modéliser en utilisant des concepts, et aboutir à une solution acceptable
- Savoir collecter et analyser des informations dans un domaine peu maîtrisé

Modalités de contrôle des connaissances

- Évaluation 2 h 50% calculatrice, documents
- TP CC Compte rendu 30 %
- Recherche documentaire CC abstract + exposé 5 min 20 s %

Bibliographie

Recueil d'exercices, présentations PPT, bibliographie

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_GREEN_BIOP

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
9	8	8				25

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Audrey Soric
– Cristian Barca
– Florian Delrue
– Stéphane Canaan



Biotechnologies

Parcours GREEN

Damien Hérault
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'enseignement de biotechnologie doit apporter une culture dans le domaine des réactions biochimiques de la vie, afin de servir de modèle pour la mise en œuvre de projets innovants s'inspirant de la biologie cellulaire.
Révisions des bases de la biologie moléculaire et utilisation de celles-ci pour les biotechnologies

Programme

Plan du cours :

- 1) La biologie moléculaire dans le monde du vivant
- 2) La boîte à outils du biologiste moléculaire
- 3) Exemples de biotechnologie

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- 1) Capacité à inventer des solutions créatives, ingénieuses, originales
 - 2) Capacité à élargir à d'autres usages un outil ou un concept
 - 3) Capacité à stimuler son imagination
 - 4) Capacité à mobiliser une culture scientifique/technique (transdisciplinarité et/ou spécialisation)
- 1) Il s'agit d'étudier le monde du vivant pour s'en inspirer, afin de reproduire certains procédés.
 - 2) Possibilité de contourner certaines limites de la chimie par la mise en jeu de bioconversions ou de la chimie verte
 - 3) Inspiration par le monde du vivant
 - 4) Il s'agit de connaître le fonctionnement du monde du vivant pour trouver des alternatives à la chimie par le biais des biotechnologies.

Modalités de contrôle des connaissances

- Évaluation 2 h, 25% ; documents et calculatrice autorisés
- Contrôle continu de type QCM 75 %

Bibliographie

En cours : planches de cours correspondant au diaporama PowerPoint. Également disponible en ligne

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_GREEN_BIOT

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
12	8	5				25

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
S. Canaan



Chimie verte

Parcours GREEN

Bastien Chatelet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Chemistry plays a central role in the economic development of modern societies. There is a diverse range of chemicals that we use which make our lives better. However, there is a huge impact on the chemical industries on our ecosystem. In order to reduce demand on diminishing resources and to decrease waste, chemists have to design new processes. This module presents the development of new tools in order to make chemistry environment-friendly and safer. Green chemistry represents an important tool for the growth of sustainable development.

- Presentation of metrics for green chemistry.
- Methods developed to reduce waste, decrease energy consumption, replace hazardous chemicals...
- Presentation of metrics for green chemistry.
- Methods developed to reduce waste, decrease energy consumption, replace hazardous chemicals...

Programme

Theoretical aspects:

- The problem of sustainable development and chemistry
- Presentation of metrics for green chemistry (E Factor, atom economy...)
- The twelve principles of green chemistry
- Use of the biomass for the synthesis of chemicals, solvents, biofuels
- Biocatalysis (enzymatic kinetics, different types of enzymes)
- Biomimetic catalysis (catalysis in confined space, covalent systems, self-assembled systems, systems with a endohedral functionalization)

Practical teaching:

Reaction in an alternative medium

Modalités de contrôle des connaissances

Final test Written 1h 50%

Continuous examination Report and MCQ 50%

Bibliographie

Jacques Auge et Marie-Christine Scherrmann, Chimie verte – Concepts et applications,
Edp Sciences, Savoirs Actuels, paru le 20 avril 2017

Crédits ECTS

1

Code de l'UE

ING_S9_GREEN_CVER

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
13	4	8	0	0		25

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Bastien Chatelet
- Didier Nuel
- Damien Hérault



Chimie supramoléculaire

Parcours GREEN

Damien Héroult
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'objectif est d'amener les étudiants à voir au-delà des molécules, c'est-à-dire comment les interactions entre les molécules gouvernent de nombreux processus chimiques, biologiques ou physiques et peuvent être mise à profit pour construire des objets aux propriétés remarquables : nanocatalyseurs, matériaux aux propriétés variables, cages moléculaires... Les liens entre la chimie supramoléculaire et la biologie ou la physique seront soulignés pour montrer comment cette chimie peut apporter des solutions élégantes à des problématiques clés : compréhension des mécanismes des maladies neurodégénératives (Alzheimer), biosondes (détection des cancers), nouvelles stratégies de lutte contre le cancer, optique non linéaire, électronique moléculaire...

Cette UE, qui partira du fondamental pour aller vers l'appliqué, permettra également aux étudiants de connecter entre eux les différents aspects de la chimie (organique, spectroscopie, thermodynamique cinétique...) et d'établir des liens avec d'autres disciplines (physiques et biologie).

Programme

- Concepts
- Topologie moléculaire
- Reconnaissance d'anions, de cations et de molécules neutres
- Coopérativité
- Applications à la reconnaissance de molécules d'intérêt biologique (neurotransmetteurs – sucres) – intérêt pour la biologie
- Stéréochimie et chimie supramoléculaire
- Chimie bio-inspirée
- Chimie supramoléculaire dans l'eau
- Catalyse supramoléculaire : obtention de nanoréacteurs
- Nœuds moléculaires, rotaxanes, caténanes
- Électronique moléculaire
- Machines moléculaires
- Biosondes
- Matériaux supramoléculaires
- Responsive materials

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- 1b. Capacité à élargir à d'autres usages un outil ou un concept
- 1e. Capacité à collecter et analyser de l'information avec logique et méthode
- 2a. Capacité à comprendre et formuler le problème (hypothèses, ordres de grandeur, etc.)
- 2c. Capacité à reconnaître les éléments spécifiques d'un problème
- 2e. Capacité à proposer un ou plusieurs scénarios de résolution

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation écrite 2 h, 100 %

Bibliographie

Ouvrages du centre de documentation. Fascicule

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_GREEN_CSUP

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
13	12					25

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Alexandre Martinez
– Bastien Chatelet



Expérimentations expertes en chimie

Parcours GREEN

Damien Hérault
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Maîtriser des techniques spécifiques de travail en laboratoire de chimie
- Compléter la maîtrise des techniques de laboratoires différentes de celles vues en PRAT
- Utilisation d'appareils conventionnels utilisés dans les laboratoires de recherche ou d'analyse
- Méthodes de purifications variées fondées sur les propriétés physico-chimiques des molécules
- Gestion des risques vis-à-vis des produits utilisés
- Travail seul ou en équipe
- Rédaction de rapports techniques

Programme

- Utilisation des techniques Schlenk pour travailler sous une atmosphère contrôlée sans air ni eau
- Manipulation des espèces organométalliques sensibles à l'air et à l'eau
- Comparaison des paramètres expérimentaux, afin d'optimiser les réactions
- Méthode d'addition de réactifs permettant le contrôle d'exothermie
- Contrôle de la température pour un meilleur contrôle de la sélectivité d'une réaction
- Utilisation de la distillation sous vide
- Utilisation de la sublimation
- Utilisation de la chromatographie
- Analyse par spectroscopie de résonance magnétique nucléaire
- Analyse par chromatographie sur couche mince
- Analyse par chromatographie en phase gaz

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Ces techniques sont indispensables en vue de poursuite d'études en laboratoire de recherche et, notamment, en stage de master chimie, puis dans le cadre d'une thèse en chimie organique. Connaître et maîtriser des techniques pointues utilisées en synthèse organique

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu, compte rendu, 100 %

Bibliographie

fascicule

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_GREEN_EXEX

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
		25				25

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Damien Hérault
– Didier Nuel



Réactions en milieu polyphasique

Parcours GREEN

Damien Hérault
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Dans le sens de l'évolution vers une chimie plus « durable », nous aborderons certains principes et les applications des méthodes récentes et industrialisées de transformations moléculaires. Ces techniques s'appuient très souvent sur des procédés faisant intervenir des matériaux ou milieux sophistiqués. Nous présenterons parallèlement la préparation de ces milieux polyphasiques ainsi que leurs propriétés.

- Compléter les connaissances sur les moyens de réaliser des réactions de synthèse organique dans le sens de l'évolution vers une chimie plus « durable »
- Connaître les méthodes actuelles et industrialisées qui permettent de produire des molécules en respectant les réglementations environnementales
- Comprendre le caractère physico-chimique des milieux alternatifs utilisés, leur apport en synthèse organique

Programme

- Principes et fonctionnement des réactions et catalyses en milieu polyphasique et propriétés des matériaux utilisés (catalyse hétérogène, catalyse supportée, catalyse biphasique).
- Synthèses en phase solide. Chimie supportée
 - Catalyseurs solides acides ou basiques
 - Propriétés et utilisation de solvants alternatifs (CO₂ supercritique, solvants fluorés, liquides ioniques, eau, biosolvants)
 - Concept de chimie supramoléculaire
 - Transfert de phases classiques ou faisant intervenir des récepteurs macromoléculaires
 - Étude de cas sur la préparation du polyéthylène et polypropylène réalisée par un intervenant d'INEOS

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu
Écrit, 75 %
Compte rendu de TP, 25 %

Bibliographie

Polycopiés à trous

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_GREEN_POLY

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
13	4	8				25

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- Damien Hérault
- Didier Nuel
- Intervenant de la société INEOS



Chimie organique

Parcours GREEN

damien Hérault
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

– Disposer de l'ensemble de connaissances indispensables à un ingénieur généraliste centralien souhaitant commencer une carrière industrielle ou académique dans le domaine de la chimie
– Consolider et compléter le socle des connaissances acquises en chimie par les élèves de l'école

Programme

Partie 1 : Structure et réactivité, hydrocarbures, composés à liaison C-X, aromatiques, fonction carbonyle
Partie 2 : Synthèse asymétrique, réactions péricycliques et règles de Woodward et Hoffman

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation 2h 100 %

Bibliographie

Certaines sections du cours sont accompagnées de fascicules. Ouvrages du centre de documentation et ressources en ligne

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_GREEN_ORGA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
13	12					25

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
Laurent Giordano



Conception des procédés

Parcours GREEN

Pascal Denis
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Être capable de concevoir un procédé
- Connaître / choisir / définir les opérations unitaires
 - Déterminer les conditions opératoires
 - Établir les bilans matières et énergie
 - Adapter le procédé aux exigences de la sécurité et du risque environnemental
- Être capable de lire/dessiner un schéma procédé
- Connaître les normes standards applicables au génie des procédés
 - Connaître les bases de la CAO-DAO
- Être capable de transposer un procédé industriel sur un simulateur
- Connaître les principales caractéristiques des opérations unitaires
 - Savoir choisir les modèles (thermodynamiques, cinétiques)

Programme

Permettre aux étudiants, à travers un cas concret, d'approcher les différents aspects liés à la conception d'un procédé industriel dans le domaine de l'industrie chimique, pétrochimique ou biochimique. Cela implique une élaboration et une validation étape par étape de la conception d'un procédé.

Description du programme

- Conception de procédé
- Concevoir le procédé sur la base d'une recherche
 - Simuler tout ou partie du procédé
 - Faire une analyse sécurité
 - Établir les bilans complets du procédé

- Apprentissage logiciel
- Prise en main d'un logiciel de simulation de procédé (PROSIM)
 - Prise en main d'un logiciel simple de CAO/DAO

- Éléments scientifiques
- Rappels de thermodynamique énergétique et machine
 - Base des équilibres entre phases (Liq/Vap essentiellement)
 - Thermodynamique chimique

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Ancien référentiel
- Capacité à collecter et analyser de l'information avec logique et méthode
 - Capacité à comprendre et formuler le problème (hypotheses, ordres de grandeur, etc.)
 - Capacité à appréhender toutes les dimensions scientifiques et techniques d'un projet
 - Capacité à prendre en compte les enjeux sociétaux, juridique, financier, économique, réglementaire (voir fiche compétence complète)

- Nouveau référentiel
- L'ingénieur centralien crée de la valeur par l'innovation scientifique et technique.
 - L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et des problématiques qu'il rencontre.
 - L'ingénieur centralien manage de façon éthique et responsable.
 - L'ingénieur centralien s'inscrit dans une vision stratégique et sait la mettre en œuvre.

Modalités de contrôle des connaissances

L'évaluation est faite sur la base de cinq rendus / CC en groupe (50 % de la note) et une analyse individuelle lors d'une séance de 4 h (50 %). Le découpage par étapes est donné à titre indicatif :

- Feuille de route 2,5 %
Présentation procédé 5 %
Évaluation croisée des schémas PFD 10 %
Process Flow Diagram - remise des schémas 10 %
Simulation de procédé 22,5 %
Rapports d'expertise 50 %

Bibliographie

- Perry's Chemical Engineering Handbook
- Kirk et Othmer, Encyclopaedia of Chemical Technology
- J. Bevan, Ott et Juliana Boerio-Goates, Chemical thermodynamics, vol. 1 et 2
- Harry Silla, Chemical process engineering
- R.K. Sinnott, Chemical Engineering Design

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_GREEN_PROC

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
4	21					25

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Pascal Denis
– Jean-Frederic Beuvin (Arkema)



Mélange, rhéologie et cosmétiques

Parcours GREEN

Pierrette Guichardon
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Au niveau de cette UE, il s'agit de familiariser les étudiants avec la diversité des comportements des fluides et son implication sur les procédés et la formulation en cosmétique. Aussi, le deuxième objectif consiste à permettre aux étudiants de comprendre et déterminer les éléments clés de l'agitation et du mélange pour des fluides newtoniens et complexes.

Programme

1. Développement et physico-chimie de formulation des produits cosmétiques
 - 1.1. Stratégies de formulation : notions de formes cosmétiques (classification des émulsions, formes gélifiées, microencapsulation)
 - 1.2. Notion de fluide complexe : exemples (cristaux liquides, polymères fondus ou en solution...), problématique multiéchelle de la description des fluides complexes par milieu continu
 - 1.3. Comportement visqueux : observation/manifestations -> classification en régime permanent, interprétation structurale (suspensions colloïdales), nombre de Deborah -> classification en régime transitoire, modélisation (analyse dimensionnelle, modélisations empirique et structurale)
 - 1.4. Comportement viscoélastique : observation/manifestations, interprétation structurale (polymères), viscoélasticité linéaire / non linéaire
 - 1.5. Utilisation de la rhéologie dans l'analyse et le développement de produits cosmétiques
2. Mise en œuvre du procédé
 - 2.1. Les techniques d'agitation. Éléments de choix d'un mobile d'agitation
 - 2.2. L'analyse dimensionnelle. Hydrodynamique d'un réacteur agité
 - 2.3. Macromélange et micromélange. Méthode de caractérisation chimique. Temps de mélange
- 2.4. Intensification dans les micromélangeurs
- 2.5. Relations procédé et rhéologie

Modalités de contrôle des connaissances

DS écrit de 2h

Bibliographie

- E. Guyon, J.-P. Hulin et L. Petit, « Hydrodynamique physique », EDP Science (2001)
- N. Midoux : « Mécanique et rhéologie en génie chimique », TEC&DOC – Lavoisier (1993)
- P. Coussot et J.-L. Grossiord, « Comprendre la rhéologie : De la circulation du sang à la prise du béton », EDP Sciences (2001)
- S. Nagata, Mixing : Principles and Applications, Wiley, New York (1975)

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_GREEN_MRCO

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
14	13					25

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- Philippe Piccerelle de la faculté de pharmacie (Université Aix-Marseille)
- Marc Jaeger
- Pierrette Guichardon



Mélange, rhéologie et cosmétiques

Parcours GREEN

Damien Hérault
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Global vision of the numerous rheological behaviors and their impact on formulation and process development in cosmetics
– Understanding and knowledge of the determining factors of the stirred device on mixing in the case of Newtonian and more rheologically complex fluids

Programme

Theoretical aspects:

Formulation of a cosmetic product and physical chemistry

1/ Formulation strategy: different kind of cosmetic products (émulsions, gels, microcapsules...)
2/ Description of a complex fluid: examples (liquid crystal, molten polymer or polymer in a solution...). Multi scale analysis based on continuous mechanics for the description of a complex fluid

3/ Viscous behavior: Observation->classification in a steady state, structural elements (colloidal solution),
The Deborah Number->classification in an unsteady state Modeling: the dimensionless analysis, empiric and structural modeling

4/ Viscoelastic behavior: Observation, structural interpretation (polymers...), linear and non-linear viscoelasticity

5/ Rheology use in analysis and development of cosmetic products

Process development

1/ Different kind of stirrers

2/ Use of the dimensionless method

3/ Macromixing and micromixing: the chemical characterization by the Villermaux- Dushman method, mixing time

4/ The case of micromixers: an intensified mixing 5/ Links between process and rheological behavior

Modalités de contrôle des connaissances

Final test

Written

2h

100%

Bibliographie

slides

Crédits ECTS

1

Code de l'UE

ING_S9_GREEN_MRCO

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
14	11					25

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

– Pierrette Guichardon

– Marc Jaeger

– Philippe Piccerelle



Génie des réacteurs

Parcours GREEN

Nelson Ibaseta
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

La plupart des procédés contiennent au moins une étape de réaction. L'ingénieur généraliste souhaitant effectuer sa carrière dans les industries chimiques, pharmaceutiques ou de l'environnement doit être donc en mesure :

- d'établir un cahier de charges (type et volume de réacteur, chaleur à échanger, débits, etc.) en fonction du produit désiré et des propriétés du système
- d'évaluer les performances d'un procédé (sélectivité, taux de conversion) en fonction des paramètres opératoires
- d'identifier les paramètres clés d'une opération et évaluer leur influence

Programme

1. Réacteurs idéaux isothermes
2. Réacteurs idéaux non isothermes
3. Réacteurs réels
4. Réacteurs catalytiques

Ce programme sera abordé sous forme de cours, de travaux dirigés et/ou de mini-projets. Les élèves pourront avoir besoin d'outils informatiques (tablette, ordinateur portable) pendant certaines séances.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Capacité à résoudre des problèmes complexes
- Capacité à collecter et trier l'information
- Capacité à mobiliser une culture scientifique et technique
- Capacité à communiquer en français et anglais sur des sujets concernant la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

- DS1 : écrit surveillé : 50 %
- CC1 : compte rendu : 50 %

Bibliographie

Les slides du cours sont disponibles sur Moodle.
Les références bibliographiques suivantes sont disponibles au centre de documentation :

- H.S. Fogler, Elements of chemical reaction engineering ;
- J. Villermaux, Génie de la réaction chimique : conception et fonctionnement des réacteurs.

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_GREEN_GENR

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
13	12					25

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
Nelson IBASETA



Opérations de la chaîne du solide

Parcours GREEN

Nelson Ibaseta
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

60 % des produits chimiques sont commercialisés sous forme solide. De même, 90 % des médicaments contiennent un principe actif sous forme solide dans leur formulation. Par ailleurs, il existe un intérêt croissant sur les applications de la cristallisation dans le traitement des eaux, dans une démarche de valorisation des déchets.

L'objectif de cet UE est donc de permettre à un ingénieur généraliste de :

* Établir un cahier de charges (type et volume de cristalliseur, chaleur à échanger, débits, etc.) en fonction du produit désiré et des propriétés du système

* Évaluer les performances d'un procédé (taille des cristaux, forme cristalline, etc.) en fonction des paramètres opératoires

* Identifier les paramètres clés d'une opération et évaluer leur influence

Programme

1. Introduction
 - a. Chaîne du solide
 - b. Caractérisation
 - i. Structure cristalline
 - ii. Forme du cristal ; facteurs de forme
 - iii. Taille ; distribution de taille
2. Cristallisation
 - a. Thermodynamique
 - i. Solubilité
 - ii. Diagrammes de phases
 - b. Cinétique
 - i. Nucléation
 - ii. Croissance
 - c. Dimensionnement des cristalliseurs
 - i. Choix du cristalliseur
 - ii. Types de cristalliseurs
 - iii. Bilans de population ; modèle MSMR
3. Filtration
 - a. Introduction aux séparations solide – fluide
 - b. Principes de la filtration sur support
 - c. Types de filtres
4. Séchage
 - a. Principe de séchage
 - b. Types de séchoirs

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Capacité à résoudre des problèmes complexes
- Capacité à collecter et trier l'information
- Capacité à communiquer en français et anglais sur des sujets concernant la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

DS1 = évaluation finale 100%

Bibliographie

- D.W. Green, R.H. Perry (Eds), Perry's chemical engineers' handbook
- S. Myerson, Handbook of Industrial Crystallization
- W.L. McCabe, J. Smith et P. Harriot, Unit Operations of Chemical Engineering
- J.W. Mullin, Crystallization
- J.D. Seader, Separation Process Principles
- H.-H. Tung, E.L. Paul, M. Midler, J.A. McCauley, Crystallization of Organic Compounds. An Industrial Perspective

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_GREEN_SOLD

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
13	12					25

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Nelson Ibaseta (Centrale Marseille)
– David Baltes (Sanofi)



Traitement des gaz et Intensification

Parcours GREEN

Pierrette Guichardon
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

À l'issue de ce module, les élèves connaîtront les grandes familles de polluants gazeux les plus couramment rencontrés, tout en ayant en tête leurs effets nocifs sur la santé et l'environnement. Ils auront acquis une vision globale de l'ensemble des principaux de traitements existants ainsi que les critères de choix de ces procédés. D'une manière plus approfondie, ils auront connaissance des procédés de dépoussiérage, d'adsorption et de perméation gazeuse. Les notions acquises iront de la présentation du principe jusqu'à la description des éléments de dimensionnement. Enfin, les élèves auront été, dans le cadre d'un projet, sensibilisés au thème très actuel de l'intensification des procédés.

Programme

Le déroulement de la formation s'articule autour des parties suivantes :

- il sera, dans un premier temps, présenté les grandes familles de polluants gazeux et leurs effets sur la santé et l'environnement
- d'une manière exhaustive, nous décrirons les principaux procédés de traitement tout en précisant les critères aidant au choix du procédé le plus approprié
- une partie sera consacrée de manière détaillée au dépoussiérage : principe, principaux appareillages, éléments de dimensionnement
- une partie sera consacrée de manière détaillée à l'adsorption : principe, isothermes d'adsorption
- une partie sera consacrée de manière détaillée à la perméation gazeuse : généralités sur les procédés membranaires, éléments spécifiques de la perméation gazeuse, éléments de dimensionnement
- sensibilisation des élèves au thème très développé actuellement qui concerne l'intensification des procédés par la réalisation d'un projet

Modalités de contrôle des connaissances

- Contrôle écrit de 2 h (70 % de la note)
- Présentation orale du projet portant sur l'intensification (30 % de la note)

Bibliographie

- S. Bicocchi, M. Boulinguez, K. Diard, Les polluants et les techniques d'épuration des fumées. Cas des unités de traitement et de valorisation des déchets. État de l'art, 2e édition, Édition TEC&DOC, 2009
- W.L. McCabe, J.C. Smith, P. Harriott, Unit operations in chemical engineering, 4e édition, Mc Graw Hill, New York, 1984

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_GREEN_TGAZ

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
12	4			9		25

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Nelson Ibaseta
– Pierrette Guichardon



Eau et Industrie

Parcours GREEN

Damien Hérault
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Analyser des données d'effluents et proposer les procédés adaptés
- Dimensionner des procédés simples de dépollution des eaux
- Comprendre la problématique de l'impact environnemental des effluents industriels

Programme

- Introduction à la problématique environnementale des rejets industriels
 - Étude de la filière classique de traitement des eaux
 - Étude des procédés spécifiques aux influents et effluents industriels
 - Dimensionnement de procédés de traitement en fonction de la charge polluante et de la qualité de l'eau souhaitée
- La restitution et l'évaluation auront lieu sous forme de présentation d'une étude de cas menée en projet encadré, par groupe.

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation 100%

Bibliographie

Slides de cours, bibliographie de cours

Crédits ECTS

1

Code de l'UE

ING_S9_GREEN_EAUX

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
10	15					25

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

Audrey Soric



Énergie et Industrie

Parcours GREEN

Damien Hérault
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Cette UE développe et approfondit des thèmes du cours général MGP2 de 1^{re} année. L'accent est mis sur les méthodes de résolution pratique de problèmes réels tirés du domaine industriel, et en particulier du génie des procédés, de façon à pouvoir aborder un problème pratique de transfert thermique et dialoguer avec les spécialistes ou les bureaux d'études concernés par ce domaine (opérations du génie des procédés, échangeurs, fours, thermique du bâtiment, refroidissement des composants électroniques, etc.).

Programme

SEANCE 1 : CONDUCTION (1)

- Notions générales sur le transfert thermique - Unités usuelles
- Loi de FOURIER - Équation générale de la chaleur - Conditions aux limites
- Conductivité : ordres de grandeur, mesures
- Application aux géométries planes et cylindriques
- Conduction avec source
- Transferts en régime permanent 2D : les coefficients de forme

SEANCE 2 (a) : CONDUCTION (2)

- Transferts en régime dynamique (nombre de Biot, de Fourier)
- Corps thermiquement minces en régime dynamique
- Transferts en régime dynamique (mur semi-infini, paroi plane, cylindre)

SEANCE 2 (b) : CONVECTION (1)

- Définitions des phénomènes convectifs, ordres de grandeur
- Analyse dimensionnelle et nombres sans dimension
- Relations utilisables en convection forcée et en convection naturelle

SEANCE 3 (a) : CONVECTION (2)

- Définitions des phénomènes convectifs, ordres de grandeur
- Analyse dimensionnelle et nombres sans dimension
- Relations utilisables en convection forcée et en convection naturelle

SEANCE 3 (b) : AILETTES

- Types d'ailettes et définitions
- Efficacité des ailettes
- Méthode pratique de calcul

SEANCE 4 : ÉCHANGEURS

- Principaux types d'échangeurs - Définitions
- Écart logarithmique des échangeurs contre-courant et co-courant
- Autres types d'échangeurs. Facteur de correction F_t
- Nombre d'unités de transfert et fonctions d'efficacité
- Réseaux d'échangeurs

SEANCE 5 : RAYONNEMENT (1)

- Définitions, lois du corps noir, émittance
- Loi de Kirchoff, émissivité, absorptivité
- Rayonnement entre plans gris parallèles

SEANCE 6 : RAYONNEMENT (2)

- Rayonnement entre surfaces noires finies (facteurs de forme)
- Corps gris, corps réels
- Radiosité, calcul des enceintes avec parois grises

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Comme les modules de mécanique MGP1 et 2 restent généraux et théoriques, ce module vise à mettre en pratique les connaissances de base dans une démarche d'ingénierie, où les objectifs de développement prennent en compte de nouvelles contraintes. La gestion de paramètres variés pour la recherche d'une solution viable et optimale est visée ici.

Ce cours permet de mettre en œuvre et de synthétiser un ensemble de connaissances diverses (transferts thermiques, mathématiques, physique) dans le cadre d'une discipline transversale avec de nombreux domaines d'applications possibles. Les nouvelles compétences acquises sont transversales et permettent à l'ingénieur centralien de disposer

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation 3 h, 100 %

Bibliographie

- Document de cours polycopié avec des tables de valeurs thermophysiques
- Bibliographie :
 - Fundamental of Heat and Mass transfer – Franck P. Incopera – MacGraw-Hill
 - Transferts thermiques, Bruno Chéron – Ellipses
 - Atlas Thermique – VDI

Crédits ECTS

1

Code de l'UE

ING_S9_GREEN_ENER

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
12	13					25

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

Daniel ROUX



Contrôle des procédés

Parcours GREEN

Damien Hérault
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Without describing in detail or reiterating the justification of all the physical principles encountered in the various disciplines involved, the approach adopted is to establish analogies and propose approaches to obtain a mathematical model that can be used to control, the behavior of the process.

- A part is dedicated to the control itself, offers solutions adapted to different types of process.

Programme

Theoretical aspects:

Dynamics of systems - Modeling

- Concept of dynamic system
- Mathematical description
- Operative procedure
- Differential Equation- Transfer Function . Example
- Non linearity
- State equation

Process control

- Finality
- PID controllers - setting methods
- Limitations of PID
- Improved PID - Cascade Control – Split range – Over ride control – Feed forward control - Internal Model Control
- Systems with delay - PIR
- Discrete-time Control Systems . Stability – Steady state errors . Control design
- Predictive approach

Practical teachings:

- Use cases

Modalités de contrôle des connaissances

Continuous examination 100%

Bibliographie

Books available in the library (J.-P. Couriou, R. Lonchamp)

Crédits ECTS

1

Code de l'UE

ING_S9_GREEN_COPR

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
13		12				25

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

Alain Kiliidjian



Socle de connaissances scientifiques

Parcours PICSEL

Laurent Gallais
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_3A_S9_OAP-
PICSEL_TC

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Gestion de Systèmes complexes

Parcours PICSEL

Laurent Gallais
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_3A_S9_OAP-
PICSEL_TC

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Conférences d'Industriels

Parcours PICSEL

Laurent Gallais
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_3A_S9_OAP-
PICSEL_TC

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Fondamentaux de la Photonique

Parcours PICSEL

Nicolas Sandeau
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
4

Code de l'UE
ING 3A S9 OAP-
PICSEL_FOPH

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Smarts Systems

Parcours PICSEL

Salah Bourennane
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Connaître les fondamentaux des systèmes intelligents
- Connaître et savoir mettre en œuvre les méthodes de détection, de communication et d'analyse
- Aborder les technologies et maîtriser quelques techniques de traitement de données
- Réaliser un travail relatif aux systèmes intelligents
- Mettre à profit les enseignements dispensés dans le cas d'un projet pluridisciplinaire

Programme

Les systèmes intelligents font maintenant partie de notre quotidien, comme en témoigne l'existence de nombreuses applications qui s'appuient sur les paradigmes de l'intelligence artificielle (IA). Les systèmes intelligents sont des systèmes qui incluent des processus, fondés sur plusieurs théories pour reproduire quelques comportements humains, afin de réaliser une tâche ou un ensemble de tâches. Cette unité d'enseignement vise à fournir une vue d'ensemble et une introduction au domaine croissant et de plus en plus stratégique de l'intégration de systèmes intelligents. Ces systèmes deviennent omniprésents et peuvent être présents dans tous les domaines. Ce cours permettra d'acquérir les principaux fondamentaux et les technologies des systèmes intelligents et leur intégration. Les systèmes intelligents associent le traitement des données souvent massives et/ou hétérogènes [Big Data] à la détection, à l'actionnement et à la communication, et sont capables d'analyser des situations complexes, de prendre des décisions autonomes et d'être prédictifs et sécurisés. Le cours décrira aussi les progrès réalisés dans l'industrie et le monde académique à l'aide d'exemples tirés de divers secteurs industriels. Les techniques sous-jacentes permettant de tels systèmes seront décrites en parallèle aux processus utilisés pour créer ces technologies.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Maîtriser la complexité des systèmes et les problèmes associés
- S'inscrire dans une vision stratégique et savoir la mettre en œuvre
- Savoir conduire des programmes
- Créer de la valeur par l'innovation scientifique et technique

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu

Bibliographie

notes de cours

Crédits ECTS
4

Code de l'UE
ING 3A S9 OAP-
PICSEL_SMSY

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
60	10	10				80

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- Salah Bourennane
- Caroline Fossati
- Thierry Gaidon



Telecom et IoT

Parcours PICSEL

Ali Khalighi
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'ingénierie des systèmes de télécommunications sans fil et d'IoT est une expertise qui permet aux futurs diplômés de s'insérer dans ce secteur économique en plein essor, notamment avec l'émergence des objets connectés massifs et le déploiement imminent des futurs réseaux 5 G. Ils auront le savoir-faire nécessaire pour mettre en œuvre les technologies de la prochaine génération des réseaux avec une grande efficacité énergétique et spectrale. Ils peuvent faire valoir leurs connaissances dans de nombreuses applications émergentes, en particulier celles relevant des futurs smart-cities et smart-homes. Aussi, ils pourront jouer le rôle du conseil pour la mise en place des nouveaux réseaux et sur les technologies à choisir pour interconnecter des dispositifs pour les clients de l'Internet des objets (IoT).

Programme

- Bases des transmissions numériques :
 - Traitement de l'information pour les systèmes de télécoms
 - Techniques d'émission (compression, codage, multiplexage, modulation ...) et de réception (détection, démodulation, décodage ...)
 - Milieu (canal) de transmission et les perturbations associées
 - Protocoles de transmission
 - Systèmes multi-utilisateurs
 - Transmissions ultra-large-bande, radio logicielle et radio intelligente
 - Consommation énergétique de systèmes/réseaux et techniques d'« éco-radio »
 - Protocoles quantiques de transmission d'informations (cryptographie quantique, téléportation quantique, « entanglement swapping »)
- Applications :
 - Transmissions sans-fil : téléphonie mobile (y compris les futurs réseaux 5G), télédiffusion, réseaux large-bande locaux (Wi-Fi), étendus (WiMAX, LPWAN : LoRa – Sigfox ...), et personnels (Bluetooth, Zigbee ...)
 - Réseaux de capteurs, réseaux « smart-grids » ...
 - Transmissions filaires : ADSL, courant porteur ...
 - Communications satellitaires
 - Communications optiques par fibre, optique sans fil (communications laser ou Free-Space Optics, FSO, Li-Fi, éclairage intelligent ...)
 - IoT industriel et IoT pour les environnements intelligents (smart-city et smart-home, e-health, usines du futur) ; Webservice et interface avec le Cloud ; Fog networking ...
- TP :
 - TP Labview, Matlab et Simulink-Matlab : étude d'une chaîne de transmission sans-fil.
 - TP transmission optique sans-fil (maquette de transmission)
 - TP IoT industriel : cas d'usage de Smart-building
 - TP systèmes multi-utilisateurs à base de CDMA et d'OFDM (maquettes de transmission).
- Conférenciers/intervenants extérieurs :
 - Nokia Bell-labs, ERCOM, SNEF-Connect, GreenCityZen, Netatmo ...

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Ce module donne aux élèves les fondements des télécommunications et une bonne compréhension des systèmes de communication, ce qui leur permet d'acquérir des compétences solides constituant des systèmes de transmissions numériques, en particulier sans-fil. Outre les systèmes classiques déployés massivement à ce jour, seront abordés les systèmes avancés de communication qui sont considérés comme des niches technologies, notamment en lien avec les applications relevant de l'IoT, et les principaux défis pour le déploiement de ces systèmes.

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu=80%, TA=20%

Bibliographie

- Fundamentals of digital communication, Cambridge University Press, 2008
- Visible light communications : theory and applications, CRC Press, 2017
- LTE and the evolution to 4G Wireless : design and measurement challenges, Agilent Technologies, 2009
- Cellular internet of things : technologies, standards, and performance, Elsevier Academic Press, 2018

Crédits ECTS
4

Code de l'UE
ING 3A S9 OAP-
PICSEL_TIOT

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
40	10	20	10			80

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- Ali Khalighi
- Hassan Akhouayri
- Nicolas Bertaux
- Thomas Durt



Imagerie Avancée pour le Biomédical

Parcours PICSEL

Gaëlle Georges

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

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

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

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

Programme

Le programme est divisé comme suit.

1. Problématiques médicales de l'imagerie

Enseignements réalisés par des médecins pour présenter le contexte médical, les problématiques et les besoins des médecins en termes d'imagerie ou de diagnostic.

2. Imagerie avancée pour le biomédical

L'imagerie pour le biomédical désigne les techniques qui ont pour but de sonder et d'observer les organes. Dans ce cadre, on peut aborder les notions physiques et les modélisations liées à l'interaction entre les tissus (diffusants et/ou absorbants) avec la lumière. L'objectif est, ici, de montrer comment, à partir d'une mesure liée à l'interaction entre une onde et un tissu, on peut construire une image (modélisation, reconstruction...).

3. Imagerie avancée pour la biologie

On abordera, ici, les techniques d'imagerie haute résolution pour sonder et observer à l'échelle de la cellule ou en dessous. La microscopie optique est une technique très utilisée pour l'observation des mécanismes cellulaires. De nombreuses techniques ont été développées pour augmenter, d'une part la sensibilité ou le contraste, et d'autre part la résolution. L'objectif de cette UE est de présenter quelques-unes des techniques avancées utilisées en biophotonique (la microscopie de fluorescence, qui fait partie des techniques de référence pour marquer des structures cellulaires précises et ainsi d'étudier des fonctions biologiques particulières, la microscopie non linéaire, qui permet de générer de nouveaux contrastes...).

On s'intéressera également aux nouveaux capteurs utilisés en biologie en particulier pour le diagnostic in vitro (biopuces, systèmes lab on chip...).

4. Traitement des images

- Tomographie : reconstruction d'images 3D à partir de projections 2D
- Reconstruction par compressive sensing en imagerie : amélioration des résolutions spatiales et temporelles des acquisitions 3D (situation)
- Recalage et fusion d'information pour l'imagerie multimodale
- Classification : Deep learning

Compétences et connaissances visées dans la discipline

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

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

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôles continus (écrits, comptes rendus de travaux pratiques)

Bibliographie

- Supports des cours
- I.N. Bankman, Handbook of Medical Image Processing and Analysis (2009)
- Valery Tuchin, Tissue optics: Light scattering methods and instruments for medical diagnosis, 3e édition (2015)
- Marcel Locquin et Maurice Langeron, Handbook of Microscopy, 1re édition (1983)

Crédits ECTS

4

Code de l'UE

ING 3A S9 OAP-
PICSEL_IMAB

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
						80

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Laetitia Abel Tibérini
- Salah Bourennane
- Caroline Fossati
- Gaëlle Georges
- Frédéric Lemarquis
- Muriel Roche
- Nicolas Sandeau
- Intervenants extérieurs



Images : formation, perception et représentation

Parcours PICSEL

Laurent Gallais
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'objectif de ce module est de présenter les maillons essentiels d'une chaîne d'imagerie : des fondamentaux de la formation des images aux technologies matérielles pour acquérir puis restituer l'image à l'humain, en passant par le traitement et l'analyse des images par une machine pour en extraire l'information. Il apportera les connaissances de base de chacune des briques technologiques de cette chaîne et les éléments fondamentaux concernant la vision humaine et machine.

Ces acquis pourront être mis en œuvre pour comprendre, dimensionner, développer et intégrer des applications dans le domaine de l'imagerie.

Programme

Que cela soit dans les domaines industriels, médicaux, scientifiques ou dans notre quotidien, l'image est au cœur de nombreux systèmes et d'applications :

- L'imagerie médicale, qui joue un rôle clé pour le diagnostic, la surveillance et le traitement des maladies humaines ;
- La réalité augmentée et les technologies d'affichage 3D, qui transforment l'interaction de l'humain avec son environnement ;
- Les systèmes autonomes fondés sur l'intégration d'algorithmes d'intelligence artificielle et de traitement de données aux systèmes de vision ;
- Sources d'observation, de prévention des risques, de surveillance environnementale issues de l'imagerie embarquée (drones) ou satellitaire ;
- Vision industrielle pour le contrôle qualité, l'observation en milieu hostile, la robotique...

Le cours est structuré en plusieurs séquences :

- Bases physiques de la formation d'images
- Capteurs d'images
- Perception visuelle
- Systèmes d'affichages
- Traitements des images

Les cours seront complétés par des travaux pratiques, expérimentaux sur la plateforme photonique, et numériques sur PC.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Ingénieurs capables de travailler sur des systèmes complexes fondés sur l'imagerie, que ce soit pour effectuer la mise en place d'une chaîne d'imagerie pour une application, des traitements à partir d'images numériques, le suivi d'affaires ou de projets mettant en œuvre des systèmes d'acquisition et de traitements complexes dans l'image et le multimédia.

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle Continu

Crédits ECTS
4

Code de l'UE
ING 3A S9 OAP-
PICSEL_IFPR

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
50		30				80

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- Caroline Fossati
- Laurent Gallais-During (responsable)
- Frédéric Lemarquis
- Muriel Roche



Ingénierie Statistique

Parcours PICSEL

Antoine Roueff
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

On fournira à l'ingénieur les bases méthodologiques de l'ingénierie statistique, afin de formuler et de résoudre des problèmes d'ingénierie à l'aide de techniques statistiques. Les ingénieurs ainsi formés pourront maîtriser les outils statistiques pour la description et l'analyse de données en vue d'applications très variées, comme pour les systèmes autonomes, pour les systèmes physiques ou pour les processus industriels. Ces notions très générales pourront également être très utiles pour la qualité, le conseil ou la logistique.

Programme

- Approfondissement sur les notions d'aléatoires pour les statistiques et le traitement de l'information
- Méthodes statistiques standards et bayésiennes pour les tâches telles que : l'estimation de paramètres, la détection d'événements ou la classification de données
- Méthodes de classification des données et techniques d'apprentissage
- Modélisation des données (séries temporelles, données multivariées...)
- Représentation des données et recherche des corrélations
- Présentation des notions essentielles de théorie de l'information et applications
- Approfondissements sur les bornes de performances (pour l'estimation, la détection) et leur utilisation pratique
- Introduction aux notions de complexité en statistiques appliquées
- Illustrations et mises en application sur de nombreux exemples variés

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Définir et caractériser différents systèmes de traitement des données pour de nombreux domaines d'activité (C1)
- Maîtriser les outils statistiques pour l'analyse des données issues de systèmes industriels, physiques ou pour le management (C5)
- Comprendre les facteurs essentiels dans les systèmes complexes (C2)

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 = contrôle continu (deux écrits d'une heure chacun) = 55 %
- CC2 = comptes rendus de TP = 35 %
- CC3 = exposés (en TP) = 10 %

Bibliographie

- Ph. Réfrégier, « Noise theory and application to physics », Springer, 2003
- P.H. Garthwaite, I.T. Jolliffe et B. Jones « Statistical Inference », Prentice Hall, 1995
- T.M. Cover et J.A. Thomas, « Elements of information theory », Wiley, 2006
- A. Ruegg, « Processus stochastiques - Avec applications aux phénomènes d'attente et de fiabilité »- Presses polytechniques et universitaires romandes 1989

Crédits ECTS
4

Code de l'UE
ING 3A S9 OAP-
PICSEL_INST

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
38	6	36				80

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- F. Galland
- Ph. Réfrégier
- A. Roueff



Mathematical and Computational Modeling

Parcours PICSEL

Miguel Alonso
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

To provide an introduction to the theoretical and computational modeling of light-based devices within a wide range of applications. The students will familiarize themselves with modeling tools that are widely used in optics and photonics, but will also understand the underlying physics of the modeled system as well as the working principles and inherent approximations involved in these common simulation tools. The students will also explore the application of several of these techniques in other physical contexts such as acoustics or quantum mechanics.

Programme

The course will be composed of four modules:

Module 1: Theoretical and computational models for light-based devices
This module will provide an overview of the mathematical and physical principles behind several wave field modeling techniques, including the elaboration of simple computational implementations. The goal is that these implementations will clarify the working principles of the programs used in the following modules.

Module 2: Guided electromagnetic wave modeling using Fimmwave
Modeling of guided modes in fibers and integrated optics, with some applications in hyperfrequency.

Module 3: Photonic device modeling using COMSOL Multiphysics
Solving complex problems and interpreting phenomena in photonics using COMSOL Multiphysics, which is based on solving the physical partial differential equations using the finite elements method.

Module 4: Modeling of quantum systems using MATLAB
Use of variational and modal methods to simulate quantum phenomena, using MATLAB.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

C1 Innovation Scientifique et Technique: Obtaining deep insight into physical phenomena is essential for proposing new applications. Similarly, understanding the analogies amongst different fields provides inspiration for importing ideas from one context to another.
C2 Maîtrise de la complexité et des systèmes: The course will stress the intersection of optics with a range of other disciplines like telecommunications and metrology.

Modalités de contrôle des connaissances

5 CC, 2 pour le Module 1, 1 pour chaque autre Module, 20% chacun.

Bibliographie

Notes provided by the instructors, as well as documentation of the different software packages used.

Crédits ECTS
4

Code de l'UE
ING 3A S9 OAP-
PICSEL_MACM

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
20	60					80

Langue du cours
Anglais

Équipe pédagogique

- Miguel A. Alonso
- Rodrigo Gutierrez-Cuevas
- Laurent Gallais-During
- Jean Bitterbiere
- Thomas Durt



Systèmes embarqués

Parcours PICSEL

Ali Khalighi
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Une nouvelle génération de systèmes riches en capteurs et massivement distribués est en train d'émerger, ce qui va avoir un impact économique et environnemental très important. On peut citer de nombreuses applications concernées, notamment des voitures autonomes, des drones aériens et sous-marins, des systèmes d'automatisation dans les usines, des environnements intelligents, des réseaux de capteurs, des sondes spatiales, etc. Dans la plupart de ces applications, on a besoin des systèmes intégrés reconfigurables, qui fonctionneront de manière autonome pendant des années dans des environnements difficiles et incertains, atteignant des niveaux de compétences et de robustesse sans précédent. La conception et la réalisation de ces systèmes embarqués intelligents nécessitent une révolution logicielle qui rassemble un ensemble varié de méthodes de calcul allant de l'intelligence artificielle, du génie logiciel, à la recherche opérationnelle et au contrôle.

Programme

- Principes des systèmes embarqués intelligents :
 - Contraintes en CPU, énergie, mémoire, I/O et coût
 - Capteurs et acquisition de données
 - Sécurité des systèmes embarqués, stratégies d'attaques ciblant les parties logicielles et matérielles
- Conception et réalisation :
 - Conception modulaire et l'abstraction
 - Langage C
 - Systèmes de calcul numérique parallèle (CPU, GPU)
 - Programmation en VHDL et prototypage par FPGA
 - Prototypage avec microcontrôleur, Raspberry, Arduino...
 - Interfaçage et bus électroniques, standards de transmission
 - Acquisition de données et conception avec Labview / Matlab
- TP :
 - TP programmation en C
 - TP programmation en VHDL avec les outils CAO associés (ModelSim, Quartus, etc.)configuration de FPGA avec des design-kits Altera/Xilinx
o TP Labview
- Mini-projets :
 - o Exemples concrets d'application et configuration des cartes Arduino, Raspberry...
- Conférenciers/intervenants extérieurs :
 - o IFREMER, YELLOWSCAN, OSEAN, OLEDCOMM...

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Ce module porte sur les principes des systèmes embarqués et les méthodes de conception, prototypage et réalisation de tels systèmes. Outre les aspects physiques, le module offre aux élèves un ensemble d'outils de conception, dont la maîtrise est indispensable pour le prototypage et la réalisation des systèmes embarqués dans un large éventail d'applications.

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu = 60 %, TA et projet = 40 %

Bibliographie

- Introduction aux systèmes embarqués temps réel : Conception et mise en œuvre, Dunod, 2018
- Systèmes temps réel embarqués : Spécification, conception, implémentation et validation temporelle, Dunod, 2014

Crédits ECTS
4

Code de l'UE
ING 3A S9 OAP-
PICSEL_SYEM

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
30	10	20	10	10		80

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Ali Khalighi
– Hassan Akhouayri
– Nicolas Bertaux



Technologies Spatiales

Parcours PICSEL

Laurent Gallais
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

La conception, la réalisation, la validation et l'exploitation d'instruments spatiaux, que ce soit pour l'observation de la Terre ou les sciences de l'Univers, requièrent la mise en œuvre de technologies et de techniques bien particulières, à toutes les étapes d'un projet spatial. Celles-ci permettent de réaliser des instruments non seulement adaptés à l'environnement sévère, mais répondant également à l'exigence de fiabilité qui en découle.

L'objectif est de présenter les techniques spécifiques à ce domaine, ainsi que les technologies de pointe associées, qui seront présentées en prenant comme exemple la conception et la réalisation d'un instrument d'observation pour l'astrophysique. Sera abordée également la déclinaison de celles-ci pour des missions d'observation de la Terre ou pour des domaines industriels autres.

Programme

Après une présentation du contexte et des bases de la préparation d'une mission spatiale, notamment en termes de phasage, de niveau de maturité (TRL) et de qualité ainsi que la déclinaison des contraintes spécifiques au spatial sur les techniques et technologies associées, le programme développé sera le suivant :

- Ingénierie système : présentation des aspects importants dans l'analyse et la conception d'un système optomécanique spatial, depuis l'établissement de spécifications jusqu'à l'établissement d'un budget d'erreur et l'estimation des performances
- Techniques d'analyse spectrale : ce module a pour but de faire découvrir les différentes techniques d'analyse spectrale utilisées en astrophysique, mais que l'on rencontre aussi pour certaines dans d'autres domaines, y compris dans l'industrie.
- Maîtrise du front d'onde : présentation des différentes techniques permettant de contrôler et maintenir la qualité du front d'onde d'un télescope ou d'un instrument spatial (optique active/adaptative spatiale)
- Optomécanique spatiale : conception d'un système optomécanique spatial, depuis sa définition, en passant par sa modélisation thermomécanique et l'insertion de systèmes d'actionnement et de mesure, jusqu'à la préparation des tests fonctionnels
- Assemblage, intégration, tests/validation : ce module abordera la phase de qualification d'un instrument ou système spatial, notamment les différents tests en environnements (vide, thermique, vibrations) réalisés au cours de l'intégration puis de la validation du système

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Thème 2 : Systèmes complexes et complexité

Les instruments spatiaux sont des instruments extrêmement complexes par leur nature technique et par leur conception, intégration et validation. Ces cours permettront aux étudiants d'aborder cette complexité.

Thème 3 : Programmes

Les missions spatiales sont conçues dans le cadre de programmes nationaux ou internationaux. Ces enseignements permettront d'en aborder les aspects scientifiques et techniques.

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle Continu

Bibliographie

Notes de cours et documents de travail fournis par l'équipe enseignante.

Crédits ECTS
4

Code de l'UE
ING 3A S9 OAP-
PICSEL_TESP

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
	6	8				66

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

Enseignements assurés par les astronomes et ingénieurs du laboratoire d'Astrophysique de Marseille, avec des intervenants d'Airbus, du CNES, de l'ESA, de l'ONERA et de Thales.
Responsables : Marc Ferrari, Éric Prieto



Projets

Parcours PICSEL

Laurent Gallais
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING 3A S9 OAP-
PICSEL_PROJ

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Méthodes numériques en mécanique

Parcours MECA

Emmanuelle Sarrouy
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Sensibiliser aux enjeux de la simulation numérique contemporaine aussi bien en termes de moyens de calcul que des spécificités des modèles d'équations rencontrés en fluides, solides ou acoustiques.
- Faire le lien avec des notions générales et de bases vues en mathématiques d'un point de vue théorique et les appliquer dans le contexte métier de la mécanique.
- Apporter une vision globale des méthodes numériques utilisées en mécanique (solides, fluides) :
 - être capable de paramétrer basiquement un code de calcul basé sur des méthodes de discrétisation classiques (éléments finis, volumes finis)
 - être capable d'appréhender les méthodes spécifiques rencontrées dans les codes de calcul pour paramétrage en fluide et solides.

Programme

On insistera sur les spécificités des problèmes rencontrés en mécanique des solides, en mécanique des fluides et en acoustique, et on justifiera les différentes approches utilisées. Les particularités liées aux simulations numériques de problèmes non linéaires seront abordées. On mettra en évidence les difficultés liées au paramétrage d'outils de calcul industriels. Huit heures seront dédiées à une initiation à un logiciel multiphysique.

- Considérations générales
 - Tendances actuelles sur les moyens de calcul, vers le massivement parallèle
 - Principes généraux des schémas de discrétisation en temps et espaces, convergence-stabilité-consistance, schémas implicites et explicites
 - Généralités sur différences finies, éléments finis, méthodes spectrales, volumes finis, éléments de bord
- Méthodes numériques en mécanique : une introduction à la CFD
 - Techniques volumes finis et technique éléments finis en fluide
 - Le problème de l'incompressibilité en fluides
 - Application à la résolution des équations de Navier-Stokes pour un fluide incompressible – Méthodes stabilisées
 - Simulation de la turbulence en fluide
 - Vers une utilisation éclairée des codes de calcul industriels en fluide : le cas Ansys-Fluent
- Méthodes numériques en mécanique : une introduction au calcul des solides et des structures
 - Code éléments finis, techniques éléments finis, cadre algorithmique
 - Au-delà de l'élasticité : schémas en temps, problèmes non linéaires (pas de temps, itérations) approche lagrangienne totale
- Méthodes numériques en mécanique : une introduction à l'acoustique
 - Éléments finis en acoustique
 - Méthodes aux intégrales de bord
- De la CAO au calcul : vers une approche intégrée de la conception à la simulation ; application de la méthode isogéométrique aux fluides et solides
- Applications pratiques sous COMSOL Multiphysics : travaux pratiques sur machines (8 h)

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Capacité à tenir compte des problèmes physiques de base pour utiliser des codes de calcul industriel [C2]
- Capacité à construire des solutions logicielles nouvelles pour simuler des phénomènes complexes non présents dans des outils de calcul industriel en standard [C1]
- Capacité à appréhender une situation complexe à physiques multiples pour proposer des solutions logicielles performantes [C1 et C2]
- Capacité à la prise de recul par rapport à une utilisation raisonnée des outils [C3]

Modalités de contrôle des connaissances

- CC = CR de TP (50 %)
- DS = évaluation écrite de 2 h (50 %)

Bibliographie

- Support de cours en PDF
- T.J.R. Hughes, The finite element method, éd. Prentice-Hall, 1987
- A. Ibrahimbegovic, Nonlinear solid mechanics, Hermes, 2009
- J. Wendt, Computational Fluid Dynamics, Springer, 2009

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MECA_MENU

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
10	6	8	0	0	0	24

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Dominique Eyheramendy
– Vacataire pour les TP



Ondes linéaires en mécanique

Parcours MECA

Emmanuelle Sarrouy
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Découvrir la large gamme de phénomènes courants relevant des ondes et des vibrations
- Être capable d'appréhender les phénomènes dynamiques en mécanique (des solides, fluides et en acoustique)
- Savoir distinguer les notions d'ondes et de vibrations et connaître les formalismes dédiés
- Maîtriser les outils théoriques de base afférents à ces notions
- Savoir utiliser des outils numériques pour résoudre différents types de problèmes

Programme

- Rappels de cours et introduction aux phénomènes d'ondes et de vibration dans différents médias
- Introduction de la dimension temporelle en MMC et conséquences
 - Notion d'onde
 - Formalisme
- Différents types d'équations et de solutions
- Introduction des conditions aux limites
- Ondes stationnaires et vibrations
 - Modes propres
- Outils et méthodes
 - Théorème Pi de Buckingham et applications
 - Transformée de Fourier, TFD, critère de Shannon
 - Condition CFL
- Introduction à l'acoustique non linéaire
 - Équations constitutives dans le cas non linéaire non visqueux
 - Équations constitutives dans le cas non linéaire visqueux
 - Applications de l'acoustique non linéaire

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Savoir modéliser des problèmes dynamiques (C2)
- Savoir identifier les paramètres caractéristiques d'un problème (C2)
- Savoir définir la méthodologie de résolution d'un problème dynamique (C2)
- Savoir identifier des phénomènes dynamiques complexes type instabilité ou chaos (C2)

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 = CR de TP (50 %)
- CC2 = Dossier scientifique (50 %)

Bibliographie

- J. Billingham et A.C. King, Wave Motion, Cambridge University Press, 2001
- G.B. Whitham, Linear and nonlinear waves, Wiley, 1999
- J. Sirven, Les ondes : du linéaire au non linéaire, Dunod, 1999

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MECA_ONLI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
8	8	8	0	0	0	24

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- Daniel Mazzoni
- Christophe Eloy
- Emmanuelle Sarrouy
- Bruno Cochelin



Turbulence

Parcours MECA

Olivier Boiron
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Cette UE sur la turbulence est composée de 2 modules complémentaires. Dans le premier module, on présente les mécanismes de développement des instabilités hydrodynamiques et l'apparition de la turbulence. À la fois du point de la description phénoménologique et du point de vue de la mise en équation des phénomènes associés dans le cadre d'une approche linéarisée. Puis on s'intéresse à la modélisation de la turbulence en présentant les principales méthodes de modélisation des écoulements turbulents, en mettant en avant les avantages et les faiblesses de chacune d'elles.

Le second module, axé sur les transferts turbulents de chaleur et de masse, approfondit les connaissances par rapport au précédent en insistant beaucoup plus sur les applications pratiques, mais aussi sur des analyses théoriques qui permettent de compléter et approfondir les concepts présentés dans le premier module (notions d'invariants du tenseur de Reynolds et de « réalisabilité » des modèles, notamment).

Programme

– Le 1er module présente en premier lieu les éléments classiques de la théorie linéaire de développement des instabilités (notions de seuil, de modes propres...) et les applique ensuite à différentes situations (instabilités de Kelvin-Helmoltz, de Rayleigh-Bénard, ondes de capillarité-gravité). Puis on traite de l'apparition de la turbulence et de la nécessaire utilisation de la décomposition de Reynolds. La suite de ce module présente alors les modèles les plus usuels de turbulence au 1er ordre, avec les spécificités de chacun.

– Le 2e module approfondit ces analyses en s'intéressant d'une part aux modèles de turbulence au second ordre et aux complexités (couplage pression-vitesse en particulier) que ces modèles permettent de prendre en compte et d'autre part aux écoulements avec transferts de chaleur et/ou de masse qui n'étaient pas abordés dans le 1er module. Le tout est illustré par l'analyse de nombreux cas concrets d'écoulements rencontrés tant dans l'industrie que dans les applications environnementales.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Savoir modéliser et analyser des écoulements turbulents, en choisissant le modèle plus pertinent [C2]
- Maîtriser les méthodes de modélisation/simulation numérique des écoulements turbulents [C2]
- Savoir calculer les caractéristiques principales (intensités turbulentes, échelles caractéristiques) des écoulements turbulents [C2]
- Savoir interpréter des résultats d'expérience [C2]

Modalités de contrôle des connaissances

- DS = évaluation écrite de 3 h, avec un sujet correspondant à chacune des deux grandes parties du cours pour le 1er module (50 %)
- CC = analyse et présentation orale d'une publication pour le 2e module (50 %)

Bibliographie

- M. Abid, F. Anselmet, C. Kharif, Instabilités hydrodynamiques et Turbulence, Cépaduès Éditions (2017)
- F. Charru, Instabilités hydrodynamiques, EDP Sciences (2007)
- P. Chassaing, Turbulence en mécanique des fluides, Cépaduès Éditions (2000)

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_MECA_TURB

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
36	12					48

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– F. Anselmet (ECM)
– M. Abid (AMU)



Mécanique des fluides avancée

Parcours MECA

Olivier Boiron
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Cette UE regroupe deux modules qui sont chacun spécifiques à un domaine d'applications très fréquentes de la mécanique des fluides, à savoir l'aérodynamique et les écoulements multiphasiques. Les compétences et connaissances visées correspondent au niveau minimal requis, soit pour interagir avec des spécialistes de ces domaines ou traiter par soi-même des problèmes classiques courants, soit pour approfondir ces connaissances par la lecture d'ouvrages spécialisés ou par la participation à des formations complémentaires spécialisées.

Programme

– Le 1er module porte sur l'aérodynamique. Il comporte, d'une part la présentation de la théorie dite de « l'aile mince », qui permet, notamment, grâce à des outils simples qui sont dérivés de la théorie des écoulements potentiels, d'évaluer la portance des ailes d'avions. D'autre part la présentation par deux représentants du secteur des transports (automobiles et hélicoptères) des méthodes les plus récentes utilisées dans l'industrie permet de bien identifier les points durs qui empêchent, notamment, d'améliorer encore plus leurs performances. L'écart énorme de complexité entre ces deux types d'approches justifie que seuls les outils simplifiés puissent être exposés dans le cadre du cours. Ces outils sont néanmoins toujours utilisés en aéronautique dans le cadre d'études de faisabilité et de prédimensionnement.

– Le 2e module concerne les écoulements multiphasiques. Il permet de présenter aux élèves les développements théoriques spécifiques à ces écoulements, en partant tout d'abord des équations les plus générales, puis en s'intéressant de façon spécifique à deux situations particulières, les écoulements d'équilibre liquide/vapeur que l'on rencontre, notamment, dans l'industrie nucléaire, ainsi que les problèmes liés aux aérosols que l'on peut rencontrer tant dans l'industrie que dans l'environnement (pollutions et risques sanitaires associés).

Compétences et connaissances visées dans la discipline

– Savoir modéliser et analyser un problème d'aérodynamique ou des écoulements multiphasiques, en choisissant le niveau de modélisation le plus pertinent [C2]
– Maîtriser les méthodes de modélisation/simulation numérique associées à ces types de situations [C2]
– Savoir interpréter des résultats d'expérience [C2]

Modalités de contrôle des connaissances

– Pour le 1er module, l'évaluation se fait sous la forme d'un mini-projet informatique qui met en œuvre les outils simples présentés dans ce module (50 %).
– Pour le 2e module, l'évaluation se fait sous la forme d'une évaluation écrite de trois heures (50%).

Bibliographie

– R. Borghi, F. Anselmet, Modélisation des écoulements multiphasiques turbulents hors d'équilibre, Hermes-Lavoisier (2014)
– A. Mailliat, Les milieux aérosols et leurs représentations, EDP Sciences (2010)
– I. Paraschivoiu, Aérodynamique subsonique, Presses polytechniques de Montréal (1999)

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_MECA_MEFA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
36	12			48		48

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

– F. Anselmet (ECM)
– M. Abid (AMU)
– Encadrants extérieurs du milieu industriel (CEA/IRSN)



Écoulements géophysiques

Parcours MECA

Olivier Boiron
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Acquérir des connaissances et des compétences dans le domaine de la mécanique des fluides appliquée aux écoulements atmosphériques et océaniques, aux vagues, tsunamis et autres aléas maritimes
- Comprendre les mécanismes et processus physiques gouvernant ces phénomènes, afin d'être en mesure d'utiliser des outils de modélisation (numériques ou expérimentaux), d'analyser des effets observés sur le milieu naturel (p. ex. : érosion du littoral) ou sur des structures anthropiques (p. ex. : digue portuaire, éolienne en mer)
- Acquérir un bagage scientifique suffisant pour intégrer une équipe de projet portant sur les domaines océaniques, cours d'eau ou atmosphériques
- Développer un sens critique sur les outils d'étude au sens large mis en œuvre pour étudier, modéliser ou prévoir ces écoulements et vagues en milieu océanique, côtier ou sur cours d'eau. Savoir tirer le meilleur parti de ces outils et méthodologies d'étude, en les utilisant au mieux de leurs capacités et en gardant un sens critique sur les résultats obtenus

Programme

- Dynamique des vagues et vagues extrêmes :
 - Principaux processus physiques intervenant dans la génération des vagues et leur propagation de l'océan jusqu'à la côte
 - Théories pour la cinématique des vagues (vitesses, pression, etc.)
 - Transformation des vagues en zone côtière et déferlement
 - Interactions des vagues avec les structures et agitation portuaire
 - Vagues extrêmes (scélébrates) : mécanismes de formation et caractérisation
 - Différents types de modèles mathématiques pour les états de mer et les vagues (principes, hypothèses, limitations, exemples de résultats, etc.)
- Écoulements géophysiques et hydrauliques :
 - Physique des écoulements à grande échelle dans l'atmosphère et l'océan (effets de rotation de la Terre)
 - Notion de dynamique atmosphérique et de météorologie
 - Instabilités pour les écoulements géophysiques
 - Marées astronomiques et surcotes-décotes météorologiques
 - Écoulements en rivière et sur cours d'eau (ondes dans les cours d'eau, effets de seuils et d'ouvrages en rivière, etc.)

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Transmettre une expertise sur la physique et la modélisation des vagues, tsunamis, et ondes en milieu marin et des écoulements atmosphériques et hydrauliques à surface libre [C2]
- Donner des clés pour comprendre les mécanismes physiques qui régissent ces écoulements et vagues, leur dynamique, et leurs interactions avec le relief naturel et les ouvrages (structures de génie civil de types portuaires ou côtiers, enjeux environnementaux, etc.) [C2]
- Transmettre des notions permettant de faire les meilleurs choix en termes d'outils à utiliser pour des projets ou études, d'émettre des spécifications, d'interpréter des résultats de façon pertinente [C3]
- Avoir un niveau de maîtrise suffisant pour proposer, susciter ou discuter d'innovations en lien avec ces domaines [C1]

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 = évaluation écrite avec documents autorisés sur la partie « Dynamique des vagues » 50 %
- CC2 = évaluation écrite avec documents autorisés sur la partie « Écoulements géophysiques et hydrauliques » 50 %

Bibliographie

Dynamique de l'océan et de l'atmosphère, P. Bougeault et R. Sadourny, Éditions de l'École polytechnique, 2001

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_MECA_EGEO

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
36	12					48

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- Michel Benoit, professeur en mécanique des fluides et hydrodynamique (44 h)
- Hubert Branger, CR CNRS, océanographie physique (4 h)



Hydrodynamique marine

Parcours MECA

Bernard Molin
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING_S9_MECA_HYMA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
32	16					48

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Génie Maritime et Offshore

Parcours MECA

Olivier Kimmoun
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING_S9_MECA_GEMA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
32	16					48

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Hydrodynamique appliquée

Parcours MECA

Olivier Kimmoun
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING_S9_MECA_HYAP

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
32	16					48

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Structures minces, dynamique et instabilités

Parcours MECA

Emmanuelle Sarrouy
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Acquérir les connaissances nécessaires à la compréhension des modèles de structures (hypothèses et cadre d'application), ainsi que les méthodes de dimensionnement associées :
 - Savoir modéliser et analyser les structures à base de poutres et de plaques
 - Maîtriser les méthodes de dimensionnement en élasticité linéaire et en flambement
- Acquérir les notions fondamentales autour des oscillations dans les milieux continus (solides et fluides) et les utiliser pour résoudre des problèmes industriels :
 - Savoir déterminer et exploiter les modes propres d'un milieu continu linéarisé
 - Savoir calculer des niveaux vibratoires pour des structures de grandes tailles
 - Connaître les principaux modes d'instabilités dynamiques

Programme

– 1^{re} partie : Structures minces, flambement

- Rappels d'élastodynamique tridimensionnelle (cinématique, sthénique, loi de Hooke, équations locales, formulations intégrales)
 - Modèles de poutres :
 - Hypothèses d'Euler-Navier-Bernoulli et de Timoshenko
 - Établissement des modèles
 - Théorèmes énergétiques (Ménabréa et Castigliano)
 - Dimensionnement en élasticité
 - Modèles de plaques (Kirchhoff-Love et Reissner-Mindlin)
 - Instabilités des structures minces en compression sous rotations modérées (flambement d'Euler, modèle de von-Karman)
- ### – 2^e partie : Dynamique, vibrations, instabilités
- Modes propres : définition et application aux cas des solides élastiques linéaires, modes acoustiques, modes de ballonnement des fluides
 - Réponses forcées : introduction d'amortissement, calcul de réponses forcées, réduction de modèle par troncature et sous-structuration
 - Quelques problèmes pratiques : vibrations des rotors, absorbeurs dynamiques.
 - Instabilités dynamiques induites par les écoulements ou le frottement : présentation des mécanismes de divergence, de flottement, de galop
 - Vibrations non linéaires : limites de la linéarisation, dépendance fréquence-amplitude, stabilité

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Savoir modéliser et analyser des structures complexes [C2]
- Maîtriser les méthodes de dimensionnement en élasticité et en dynamique linéaire [C2]
- Savoir anticiper des phénomènes complexes d'instabilité [C2]
- Proposer des approches réduites pour minimiser les coûts de calcul [C5]

Modalités de contrôle des connaissances

- DS1 = évaluation écrite de 2 h sur la 1^{re} partie (50 %)
- CC = CR de TP pour la 2^e partie (10 %)
- DS2 = évaluation écrite de 2 h sur la 2^e partie (40 %)

Bibliographie

- Polycopiés de cours en PDF
- P. Ballard et A. Millard, Poutres et arcs élastiques, Édition École polytechnique, 2009
- C.R. Calladine, Theory of shell structures, Cambridge University Press, 1983
- M. Géradin et D. Rixen, Théorie des Vibrations, Application à la dynamique des structures, Masson, 1993
- M. Lalanne et G. Ferraris, Rotordynamics Prediction in Engineering, 2e édition, Wiley, 1998

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING_S9_MECA_SMIN

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
32	10	6	0	0	0	48

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Stéphane Bourgeois
– Bruno Cochelin
– Emmanuelle Sarrouy



Comportement des matériaux

Parcours MECA

Emmanuelle Sarrouy
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Dépasser le cadre de l'élasticité linéaire sous hypothèse des petites perturbations
- Découvrir les principaux types de comportements non linéaires des matériaux
- Connaître le cadre thermodynamique dans lequel les modèles généraux doivent s'inscrire
- Maîtriser plusieurs modèles de comportement
- Savoir traiter des problèmes en grandes déformations
- Maîtriser les notions de configuration et de mesure de contraintes et de déformations vues en première année adaptées au cadre des grandes déformations
- Savoir formuler des lois de comportements en grandes déformations
- Savoir mettre en œuvre ces notions dans le cadre d'un logiciel de calcul

Programme

- **1^{re} partie : Viscoplasticité et endommagement**
 - Mise en évidence sur essais de traction simple
 - Thermodynamique des processus irréversibles comme cadre d'écriture des modèles de comportement
 - Deux exemples de modèles d'élasto(visco)-plasticité
 - Un exemple de modèle d'élasticité-endommagement
 - Transition déformations diffuses-déformations localisées : conditions d'existence
- **2^e partie : Grandes déformations**
 - Définition de la cinématique et de la sthénique en grandes déformations
 - Équations d'équilibre
 - Réécriture du cadre thermodynamique dans les différentes configurations
 - Élasticité non linéaire
 - Modèles hyperélastiques, cas particuliers de l'isotropie et de l'incompressibilité
 - Quelques exemples de modèles dissipatifs, notions d'états intermédiaires et application aux élastomères

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Savoir identifier le modèle de comportement approprié au problème traité (C2)
- Modéliser des problèmes complexes aux modèles de comportement évolués (C2)
- Mener et analyser des calculs en grandes déformations (C2)
- Proposer des modèles de comportements adaptés à des matériaux nouveaux (C1)

Modalités de contrôle des connaissances

- DS1 = évaluation écrite de 2 h sur la 1^{re} partie (50 %)
- DS2 = évaluation écrite de 2 h sur la 2^e partie (50 %)

Bibliographie

- Polycopié et support de cours en PDF pour la 2e partie
- J. Garrigues, Cinématique des milieux continus (en ligne)
- J. Lemaitre et J.-L. Chaboche, Mécanique des matériaux solides, 2004
- D. François, A. Pineau et A. Zaoui, Élasticité et plasticité, 2009
- G. Holzapffel, Nonlinear solid mechanics, 2000
- C. Felippa, Nonlinear Finite Elements (en ligne)

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_MECA_COMA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
28	16	4	0	0	0	48

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
- Thierry Désoyer
- Stéphane Lejeunes



Outils logiciels en mécanique

Parcours MECA

Emmanuelle Sarrouy
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Acquérir une vision large des outils logiciels utilisant la méthode des éléments finis en mécanique des solides
- Connaître et savoir utiliser la méthode des éléments finis dans un cadre logiciel
 - Connaître les fondements théoriques de la méthode
 - Savoir définir un problème dans un cadre logiciel
 - Savoir construire les étapes de la résolution d'un problème dans un cadre logiciel
 - Maîtriser les méthodes de résolution d'un problème non linéaire dans ce cadre
- Savoir analyser et critiquer un résultat de calcul

Programme

- **Partie 1 : Méthode des éléments finis (32 h) :**
 - Introduction et rappels théoriques
 - Présentation et prise en main du logiciel Abaqus
 - Traitement de différents problèmes en relation avec les autres UE sous forme de TP (élasticité/plasticité, treillis de poutres, plaques et coques, vibrations, grandes déformations)
- **Partie 2 : Simulation dans le cadre du génie des procédés (16 h) :**
 - Intérêt de la simulation numérique dans le secteur nucléaire Outils et méthodes de simulation disponibles pour la simulation des procédés
 - Applications industrielles
 - Comportement des matériaux métalliques, cas de l'acier : microstructure, thermique et métallurgie, conséquences mécaniques
 - Mise en œuvre *via* le logiciel Sysweld pour la simulation de l'essai de dilatométrie bloqué : compréhension et analyse des résultats

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Savoir formuler des problèmes complexes dans un cadre logiciel (C2)
- Savoir analyser et critiquer les résultats d'un calcul (C2)
- Savoir formuler des requêtes de développement spécifique pour un logiciel (C1)
- Savoir choisir le logiciel le plus adapté aux problèmes traités (C5)

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 = CR de mini-projet pour la partie 1 (50 %)
- CC2 = CR de TP pour la partie 1 (15 %)
- CC3 = CR de mini-projet pour la partie 2 (35 %)

Bibliographie

- Notes de cours (Introduction et rappels théoriques EF)
- Support de cours (partie 1)
- Support de cours (partie 2)
- M. Bonnet et A. Frangi, Analyse des solides déformables par la méthode des éléments finis, Les éditions de l'École Polytechnique, 2006
- T.J. Hughes, The finite element method: linear static and dynamic finite element analysis, Dover, 2012

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_MECA_OUTL

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
8	8	32	0	0	0	48

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- Iulian Rosu (ingénieur de recherche CNRS, Laboratoire de mécanique et d'acoustique)
- Stéphane Bourgeois
- Stéphane Lejeunes
- Emmanuelle Sarrouy
- Florence Gommez (ingénieur mécanique, Framatome, Lyon)



Composites et stratifiés

Parcours MECA

Emmanuelle Sarrouy
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Découvrir les différents types de matériaux composites et leur mise en œuvre
- Acquérir les méthodes de calcul des structures en matériaux composites
- Maîtriser la notion d'anisotropie en élasticité linéaire
- Savoir remplacer un milieu hétérogène par un milieu homogène équivalent (approches micro-macro) dans une démarche de modélisation
- Maîtriser les concepts de modélisation des stratifiés (modèles de plaques)
- Savoir analyser les critères de rupture propres aux matériaux hétérogènes

Programme

- Généralités sur les matériaux composites :
 - constituants : inclusions, fibres, résines, tissus
 - mise en œuvre : moulages, pultrusion, centrifugation, enroulement filamentaire
 - produits finis : stratifiés, plaques et poutres sandwichs
- Comportement élastique des milieux hétérogènes :
 - notion de volume élémentaire représentatif (VER) et comportement homogène équivalent
 - caractérisation du VER (milieux aléatoires, périodiques) et élasticité anisotrope
 - méthodes d'homogénéisation (Voigt, Reuss, modules effectifs, homogénéisation périodique, estimations et bornes de Hashin et Shtrickman) et mise en œuvre dans un code EF (Abaqus)
 - Modes et critères de rupture des stratifiés (contraintes et déformations maximales, Tsai-Hill, Hoffman, Tsai-Wu)
- Modèles de plaques stratifiées et sandwichs
- Applications au dimensionnement des structures composites

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Connaître une gamme de matériaux et leurs potentiels pour différentes applications (C5)
- Utiliser des modèles de matériaux hétérogènes (C2)
- Définir des modèles simplifiés de matériaux hétérogènes pour des calculs efficaces (C2)
- Être à même de proposer des modélisations de matériaux innovants (C1)

Modalités de contrôle des connaissances

- DS = évaluation écrite de 2 h (75 %)
- CC = CR de TP (25 %)

Bibliographie

- Transparents de cours PDF
- M. Bornert, T. Bretheau et P. Gilormini, Homogénéisation en mécanique des matériaux, tomes 1 et 2, Hermes, 2001
- J.-M. Berthelot, Matériaux composites : comportement mécanique et analyse des structures, Tec&Doc, 1999
- D. Gay, Matériaux composites, Hermes, 1991

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MECA_COST

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
16	4	4	0	0	0	24

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
Stéphane Bourgeois



Dynamique rapide et crash

Parcours MECA

Emmanuelle Sarrouy
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Découvrir les problématiques spécifiques liées à la modélisation des matériaux et des structures en dynamique rapide et *crash* :
 - schémas d'intégration explicites en temps
 - non-linéarités géométriques (grandes rotations, grands déplacements)
 - comportements non linéaires des matériaux
 - contact-frottement
 - éléments finis spécifiques
- Utiliser et savoir paramétrer un code de calcul explicite (Radioss)

Programme

- Introduction à l'analyse des systèmes mécaniques en dynamique
- Présentation de la suite logicielle HyperWorks
- Discrétisation en temps (implicite/explicite, condition de stabilité des schémas)
- Discrétisation en espace (éléments finis et « *hourglass control* »)
- Relations de comportement de différents matériaux
- Modélisation du contact
- Ajout de contraintes cinématiques et de chargements
- Mise en pratique par l'utilisation d'un code de calcul de dynamique rapide (HyperWorks/Radioss)
- Mise en données du problème
- Choix et paramétrage des algorithmes
- Analyse critique des résultats de calcul

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Connaître les spécificités théoriques de la dynamique rapide (C2)
- Savoir choisir de construire un modèle adapté au problème traité (C2)
- Savoir choisir l'algorithmie adaptée au problème traité (C2)
- Savoir analyser et critiquer un résultat de calcul (C2)

Modalités de contrôle des connaissances

CC = CR de mini-projet (100 %)

Bibliographie

Support de cours

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MECA_DYCR

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
8	8	8	0	0	0	24

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- Pierre-Christophe Masson (ingénieur, Altair, Lyon)
- Mathis Loverini (ingénieur, Altair, Lyon)



Interactions fluide structure

Parcours MECA

Olivier Boiron
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Acquérir les connaissances nécessaires pour identifier les situations pouvant potentiellement engendrer des couplages fluides/structures et être en situation de proposer des solutions palliatives quand cela est possible
- Connaître les principaux modes de couplages
- Savoir modéliser, analyser et dimensionner un problème de couplage FS simple
- Savoir interpréter des expériences mettant en œuvre des couplages FS

Programme

- Exemples de couplages FS dans les domaines du génie civil, de l'aéronautique/spatial, de l'énergie
- Rappels de mécanique des fluides et d'élastodynamique
- Analyse dimensionnelle des couplages FS – Classification des problèmes d'interactions fluide/structure
- Structure immergée dans un fluide au repos – masse ajoutée
- Aéroélasticité (coefficients aéroélastiques et applications en aéronautique et en génie civil)
- Ballotement de fluides dans des réservoirs (*Tuned Liquid Damper*, effet POGO)
- Conduites déformables (applications en biomécanique et en hydraulique)
- Introduction à l'étude numérique des couplages FS

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Savoir modéliser et analyser des couplages fluides/structures (C2)
- Maîtriser les méthodes de dimensionnement associées (C2)
- Savoir calculer les efforts aérodynamiques sur des structures (C2)
- Savoir interpréter des résultats d'expérience (C2)

Modalités de contrôle des connaissances

- CC évaluation de 2 h (70 %) - TP de 4 h (30 %)

Bibliographie

- E.H. Dowell, A modern course in aeroelasticity, Kluwer acad. publisher, 2004
- C. Carmona et J.-C. Foucriat, Comportement au vent des ponts, Presses des ponts et chaussées, 2002
- E. de Langre, Fluides et solides, Éditions de l'École polytechnique, 2001
- M. Païdoussis, Fluid-structure interactions, T1&2, Elsevier, 2004

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MECA_INF5

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
16		8				24

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
O. Boiron



Milieux poreux

Parcours MECA

Emmanuelle Sarrouy
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Comprendre le comportement d'un milieu poreux
- Savoir modéliser le comportement d'un milieu poreux diphasique
- Connaître les principaux couplages thermo-hydro-mécaniques
- Être à même de considérer des situations ou des milieux poreux plus complexes :
 - milieux triphasiques
 - transfert de polluant
 - grandes déformations
 - érosion...
- Savoir mettre en œuvre un calcul logiciel pour les milieux poreux

Programme

- Historique de la poromécanique, problématique et analyse de quelques cas réels
- Description physique à l'échelle microscopique, obtention de quelques grandeurs par changement d'échelle
- Équations de conservation diphasique, expression des dissipations, partitionnement des contraintes, contraintes effectives et principe de Terzaghi, importance de la compressibilité des constituants solides ou fluides
- Lois de diffusion (diffusion de la chaleur avec advection, diffusion de la masse fluide, loi de Darcy)
- Élastoplasticité des milieux poreux (rôle des trois invariants du tenseur des contraintes, critères de rupture de type Mohr-Coulomb, modèles de comportement de type Cam-Clay), essais de laboratoire (triaxial drainé, non drainé)
- Les divers couplages THM : couplages par les lois de conservation, couplages constitutifs, aperçus du cas triphasique air/eau/solide (sols non saturés)
- TP réalisés avec Abaqus

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Comprendre le comportement des milieux poreux (C2)
- Savoir proposer un modèle adapté au problème (C2)
- Analyser et critiquer les résultats de calcul (C2)
- Élaborer des modèles complexes de milieux multiphasiques pour un problème nouveau (C1)

Modalités de contrôle des connaissances

- DS = évaluation écrite de 2h (100%)

Bibliographie

Polycopié de cours

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MECA_MIPO

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
12	8	4	0	0	0	24

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
Stéphane Bonelli (directeur de recherche,
Iristea, Aix-en-Provence)



Aéro acoustique

Parcours MECA

Olivier Boiron
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Ce cours présente les concepts et les phénomènes spécifiques à la génération du son et à sa propagation dans des milieux fluides au repos ou en mouvement, ainsi que les bases de l'aéroacoustique. Le cours a pour objectif de permettre à un élève, lorsqu'il sera ingénieur, de bien maîtriser les notions mathématiques et physiques de base nécessaires à la résolution de problèmes d'acoustique, d'aéroacoustique et de vibrations, en particulier en utilisant des outils numériques du commerce : savoir évaluer des ordres de grandeur raisonnables, savoir maîtriser les différents niveaux d'approximation impliqués par ces outils de modélisation numérique, savoir interpréter et analyser de façon critique les résultats obtenus, etc.

Programme

Le cours est organisé en deux parties.
– Dans la 1^{re} partie, on rappelle tout d'abord les bases de l'acoustique (notions sur les ondes et la propagation, les différents types de sources...) puis on examine différentes applications (propagation dans une atmosphère stratifiée ou en milieu confiné...).
– Dans la 2^e partie, on s'intéresse spécifiquement à l'aéroacoustique, sa caractérisation expérimentale et sa modélisation en vue de la mise en œuvre de simulations numériques. Pour cela, on présente les modèles classiques, et de complexité croissante, que sont par exemple les approches de Lighthill, de Ribner ou de Corcos. Finalement, quelques exemples de simulations numériques récentes permettent d'illustrer les limites de ces modèles.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Savoir modéliser et analyser des phénomènes acoustiques ou aéroacoustiques [C2]
- Maîtriser les méthodes de modélisation/simulation numérique des acoustiques ou aéroacoustiques [C2]
- Savoir calculer les caractéristiques principales (niveaux, pics fréquentiels) des phénomènes acoustiques ou aéroacoustiques [C2]
- Savoir interpréter des résultats d'expérience [C2]

Modalités de contrôle des connaissances

DS de 3 h, avec un sujet correspondant à chacune des deux grandes parties du cours.

Bibliographie

- F. Anselmet, P.O. Mattei, Acoustique, aéroacoustique et vibrations, ISTE Éditions (2015)
- S. Léwy, Acoustique industrielle et aéroacoustique, Hermes (2002)

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MECA_AEAC

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
18	6					24

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- F. Anselmet (ECM)
- Y. Knapp (Université d'Avignon et Pays du Vaucluse)



Méthodes expérimentales

Parcours MECA

Olivier Boiron
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- L'objectif de ce module sur les Méthodes expérimentales est double :
 - d'une part donner aux étudiants une vue d'ensemble des problématiques liées à la métrologie dans le contexte de la mécanique (c'est-à-dire des mesures spécifiques de contraintes, de vitesse, de température, etc.). Ceci est fait dans le cadre de deux cours de quatre heures, l'un centré sur les techniques de mesure, l'autre sur le traitement des données et du signal ;
 - d'autre part par l'intermédiaire de trois séances de travaux pratiques découvrir et étudier, théoriquement et expérimentalement, des phénomènes physiques originaux : instabilités de jet, propagation d'ondes de surface, couche limite turbulente.
- Connaître les principales techniques de mesure en mécanique
- Connaître les principales sources d'erreur métrologiques
- Savoir interpréter des expériences

Programme

- Cours 1 et 2
- Introduction aux techniques expérimentales
 - Aspects normatifs d'une mesure
 - Caractéristiques et performances d'une chaîne de mesure
 - Acquisition et traitement des données numériques
 - Mesures de déformation dans les solides (jauges de déformation, stéréocorrélation)
 - Mesures de contraintes dans les fluides (mesures de pression, de frottement)
 - Mesure de vitesse dans les fluides (sondes de pression, anémométrie fil/film chaud, vélocimétrie laser Doppler, vélocimétrie par images de particules)
 - Mesure de température (pour les fluides et les solides), sondes physiques (thermocouple, Pt100, etc.), thermographie, fluorescence induite par laser
- Techniques de traitement appliquées à des mesures d'ondes de surface dans un bassin :
 - Filtrage
 - Décomposition modale
 - Analyse temps/fréquence
- Travaux pratiques
 - Étude de l'instabilité de Plateau-Rayleigh (formation de gouttes dans un jet liquide)
 - Étude, en canal hydraulique, du *run-up* d'un soliton sur un mur vertical
 - Étude d'une couche limite turbulente par anémométrie fil chaud

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Savoir analyser un problème de mesure expérimentale [C2]
- Savoir déterminer les caractéristiques ad hoc du système de mesure employé [C2]
- Connaître les principales techniques de mesure usitées en mécanique et en maîtriser les avantages/inconvénients [C2]
- Connaître les principales techniques de traitement de données [C2]

Modalités de contrôle des connaissances

- 3 TP = 100 % (3 séances de TP par étudiant)

Bibliographie

- E. Rathakrishnan, Instrumentation, measurements and experiments in Fluids, CRC Press, 2007
- A.S. Moris et R. Langari, Measurement and Instrumentation, second Édition : Theory and Application, Elsevier, 2015
- M. Kutz, Mechanical engineer's handbook, vol. 2, Wiley, 2015

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MECA_METX

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
8		12				20

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Olivier Boiron (ECM)
– Olivier Kimmoun (ECM)
– Cédric Maury (ECM)
– Daniel Mazzoni (ECM)



Energies nouvelles et renouvelables

Parcours MECA

Olivier Boiron
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'objectif de ce module sur les énergies nouvelles et renouvelables est de proposer un survol des principaux procédés envisagés pour produire de l'énergie dans le futur, en se limitant aux procédés pour lesquels la mécanique des fluides joue un rôle prépondérant, comme pour les éoliennes ou les hydroliennes. Cette partie de cours, moins détaillée que les parties correspondantes du S8 Énergie durable de l'École centrale Marseille, est suffisante pour les élèves qui n'ont pas pour objectif de se spécialiser dans ce domaine et surtout pour ceux, les plus nombreux, qui ont effectué leur S8 en mobilité internationale. Elle est complétée par deux séances sur la modélisation par système des ensembles énergétiques (méthode *Bond Graph*). L'évaluation consiste en une séance de TP de 4 heures, soit sur le banc Bahia de pile à combustible, soit sur une éolienne de laboratoire installée dans une soufflerie. Ce module ouvre néanmoins pour les étudiants de larges perspectives de stages de fin d'études ou d'embauches, comme on le constate chaque année.

Programme

Les enseignements de ce module se répartissent en quatre séances de quatre heures chacune, qui sont centrées sur, respectivement, les aspects socio-économiques et les enjeux liés notamment au réchauffement climatique, les éoliennes, les énergies marines renouvelables, ainsi que les piles à combustible et la filière hydrogène. Ainsi qu'en deux séances, de quatre heures également, sur la modélisation par système et, plus particulièrement la méthode *Bond Graph*, qui est très couramment utilisée pour analyser et optimiser le fonctionnement de systèmes complexes, tels ceux rencontrés dans le domaine des énergies renouvelables. Des cas concrets sont traités en exemples.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C1 : Innovation scientifique et technique
- C2 : Maîtrise de la complexité et des systèmes :
 - Savoir analyser un problème lié à l'énergie et savoir proposer des solutions adaptées en termes d'énergies renouvelables (C2)
 - Savoir interpréter des résultats d'expérience en vue d'optimiser un choix ou un fonctionnement (C2)
- C3 : Direction de programme :
 - Savoir piloter la mise en place d'un programme lié aux énergies renouvelables (choix de la solution technique/financière optimale), ainsi que la gestion de sa mise œuvre (construction, suivi technique, gestion des personnes impliquées...)

Modalités de contrôle des connaissances

TP = 100 % (1 seule séance de TP par étudiant)

Bibliographie

- G. Dauphin-Tanguy, Les bond graphs, Hermes (2000)
- D. Le Gourières, Les éoliennes, Éditions du Moulin Cadiou (2008)
- G. Sarlos, P.A. Haldi, P. Verstraete, Systèmes énergétiques, Presses polytechniques et universitaires romandes (2003)

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MECA_ENOR

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
22	2	4				28

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- M. Benoit (ECM)
- Enseignants de l'AMU, intervenant du ministère de l'Environnement



Biomécanique et micro-hydrodynamique

Parcours MECA

Olivier Boiron
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Appréhender la complexité des caractéristiques et du fonctionnement de milieux vivants
- Prédire et analyser les phénomènes mécaniques du monde du vivant pour apporter un nouvel éclairage issu de la mécanique sur des problématiques de santé
- Savoir identifier les mécanismes clés et choisir les bons modèles en fonction du problème considéré pour les milieux vivants
- Acquérir et maîtriser certains outils de modélisation et de caractérisation de milieux vivants

Programme

Les objectifs du programme seront conceptualisés lors d'une intervention introductive qui présentera les motivations pédagogiques. Quelques exemples de l'articulation - système biologique, fonctionnement, pathologie, modélisation, diagnostic et thérapie - permettront de relier le contexte médical et le contexte mécanique. Le contexte médical sera abordé par un clinicien rompu aux activités de recherche clinique. Les cours portant sur la caractérisation, la modélisation des tissus et fluides biologiques et les interactions fluide/structure seront dispensés par des enseignants-chercheurs spécialistes du domaine. Ils seront déclinés en explicitant leur apport relativement aux exemples d'articulation. Dans le cadre d'un projet, différents articles scientifiques en lien direct avec les cours seront proposés aux étudiants afin de leur permettre d'appréhender la recherche scientifique. Enfin, un travail pratique qui sera une application concrète des cours sera proposé.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Savoir appréhender et simplifier un problème complexe ayant à la biomécanique (C2)
- Savoir proposer des solutions adaptées (C2)
- Savoir structurer son travail dans le temps (C3)
- Savoir rendre compte de ses travaux aussi bien à l'oral qu'à l'écrit (C3)

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 = 10 % de QCM au début de chaque cours
- CC2 = 25 % restitution TP
- TA = 25 % analyse bibliographie
- DS = 40 %

Bibliographie

- Y.C. Fung, Mechanical Properties of Living Tissues, Édition Springer
- Y.C. Fung, Circulation, Édition Springer
- Y.C. Fung, Motion, Flow, Stress, and Growth Édition Springer
- Jay D. Humphrey, Cardiovascular Solid Mechanics: Cells, Tissues, and Organs, Édition Springer

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MECA_BIOM

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
14	4	6				24

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- Cécile Baron
- Olivier Boiron
- Carine Guivier Curien
- Valérie Deplano
- Un(e) clinicien(ne)



Génie cotier avancé

Parcours MECA

Olivier Kimmoun
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MECA_GECO

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Tenue des matériaux et des structures

Parcours MECA

Emmanuelle Sarrouy
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Découvrir les approches classiques de la mécanique linéaire de la rupture
- Découvrir les principales caractéristiques du phénomène de fatigue des matériaux et des structures sur des exemples simples
- Connaître les approches classiques en fatigue dite « uniaxiale » et découvrir les approches actuelles en fatigue (multiaxiale)
- Acquérir les concepts et les méthodes de calcul permettant de dimensionner les structures vis-à-vis du calcul à la rupture et de l'analyse limite

Programme

– Partie 1 : Phénomènes et modèles

- Mécanique linéaire de la rupture : domaine de validité et problème type
- Approche locale de la rupture : facteurs d'intensité de contraintes et critère du K1c
- Approche globale de la rupture : taux de restitution d'énergie et critère de Griffith
- Comparaison entre les deux approches classiques en mécanique linéaire de la rupture
- Influence du trajet de chargement (monotone ou cyclique) sur le comportement à la rupture des structures solides : phénoménologie et classification

– Fatigue « uniaxiale » à grand nombre de cycles : courbe de Wöhler et diagramme de Haigh ; loi de Paris

- Fatigue « uniaxiale » à petit nombre de cycles (oligocyclique) : loi de Manson-Coffin
- Fatigue multiaxiale à grand nombre de cycles : critère macroscopique de Sines et micro de Dang Van

– Partie 2 : Dimensionnement des structures

- Notions de charges limites et mécanismes de ruine plastique : exemples d'un treillis de barre et d'un arbre cylindrique en torsion
- Théorie du calcul à la rupture : notion de domaine de résistance local en contraintes et approche statique pour le calcul des chargements potentiellement supportables par une structure
- Approche duale cinématique
- Notion de coefficient de sécurité
- Application aux structures poutres, notion de rotule plastique en flexion

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Connaître les mécanismes de rupture (C2)
- Connaître les principaux critères de rupture (C2)
- Savoir déterminer les mécanismes pouvant mener à la rupture d'un système donné (C2)
- Savoir dimensionner une structure vis-à-vis de la tenue à la rupture (C2)

Modalités de contrôle des connaissances

- DS1 = évaluation écrite de 1 h sur la 1^{re} partie (50 %)
- DS2 = évaluation écrite de 1 h sur la 2^e partie (50 %)

Bibliographie

- Supports de cours en PDF
- J. Garrigues, Cinématique des milieux continus (en ligne)
- J. Lemaitre et J.-L. Chaboche, Mécanique des matériaux solides, éd. Dunod, 2004
- D. François, A. Pineau et A. Zaoui, Viscoplasticité, endommagement, mécanique de la rupture, mécanique du contact, éd. Lavoisier, 2009
- J. Salençon, Calcul à la rupture et analyse limite, Presses de l'ENPC, 1983

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MECA_TEMS

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
18	6	0	0	0	0	24

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Thierry Désoyer
– Stéphane Bourgeois



Architecture navale

Parcours MECA

Olivier Kimmoun
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MECA_ARNA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Génie civil

Parcours MECA

Emmanuelle Sarrouy
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Donner un aperçu général des différents types de projets et métiers dans le domaine du génie civil
- Connaître les grandes phases d'un projet de construction
- Acquérir une vision générale :
 - des réglementations
 - des technologies de constructions et notamment du béton armé
 - des principes de dimensionnement
- Sensibiliser aux problématiques du développement durable dans le cadre de la conception et de la réalisation d'un ouvrage

Programme

- Introduction générale
- Les acteurs du projet
- Le fonctionnement ingénieur - architecte
- Les temps du projet (les différentes étapes d'un projet)
- La réglementation (essentiellement du bâtiment) :
- Urbanisme
- Sécurité incendie
- PMR
- Séisme
- DTU
- Fascicules...
- Technologies de la construction : terrassements, fondations, les différentes structures, les autres corps d'états
- Descente de charges et contreventement
- Dimensionnement courant des ouvrages (bâtiments et ouvrages d'art courants, comme les ponts)
- Qualité environnementale et développement durable dans la construction

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Connaître l'ensemble des temps et acteurs d'un projet (C3)
- Connaître les contraintes réglementaires afférentes à un projet (C3)
- Savoir dimensionner les éléments principaux des ouvrages courants (C2)
- Savoir intégrer la notion de développement durable à un projet (C5)

Modalités de contrôle des connaissances

- CC = CR de mini-projet (100%)

Bibliographie

- Polycopié de cours
- Support de cours

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MECA_GECI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
12	12	0	0	0	0	24

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

Didier Bruneel (ingénieur, département des Bouches-du-Rhône, Marseille)



Optimisation des structures

Parcours MECA

Emmanuelle Sarrouy
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Acquérir les bases théoriques nécessaires à la formulation d'un problème d'optimisation en mécanique des structures
 - à travers des exemples simples et académiques
 - à travers un certain nombre d'applications industrielles en s'initiant à un logiciel d'optimisation professionnel (OptiStruct)
- Découvrir les méthodes en cours de développement dans le domaine de l'optimisation

Programme

- Enjeux de l'optimisation de structures
- Les grandes classes de problèmes
- Introduction aux notions théoriques de base de l'optimisation différentiable en dimension finie et aux principes algorithmiques d'optimisation numériques
- Introduction au contrôle optimal
- L'optimisation paramétrique
- L'optimisation géométrique
- L'optimisation topologique (SIMP, homogénéisation, pénalisation)
- Prise en main et paramétrage d'un code industriel (OptiStruct)
- Autres méthodes (lignes de niveau, algorithmes génétiques...) et nouvelles tendances

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Savoir formuler un problème d'optimisation (C2)
- Savoir choisir et mettre en œuvre l'algorithmie appropriée (C2)
- Savoir utiliser et paramétrer un logiciel de calcul en vue d'une optimisation (C2)
- Savoir analyser et critiquer les résultats de calcul (C2)

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 = CR de TP (40 %)
- DS1 = évaluation écrite de 2 h (30 %)
- DS2 = évaluation sur machine de 2 h (30 %)

Bibliographie

- Supports de cours en PDF

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MECA_OPST

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
16	0	8	0	0	0	24

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
Jean-Marie Rossi



Projet

Parcours MECA

Emmanuelle Sarrouy
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Mettre en œuvre les différentes connaissances et compétences apprises au fil de la formation, qu'elles soient techniques ou organisationnelles
- Savoir aborder un problème réel et ses différentes contraintes
- Savoir compléter ses connaissances et compétences selon les besoins du projet
- Travailler en équipe et en interface avec un mandataire
- Structurer son travail dans le temps
- Savoir rendre compte de ses travaux

Programme

- Différents sujets sont proposés en début d'année (mi-septembre) et traités chacun par un groupe de deux à trois étudiants. Ces sujets sont des points d'intérêt pour le monde de la recherche académique et/ou industrielle.
- L'encadrement est assuré par un ou deux enseignants ou collaborateurs extérieurs.
- Une demi-journée par semaine environ y est dédiée.
- Le travail est réalisé principalement en autonomie, et les étudiants ont à leur charge de contacter des personnes-ressources pour les aider à traiter les points durs.
- Le projet se conclut par une soutenance et la remise d'un rapport (dernière quinzaine de mars).

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Savoir aborder et décomposer un problème complexe (C2)
- Savoir proposer des solutions innovantes (C1)
- Savoir structurer son travail dans le temps (C3)
- Savoir rendre compte de ses travaux (C3)
- Savoir trouver une organisation au sein d'un groupe et en interface avec des collaborateurs extérieurs (C4)

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 = Soutenance (50 %)
- CC2 = Rapport (50 %)

Bibliographie

Dépendante du sujet

Crédits ECTS
5

Code de l'UE
ING_S9_MECA_PROJ

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
0	0	0	0	100	0	100

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- Enseignants de mécanique
- Encadrants extérieurs du milieu industriel ou de la recherche universitaire



Théorie des marchés financiers

Parcours MMEFI

Renaud Bourlès
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'objectif de cette UE est de fournir aux étudiants les concepts généraux gouvernant les principaux modèles de la finance. Cela afin de mieux comprendre la multitude des produits financiers disponibles, leur valorisation et le fonctionnement des marchés. L'application de pratique de ces modèles sera également étudiée via des exercices d'optimisation de portefeuille.

Programme

L'UE se décompose en deux parties complémentaires.

Dans un premier temps, dans le cadre du cours de modèles de la finance, on étudiera les concepts généraux gouvernant les principaux modèles de la finance, afin de mieux comprendre la multitude des produits financiers disponibles et le fonctionnement des marchés. Plus précisément, le cours suivra le plan suivant :

- Chapitre 1 – Introduction
- Chapitre 2 – Le modèle statique : l'absence d'opportunité d'arbitrage
- Chapitre 3 – L'introduction d'un dynamique (modèle discret fini)
- Chapitre 4 – Modèles de comportement et microstructure
- Chapitre 5 – Les modèles continus

Ensuite, le cours de gestion de portefeuille permettra de familiariser les élèves avec les théories de la gestion financière et d'étudier comment elle s'applique en pratique. Les modèles de valorisation d'actifs classique : le MEDAF (CAPM) et l'évaluation par arbitrage (APT) seront revisités et estimés sur des données de marché. Les élèves effectueront également des exercices d'optimisation de portefeuille, à l'aide de techniques d'échantillonnage stratifié ou de celles développées par Markowitz et Black-Litterman. Ils construiront et géreront un portefeuille d'investissement fictif contenant obligations, actions et devises. Des études de cas seront également présentées et discutées. Plus précisément, le cours suivra le plan suivant :

- Chapitre 1 – Introduction
- Chapitre 2 – Investissement en devise
- Chapitre 3 – Obligations d'État
- Chapitre 4 – Obligations d'entreprise
- Chapitre 5 – Construction de portefeuille et d'indices
- Chapitre 6 – Investissement vert et socialement responsable

Modalités de contrôle des connaissances

- Travail personnel - Gestion de portefeuille : 50 %
- Évaluation DS - Modèles de la finance : 50 %

Bibliographie

- Dynkin et coll., « Quantitative Management of Bond Portfolios », Princeton – University Press (2007)
- Elton et coll., « Modern Portfolio Theory and Investment Analysis », Wiley (2014)
- Grinold et Kahn, « Active portfolio management : a quantitative approach for providing superior returns and controlling risk », Mc Graw-Hill (1999)

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_MMEFI_TEOF

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
50						50

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Dominique Henriot
– Marielle De Jong



Analyse économique et financière

Parcours MMEFI

Renaud Bourlès
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Présenter les fondements analytiques de la finance d'entreprise et de l'assurance comme formalisation des mécanismes de marché
- Fournir les bases en finance d'entreprise permettant de comparer diverses stratégies d'investissement et de procéder à l'évaluation financière d'une entreprise
- Présenter l'ensemble de la théorie de la décision (et de la théorie des contrats) dans un contexte risqué et ses applications au marché de l'assurance

Programme

L'UE se décompose en deux parties complémentaires :

La première partie est consacrée à un cours de finance d'entreprise (stratégie d'investissement et évaluation financière) dont le plan est le suivant.

1. Le diagnostic financier
2. Choix d'investissement
3. La structure financière
4. La politique de dividende
5. Fusions et acquisitions
5. Asymétrie d'information et financement d'entreprise
6. Aléa moral et financement d'entreprise

La seconde partie traite de l'économie du risque et de l'assurance. Elle est organisée comme suit.

- Chapitre 1 – Décisions en univers risqué
1. Introduction : Aversion au risque et mesures de risque
 2. Demande d'actif risqué et demande d'assurance
- Chapitre 2 – Économie de l'assurance
1. Le modèle à risque unique
 2. La différenciation des produits
 3. Les critères inobservables
 4. Le risque moral
 5. Extensions et exercices

Modalités de contrôle des connaissances

- Évaluation DS - Économie du risque et de l'assurance (50 %)
- Évaluation contrôle continu - Finance d'entreprise (50 %)

Bibliographie

- J. Berk et P. DeMarzo, « Corporate finance », Prentice Hall, 2e édition, 2010
- L. Eeckhoudt, C. Gollier et H. Schlesinger, « Economic and Financial. Decisions under Risk », Princeton University Press, 2005
- D. Henriot et J.-C. Rochet, « Microéconomie de l'assurance », Economica, 1990
- P. Picard, « Economic Analysis of Insurance Fraud », Handbook of Insurance, 2e édition, G.

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_MMEFI_ANAF

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
48						48

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Renaud Bourlès
– Dominique Henriot
– Clément Depoutre
– Mohamed Belhaj



Mathématiques et statistiques pour la finance

Parcours MMEFI

Renaud Bourlès
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Connaître le calcul stochastique et savoir appliquer les principaux résultats (lemme d'Itô, formule de Girsanov, formule de Feynman-Kac)
- Comprendre l'intérêt des produits dérivés
- Être capable dans les cas simples (modèle de Black-Scholes) de passer de l'équation décrivant le modèle à la formule fermée de valorisation des options européennes.
- Être capable de mettre en œuvre des méthodes numériques (Monte-Carlo) pour évaluer le prix d'une option en partant de l'équation décrivant le modèle
- Reconnaître les principaux modèles de séries chronologiques, savoir quand un processus est stationnaire
- Être capable de modéliser des données par une série chronologique

Programme

Ce cours introduit les concepts mathématiques pour aborder les mathématiques financières. Dans une première partie, on introduit le calcul stochastique et on l'applique au calcul de produits dérivés. Dans une seconde partie, on étudie les séries chronologiques qui sont souvent utilisées pour la modélisation en temps discret.

Partie 1 : Calcul stochastique et introduction aux mathématiques financières

- mouvement brownien : définition et propriétés, rappel sur la notion de martingale
- intégrale stochastique : intégrale d'Itô, formule d'Itô (uni- et multidimensionnelle), théorème de Girsanov
- équations différentielles stochastiques : existence et unicité d'une solution
- lien avec les EDP paraboliques : formule de Feynman-Kac
- modèle et formule de Black-Scholes : *pricing* des options européennes

Partie 2 : Séries chronologiques

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation contrôle continu : calcul stochastique et introduction aux mathématiques financières (50 %)

Évaluation contrôle continu : calcul stochastique et introduction aux mathématiques financières (50 %)

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_MMEFI_MSFI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
18	3	4				50

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Christophe Pouet
– Adil Ahidar Coutrix



Actuariat

Parcours MMEFI

Renaud Bourlès
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Prérequis : Les enseignements de tronc commun en économie-gestion et en mathématiques.
- Présenter les principales problématiques de tarification en assurance ainsi que les développements récents liés à la réglementation prudentielle ou aux concepts de prévoyance et de dépendance.

Programme

Description générale du cours :

- Chapitre 1 - Introduction à l'actuariat
 - 1. Le modèle de l'actuariat vie
 - 2. Les spécificités IARD
- Chapitre 2 - Les produits d'assurance-vie : marges techniques et financières
- Chapitre 3 - *Fair Value* et couverture de garanties en assurance-vie
- Chapitre 4 - Tarification non-vie, provisionnement, modèle de crédibilité et bonus-malus
- Chapitre 5 - Réglementation
 - 1. Évaluer un portefeuille d'assurance et sa rentabilité
 - 2. Solvabilité II : modèle interne, calcul de SCR, BEL...
- Chapitre 5 - Gestion actif-passif en assurance
- Chapitre 6 - Modèles de durée et table d'expérience
- Chapitre 7 - Le risque de dépendance
- Chapitre 8 - Réassurance
- Chapitre 9 - Normes comptables

Modalités de contrôle des connaissances

- Évaluation DS : 2 h (50 %)
- Évaluation contrôle continu (50 %)

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_MMEFI_ACTU

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
48						48

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
Bourlès Renaud



Mathématiques financières

Parcours MMEFI

Renaud Bourlès
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Prérequis : théorie des probabilités. Calcul stochastique. Théorie de gestion de portefeuille.

- Connaître des modèles de mathématiques financières complexes (volatilité locale, volatilité stochastique) et être capable de juger de leur intérêt et de leurs limites
- Connaître les modèles standards pour les taux d'intérêt
- Être capable de mettre en œuvre des méthodes numériques pour évaluer des instruments financiers

Programme

Ce cours présente un large éventail des problématiques abordées en mathématiques financières.

- Partie : finance mathématiques avancées
- Modèles à volatilité locale (Dupire, CEV)
 - Modèles à volatilité stochastique (Heston, SABR)
 - Modèles de taux d'intérêt (Vasicek, Hull&White, Cox-Ingersoll-Ross)
 - Méthodes numériques appliquées au *pricing* (utilisation de Matlab)

- Partie : gestion de portefeuille avancée
- Les principes de l'assurance de portefeuille
 - Trois méthodes basiques (*Stop-loss*, CPPI, OBPI)
 - Gestion dynamique et simulations

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation CC : 100 %

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_MMEFI_MAFI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
35	15					50

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Christophe Pouet
– Antoine Godin
– Philippe Bertrand
– Mohamed Belhaj



Financement de l'entreprise

Parcours MMEFI

Renaud Bourlès
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Cette UE a pour objectif :

- d'approfondir les connaissances des élèves en financement et stratégie de l'entreprise. On y abordera, notamment, les problématiques de financement de projet et de tarification dynamique ;
- de fournir les méthodes et modèles permettant de choisir la stratégie la plus appropriée lorsqu'il s'agit de financer un projet industriel ou la croissance d'une entreprise ;
- de savoir prendre en compte le caractère stochastique de la demande.

Programme

L'UE se décompose en trois parties complémentaires.

Dans un premier temps, le cours d'approfondissement en finance d'entreprise appliquée permettra, *via* des études de cas, de comprendre les implications financières de l'utilisation de divers véhicules financiers (tels que les obligations convertibles) ou de la mise en place d'une procédure de fusion-acquisition.

Ensuite, il s'agira, *via* le cours de financement de projet, d'étudier les modèles et méthodes permettant d'obtenir les flux financiers nécessaires à la mise en place et à la réalisation d'un projet industriel de grande envergure. Le plan de ce cours sera le suivant :

1. Les différentes étapes du financement de projet (appel d'offres, structuration, optimisation) ;
2. Modèles financiers et études de cas ;
3. Le rôle des fonds d'investissement spécialisés.

Enfin, dans le cadre d'un cours de *Yield (ou Revenue) Management*, il s'agira d'analyser les aspects à la fois mathématiques (optimisation) et économiques (prévision) de la tarification dynamique. Il s'agira de prendre en compte les aspects dynamiques de la demande pour gérer au mieux la disponibilité des produits et leur prix. Une application au cas du transport aérien sera également proposée.

Modalités de contrôle des connaissances

- Évaluation DS - Financement de projet : 2 h (34 %)
- Évaluation contrôle continu - *Yield management* exposé et projet de modélisation (33 %)
- Évaluation contrôle continu - Présentations finance d'entreprise (33 %)

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_MMEFI_FIEN

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
50						50

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- El Mehdi El Alaoui Moulay
- Benoit Forgues
- Cécile Cossic
- Régis Chenavaz
- Michaël Chalamel
- Mohamed Belhaj



Marketing quantitatif

Parcours MMEFI

Renaud Bourlès
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MMEFI_MARQ

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
25						25

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Finance appliquée

Parcours MMEFI

Renaud Bourlès
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Comprendre les liens entre modèles financiers et opérations financières

Programme

Finance d'entreprise appliquée

Prérequis : enseignements de probabilités des deux premières années
Cours de modèles de la finance (UE Théorie des marchés financiers)

1. Un aperçu des opérations de finance d'entreprise
2. Un exemple pratique de LBO (*Leveraged Buy-out*)
3. Méthodes de valorisation et processus
4. Étude de cas

Finance de marché appliquée

1. Qu'est-ce qu'un *trader* ? Une salle de marché ?
2. Les produits *Delta One*
3. Les Grecques
4. Les options à barrière

Modalités de contrôle des connaissances

- Évaluation CC : 50 %
- Évaluation CC : 50 %

Crédits ECTS

1

Code de l'UE

ING_S9_MMEFI_FIAP

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
25						25

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Julien Belon
- Nicolas Reynard



VBA

Parcours MMEFI

Renaud Bourlès
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Donner aux étudiants les moyens d'utiliser Excel et VBA pour créer des utilitaires à vocation scientifique. Le cours est découpé en thématiques, qui recoupent les principales caractéristiques des deux applications et les aspects relatifs à leur complémentarité dans une démarche de réalisation de modèles de simulation.

Programme

- Excel : éléments de base (graphiques, formules, formules de tableaux, outil valeur cible, utilitaire d'analyse, solveur)
- Langage VBA : éditeur VB et bases de la programmation. Manipulation de tableaux et plages de cellules. Création de fonctions mathématiques
- *Add-Ins* : utilisation de macros complémentaires scientifiques externes
- Modélisation : structure d'un modèle. Modèles explicites, implicites et stochastiques
- Interfaçage : programmation événementielle. Création de boîtes de dialogues (*userforms*) et de barres de menus personnalisées

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation DS (100 %)

Bibliographie

« Excel for scientist and engineers : Numerical Methods », E. J. BILLO / Éd. John Wiley & Sons (2007)

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MMEFI_VBA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
24						24

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
Daniel Roux



Risque de crédit

Parcours MMEFI

Renaud Bourlès
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Expliquer l'évolution de la réglementation bancaire depuis la crise financière sur l'aspect risque de crédit (Bâle II, Bâle III et les futures réglementations en discussion)
- Former les étudiants à la compréhension du risque de crédit (modèles théoriques, mesure, pricing, gestion, etc.)

Programme

Cette UE permet d'assimiler les diverses façons d'aborder la notion de risque de crédit, centrale dans la plupart des métiers de la finance, au bien d'un point de vue théorique que pratique.

1. Introduction : obligation et gré à gré
2. Modélisation des défauts : modèles structurels et ratings
3. Financements structurés : vanille, financements d'actifs, titrisation, etc.
4. Réglementation bancaire sur le risque de crédit

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation DS : 100 %

Bibliographie

- C. Gourieroux et A. Tiomo, Risque de crédit : une approche avancée, Economica (2007)
- R. Merton, Continuous time finance, Blackwell Publishers (1998)
- R. Bruyère, R. Cont, L. Fery, C. Jaeck et T. Spitz, Credit derivatives, Wiley (2005)
- P. Schonbucher, Credit derivatives pricing models, Wiley (2002)
- Xavier Freixas et Jean-Charles Rochet, Microeconomics of Banking, MIT Press (2008)

Crédits ECTS

1

Code de l'UE

ING_S9_MMEFI_RICR

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
25						25

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

Bolanjiva Randrianarizafy



Optimisation et contrôle

Parcours MMEFI

Magali Tournus
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Ce cours est une introduction à l'optimisation qui est un ingrédient indispensable à l'analyse qualitative et quantitative de tous les modèles ou systèmes issus des sciences, de la technologie ou de l'industrie et des services. Le cours est divisé en deux parties. La première partie présente une série d'exemples concrets de problèmes d'optimisation et donne une caractérisation des optima. La deuxième partie est dédiée aux algorithmes numériques de type gradient. Par-delà ces aspects techniques, le cours se veut aussi une introduction à la modélisation mathématique qu'il est nécessaire de maîtriser dans tout processus innovant. Les outils mathématiques nécessaires à la compréhension de ce cours sont volontairement limités afin de permettre à tous les élèves de le suivre, quelle que soit leur filière d'origine.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Réflexion, analyse, modélisation

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation

Bibliographie

Grégoire Allaire, Analyse numérique et optimisation, Éditions de l'École polytechnique, 2005, 2e édition 2012

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MMEFI_OPTI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
24						24

Langue du cours
Anglais

Équipe pédagogique
– Emmanuel Audusse
– Magali Tournus



Statistiques et apprentissage

Parcours MMEFI

Renaud Bourlès
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Comprendre la notion d'apprentissage statistique
- En découvrir certaines des applications

Programme

Ce cours électif présente les principaux outils statistiques utiles au *machine learning*.
Il suivra le plan suivant :

1. Introduction : la régression linéaire ;
2. Régressions non linéaires et garanties théoriques ;
3. Classification non supervisée.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Innovation scientifique et technique
- Maîtrise de la complexité des systèmes

Modalités de contrôle des connaissances

CC 100%

Bibliographie

Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman, « The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction », 2e édition, février 2009

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MMEFI_STAT

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
25						25

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
Christophe Pouet



Python pour Data science

Parcours MMEFI

Renaud Bourlès
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Savoir implémenter les principales méthodes d'analyse de données sous Python

Programme

On montrera les méthodes classiques d'analyse des données avec le langage Python. Une grande part de l'enseignement sera consacrée aux travaux pratiques et aux études de cas. Le cours sera divisé en plusieurs centres d'intérêt :

- exploration et description des données ;
- méthodes factorielles (analyse en composantes principales, analyse factorielle des correspondances) d'interprétation des données ;
- régression linéaire et logistique pour la prédiction ;
- classification des données en partition ou méthodes hiérarchiques ;
- méthodes pour la recommandation, *A/B testing*.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Innovation scientifique et technique
- Maîtrise de la complexité des systèmes

Modalités de contrôle des connaissances

CC 100 %

Crédits ECTS
1

Code de l'UE
ING_S9_MMEFI_PYTH

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
25						25

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
François Brucker



Projet

Parcours MMEFI

Renaud Bourlès
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Par groupes de deux à quatre, les élèves travailleront sur un projet proposé par une entreprise partenaire ou un enseignant. Ce projet sera l'occasion d'approfondir les connaissances et les compétences dans un domaine particulier sur un problème pratique. Les sujets de projets seront proposés soit par des entreprises financières (banque, compagnie d'assurances ou cabinet d'audit/conseil), soit par des entreprises en pépinière.

Programme

Fournir aux étudiants un cadre concret pour mener un projet d'étude

Permettre d'évaluer en situation concrète :

- leur acquisition d'une méthodologie d'approche d'un problème
- leur aptitude à exploiter les outils d'aide présentés lors des modules d'enseignement

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation contrôle continu - Soutenance et rapport (100 %)

Crédits ECTS

5

Code de l'UE

ING_S9_MMEFI_PROJ

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
				100		100

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Mohamed Belhaj
- Dominique Henriot
- Christophe Pouet
- Renaud Bourlès
- Françoise Perrin



Tronc Commun

Parcours DIGITAL · e

Catherine Jazzar
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Cette UE comporte trois parties.

- La partie CODE est le socle nécessaire aux élèves pour pouvoir avoir les compétences en programmation pour, d'une part suivre les autres UE du parcours *Digital.e*, et d'autre part faire de la programmation dans leur vie future en entreprise ou en recherche.
- La partie développement agile permet d'acquérir des méthodes et pratiques qui s'appliquent au pilotage et à la réalisation de projets. Elles sont proches du client, réactives à ses demandes en appliquant un cycle de développement itératif. Ces méthodes remplacent celles qui sont plus classiques et permettent ainsi à nos élèves de mener leurs projets (au sein de l'école et ensuite dans leur vie professionnelle) suivant des principes qui ont été définis pour obtenir une méthodologie performante.
- La troisième partie est formée d'un cycle de conférences métiers qui sont délivrées par des professionnels d'entreprise.

Programme

Première partie : CODE

Au choix, trois langages de programmation sont proposés :

CODE. Les élèves doivent choisir un langage dans la perspective de leurs choix futurs. Les notions de base et l'utilisation avancée de chacun de ces langages sont étudiées.

Visual Basic ; C/C++ , Java : notions d'adresse, objet et classe, héritage

Partie AGILITE :

Une journée est consacrée à l'introduction au développement agile.

Programme : introduction aux méthodes agiles et zoom sur la méthode Scrum - Atelier *Business Value Game* - outil *Planning Poker*

Et neuf heures de cours ; programme : les services et leur modélisation, du cycle en V aux méthodes agiles, de la gestion de projet aux fonctions PMO, la transformation digitale et l'agilité organisationnelle, l'innovation et le *Lean start-up*, l'amélioration continue et le *lean*.

Partie conférence - De nombreux thèmes peuvent être abordés : « Consultant en transformation numérique », « Sensibilisation à la cybersécurité », etc. Les thèmes peuvent évoluer au cours des années.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Ce que va acquérir l'élève fait partie des compétences scientifiques et techniques sur lesquelles il peut s'appuyer, afin de créer de la valeur par l'innovation scientifique et technique (thème 1). De plus, quand les méthodes (agile) sont des méthodes elles-mêmes innovantes, il est encore plus dans cette optique. Ces matières (langages et méthodes) sont enseignées en insistant sur les principes et avec une approche structurée, ce qui permet de se confronter à des systèmes complexes (thème 2). Les conférences permettent d'appréhender le travail de l'ingénieur dans sa globalité (thème 3), qu'il se conduise dans tous les aspects de son travail de manière éthique et responsable (thème 4) et qu'il puisse acquérir une approche stratégique et ait conscience de la manière de la mettre en œuvre (thème 5).

Modalités de contrôle des connaissances

En CODE : *Visual Basic* : test final ; C/C++ : test final ; Java : projet

Conférences : présence

Développement agile

Bibliographie

Henri Garetta, Le langage Java, disponible sur son site

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING_S9_DIGITALE_TC

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
28	3	9			20	60

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

– Code : Visual Basic : Daniel Roux, Centrale Marseille

– C/C++ : Frédéric Galland, CNRS ; Nicolas Berthaux, Centrale Marseille

– Java : Catherine Jazzar, Centrale Marseille ;

Christian Ernst, intervenant extérieur

– Méthodes agiles : Florian Magnani, Centrale

Marseille ; Serena Hind Woodward, Excilys

– Conférences : professionnels d'entreprise



Développement Full-Stack & Mobile

Parcours DIGITAL · e

Pascal Prea

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Résumé : option de code. Elle vise à apprendre comment définir, créer et maintenir une application, un service ou une API Web. À l'issue de cette option, l'étudiant sera en mesure de choisir les méthodes et *frameworks* adaptés à sa création, son maintien et son évolution.

Public visé : ce n'est pas la peine d'être un passionné d'informatique, mais il ne faut pas avoir peur de lire un peu de documentation et n'avoir rien contre le code. Les enseignements sont faits pour permettre d'avancer à son rythme, que l'on soit à l'aise avec les notions présentées ou si une mise à niveau est nécessaire.

Programme

Plan : en quatre parties

– Méthodes de développement :

- > *test driven development* (applications en Js, Python et Java)
 - > contrôle des sources (applications avec Git et Github)
 - > *devops* (application avec un serveur ovh dédié et *ansible*)

– Web serveur :

- > *Web server 101* (applications en Node.js et JavaScript)
 - > API *rest* et micro-services (applications avec Flask et Python)
 - > services robustes et amélioration continue (application avec Springboot et Java)
- Applications mobiles (applications avec Android et Java)
- Réseau : principes et administration d'un réseau local (applications avec *Packettracer*)

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Innovation scientifique et technique : utilisation de méthodes et de pratiques actuelles en développement
- Maîtrise de la complexité et des systèmes : l'informatique est la science de la complexité. Cette UE est donc tout particulièrement axée sur cette compétence.
- Direction de programme : de la création et du maintien et de l'amélioration continue de programmes informatiques
- Management des hommes : N/A
- Vision stratégique : N/A

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu : un nombre x d'épreuves (petites interrogations, TP, mini-projets...) sera à faire. La note en sera la moyenne pondérée.

Bibliographie

Kent Beck, Test Driven Development: By Example, 2002

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_S9_DIGITALE_FULL

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
76	4					80

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- F. Brucker
- G. Desvernay
- P. Raby
- P. Girard
- D. Bourdette
- A. Beguet
- F. Louesdon



Apprentissage machine (Machine learning)

Parcours DIGITAL · e

Thierry Artières

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Cette option est une initiation au domaine de l'apprentissage automatique ou *Machine learning*. L'objectif est de former au métier de *Data Scientist* en fournissant les bases nécessaires pour participer à une compétition de type Kaggle (www.kaggle.com), quelle qu'elle soit.

- Connaître les enjeux du *Machine learning*
- Savoir ce que peut et ce que ne peut pas faire le *Machine learning*
- Maîtriser des *packages* logiciels standards de *Machine learning*
- Savoir mettre au point des systèmes standards de *Machine learning*, les évaluer et interpréter les résultats

Programme

L'option est divisée en plusieurs modules qui abordent les différentes facettes de ce métier :

- *Data Analysis* ;
- optimisation numérique ;
- *Data Science* et panorama des outils de *Machine Learning* (commun avec le master IAAA) ;
- *Machine Learning* avancé pour les données structurées (séquences, arbres, graphes) ;
- participation à une compétition en mode collaboratif.

Cette option est exigeante en termes de programmation Python. Une part importante du cours est réalisée sur machine en Python et porte sur la mise en œuvre et l'expérimentation d'algorithmes de *Machine learning* à l'aide de *packages* dédiés (*scikit-learn*, *pandas*).

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Innovation scientifique et technique : oui, car le *Machine learning* est au cœur de l'innovation en IA.
- Maîtrise de la complexité et des systèmes : oui
- Direction de programme : pas spécialement
- Management des hommes : travail collaboratif
- Vision stratégique : comprendre les enjeux du *Machine Learning*

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu : au moins trois TP étendus = lancés en séance de TP et à rendre après un travail supplémentaire personnel

Évaluation finale : résolution d'un problème spécifique sur machine en trois heures

La note sera une moyenne pondérée de l'évaluation finale (60 %) et des TP rendus (40 %).

Bibliographie

1. C. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning
 2. Tibshirani et Hastie, The Elements of Statistical Learning
- Disponibles en ligne

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_S9_DIGITALE_APMA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
50		30				80

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Thierry Artières (LIS/ECM)
- Hachem Kadri (LIS/AMU)
- Thomas Peel (Euranova)
- Muriel Roche (Fresnel/ECM)
- Ronan Sicre (LIS/ECM)



Modélisation Mathématique

Parcours DIGITAL · e

Magali Tournus
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Réfléchir, modéliser, analyser, implémenter, critiquer

Programme

- Présentation des principaux modèles utilisés en écologie et biologie (exemples : propagation et survie d'une population en présence de prédateurs, propagation et survie d'une population dans un environnement en mutation [changement climatique], propagation d'une maladie dans une population à l'échelle d'un pays ou mondiale, propagation d'une mutation génétique, évolution/propagation de la criminalité dans une zone donnée)
- Présentation de concepts mathématiques permettant l'étude et le contrôle des systèmes étudiés : optimisation, comportement asymptotique
- Simulation numérique des modèles classiques (avec Python)

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Réflexion
- Modélisation
- Analyse
- Implémentation numérique
- Sens critique
- Prise de décision éclairée

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu, évaluations, projets

Bibliographie

- G. Allaire, Analyse numérique et optimisation, Éditions de l'École polytechnique 2005, ISBN : 2-7302-1255-8
- Lionel Roques, Modèles de réaction-diffusion pour l'écologie spatiale, 2013

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING_S9_DIGITALE_MOMA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
40	20	20				80

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Magali Tournus (ECM)
- Olivier Lafitte (Paris 13)
- Julien Olivier (AMU)
- Jacques Liandrat (ECM)
- Emmanuel Audusse (Paris 13)
- Guillaume Chiavassa (ECM)



Expérience Client

Parcours DIGITAL · e

Florian Magnani
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'objectif est ici de savoir créer une offre ou un produit dans les services. On montrera comment associer le client dans les différentes phases du projet : analyse du besoin, co-conception, réalisation de la V1 et processus d'amélioration continue.

Les différents concepts et méthodes seront principalement vus sous la forme d'ateliers, et on y travaillera les techniques associées, comme le *Lean service*, l'agilité, ou encore l'Obeya. Cette UE, s'attachera également à montrer les différents types de données utilisées (PKI, données d'usage, AC...), pourquoi et comment les utiliser en respectant le droit des données.

Programme

Cette UE comprend :

- un module sur le besoin client, l'expression de ce besoin (théorie suivie d'une mise en situation)
- un module sur le *Lean* appliqué à l'ingénierie, en amont de la production, et sur les liens entre *Lean* et agilité (théorie, mise en pratique, puis construction d'une Obeya)
- un module sur le *Lean* appliqué aux services (*Serious Game* autour des concepts de qualité totale, flux, voix du client...)
- un module sur la gestion de projet agile (théorie, puis mise en pratique)
- un module sur le droit des données (théorie, puis illustration par des exemples)
- un module sur l'expérience utilisateur (Ux) et l'interface utilisateur (Ui)
- plusieurs conférences en fonction des sujets d'actualité en lien avec l'UE...

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C1 : identification des innovations en termes de captation et d'analyse du besoin client, leur utilité, les points de vigilance et définition des actions favorisant l'optimisation de la satisfaction client
- C3 : mise en œuvre de mini-projets comportant des aspects techniques (analyse du besoin, conception, planification, et suivi de projet) et aspects organisationnels (parties prenantes, organisation, communication), compréhension des nouvelles méthodes de gestion de projet de type agile
- C4 : tous les aspects du management d'équipe (rôle des acteurs de la production, gestion de conflit et coordination des acteurs)
- C5 : définition d'une stratégie localisée et mise sous contrôle de sa déclinaison opérationnelle favorisant l'efficacité de l'expérience client

Modalités de contrôle des connaissances

- Expression du besoin : rendu et contrôle continu, 25 %
- *Lean* ingénierie : rendu et contrôle continu, 25 %
- *Lean Service* : évaluation et présence, 20 %
- Gestion de projet agile : contrôle continu, 15 %
- Droit des données, Ui/Ux, conférences : présence, 15 %

Bibliographie

- L. Body et C. Tallec, L'expérience client, Eyrolles (2015)
- C. Barbaray, Satisfaction, fidélité et expérience client, Dunod (2016)

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING_S9_DIGITALE_EXP

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
80						80

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- F. Magnani (ECM)
- F. Brucker (ECM)
- Cecile Loubet (ECM)
- J. de Maury (consultant)
- S. Olivencia (ExcilyS)
- M. Lesbros (avocate)



Intelligence artificielle

Parcours DIGITAL · e

Thierry Artieres
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Cette option introduit le domaine de l'intelligence artificielle en se focalisant sur certaines de ses plus récentes et plus prometteuses avancées, largement entrées dans le domaine industriel aujourd'hui. Le cours est bien entendu lié au cours de *Machine learning*, mais ce dernier n'est pas un prérequis.

Elle aborde certains aspects d'apprentissage automatique distincts de ceux abordés dans l'option de *Machine learning*, l'apprentissage par renforcement et l'apprentissage profond (ou *deep learning*), à l'origine d'avancées spectaculaires de l'IA ces dernières années.

L'option est complétée par des exemples d'applications de haut niveau en *Computer Vision* (classification, *retrieval* et détection d'objets dans les images).

Programme

L'option est divisée en trois composantes.

Les deux premières composantes sont la base des technologies sur lesquelles s'appuie la quasi-totalité des progrès spectaculaires en IA depuis 15 ans. La troisième composante du cours

– Apprentissage par renforcement. Typiquement utilisé pour les applications robotiques, de jeux de stratégie, de planification

– *Deep Learning*. Les réseaux de neurones sont une famille de modèles inspirés du fonctionnement du cerveau, et sont la technologie de référence pour tous les problèmes de classification pour des données images, sons, etc.

– *Computer Vision*. L'une des applications emblématiques de l'IA.

Cette option est exigeante en termes de programmation Python. Une part importante du cours est réalisée sur machine en Python et porte sur la mise en œuvre d'algorithmes à l'aide de *packages* dédiés (keras, etc.).

Compétences et connaissances visées dans la discipline

– Innovation scientifique et technique : oui, car les trois composantes étudiées dans le cours sont le cœur de l'IA d'aujourd'hui.

– Maîtrise de la complexité et des systèmes : oui

– Direction de programme : pas spécialement

– Management des hommes : travail collaboratif

– Vision stratégique : comprendre les enjeux de l'IA

Modalités de contrôle des connaissances

Dans chacun des trois modules

Contrôle continu : rendus de TP étendus = lancés en séance de TP et à rendre après un travail supplémentaire personnel

Évaluation finale : résolution d'un problème spécifique sur machine en trois heures

La note sera une moyenne pondérée de l'évaluation finale et des TP rendus.

Bibliographie

Voir les sites des intervenants

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING_S9_DIGITALE_IA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
50		30				80

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– T. Artières (LIS/ECM)
– E. Daucé (INS/ECM)
– R. Sicre (LIS/ECM)



Analyses de données

Parcours DIGITAL · e

François Brucker
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

* Spécificité : UE en deux parties de 40 h. Pour chaque partie, il faut choisir une orientation parmi deux possibles. Si vous choisissez de suivre cette UE, il vous faudra donc en plus choisir une orientation pour chaque partie.

* Résumé : option destinée à comprendre et expérimenter différentes méthodes et pratiques de l'analyse des données. Cette UE vous permettra d'utiliser des méthodes adaptées pour résoudre les problèmes classiques et de présenter les résultats de façon claire et précise. Cette UE est composée de deux parties : méthodes et applications, chaque partie pouvant être vue — au choix — selon deux angles différents.

* Public visé : élèves intéressés par le traitement, l'analyse et la compréhension des données. Il faut, de plus, n'avoir rien contre un peu de théorie ou l'écriture de lignes de codes si cela permet de résoudre un problème concret.

Programme

Plan : en deux parties de 40 h. Pour chaque partie, l'élève choisit de suivre l'une ou l'autre orientation.

– Partie 1 : méthodes. Présentation de différentes méthodes d'analyse des données. Deux orientations possibles, selon le type de données :

* Orientation série chronologique. Partie commune avec l'option MMEFI

Le cours présente la modélisation des séries chronologiques univariées en temps discret. La théorie développée est celle des modèles SARIMA.

Après une présentation théorique des modèles, les outils statistiques nécessaires à l'ident

* Orientation tableaux de données (*dataframes*). On montrera les méthodes classiques en analyse de tableaux de données. Une grande part de l'enseignement sera consacrée aux travaux pratiques et aux études de cas.

– Partie 2 : applications. Deux orientations possibles, selon le but :

* Orientation données financières et économie. Partie commune avec l'option MMEFI.

* Orientation visualisation et communication de données sur le Web. Cette partie, très générale, donnera les bases de la communication sur le Web, en particulier comment présenter différents types de données à la fois texte, image, graphique, voire voix ou vidéo, en un tout cohérent.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Innovation scientifique et technique : analyse et données. Méthodes actuelles de gestion, d'analyse et de représentation des données
- Maîtrise de la complexité et des systèmes : les données dans toutes leurs complexités leurs interprétations multiples et finalités ouvertes
- Direction de programme : N/A
- Management des hommes : N/A
- Vision stratégique : N/A

Modalités de contrôle des connaissances

contrôle continu

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING_S9_DIGITALE_ANAD

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
					80	80

Langue du cours
Français



Ingénierie statistique & applications

Parcours DIGITAL · e

Philippe Refregier
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

On fournira à l'ingénieur les bases méthodologiques de l'ingénierie statistique, afin de formuler et de résoudre des problèmes d'ingénierie à l'aide de techniques statistiques. Les ingénieurs ainsi formés pourront maîtriser les outils statistiques pour la description et l'analyse de données en vue d'applications très variées, comme pour les systèmes autonomes, pour les systèmes physiques ou pour les processus industriels. Ces notions très générales pourront également être très utiles pour la qualité, le conseil ou la logistique.

Programme

- Approfondissement sur les notions d'aléatoires pour les statistiques et le traitement de l'information
- Méthodes statistiques standards et bayésiennes pour les tâches telles que : l'estimation de paramètres, la détection d'événements ou la classification de données
- Méthodes de classification des données et techniques d'apprentissage
- Modélisation des données (séries temporelles, données multivariées...)
- Représentation des données et recherche des corrélations
- Présentation des notions essentielles de théorie de l'information et applications
- Approfondissements sur les bornes de performances (pour l'estimation, la détection) et leur utilisation pratique
- Introduction aux notions de complexité en statistiques appliquées
- Illustrations et mises en application sur de nombreux exemples variés

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Définir et caractériser différents systèmes de traitement des données pour de nombreux domaines d'activité [C1]
- Maîtriser les outils statistiques pour l'analyse des données issues de systèmes industriels, physiques ou pour le management [C5]
- Comprendre les facteurs essentiels dans les systèmes complexes [C2]

Modalités de contrôle des connaissances

- CC1 = contrôle continu (deux écrits d'une heure chacun) = 55 %
- CC2 = comptes rendus de TP = 35 %
- CC3 = exposés (en TP) = 10 %

Bibliographie

- Ph. Réfrégier, « Noise theory and application to physics », Springer, 2003
- P.H. Garthwaite, I.T. Jolliffe et B. Jones, « Statistical Inference », Prentice Hall, 1995
- T.M. Cover et J.A. Thomas, « Elements of information theory », Wiley, 2006
- A. Ruegg « Processus stochastiques - Avec applications aux phénomènes d'attente et de fiabilité » - Presses polytechniques et universitaires romandes, 1989

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING_S9_DIGITALE_INSTAT

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
38	6	36	0	0	0	80

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
- F. Galland
- Ph. Réfrégier
- A. Roueff



Algorithmes

Parcours DIGITAL · e

Pascal Prea

Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Le but de cette option est de fournir certains des outils méthodologiques qui permettront aux élèves qui suivent cette option de participer pleinement, et même entièrement, au développement de codes et programmes informatiques qui soient à la fois sûrs et efficaces. Ces problématiques de l'efficacité et de la sécurité seront étudiées selon différents paradigmes de programmation, en particulier le paradigme séquentiel & le paradigme parallèle.

Programme

Cette option sera en quatre parties :

- Algorithmique : méthodes de conception d'algorithmes (*divide-and-conquer*, programmation dynamique, algorithmes gloutons, *branch-and-bound*, *backtracking*), structures de données avancées (arbres AVL, arbres rouges-noirs, B-arbres, tas, tas binomiaux, graphes...)
- Recherche opérationnelle : méthodes exactes et approchées, programmation mathématique
- Introduction au temps réel : processus et communications entre processus, utilisation des sémaphores
- Calcul haute performance (cette partie est commune avec l'option « Fondements théoriques de l'apprentissage statistique ».)

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Innovation scientifique et technique : N/A
- Maîtrise de la complexité et des systèmes : N/A
- Direction de programme : N/A
- Management des hommes : N/A
- Vision stratégique : N/A

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu : un nombre x d'épreuves (petites interrogations, TP, mini-projets...) sera à faire. La note en sera la moyenne pondérée.

Bibliographie

R. Descartes, Le Discours de la Méthode, Elsevier, 1637

Crédits ECTS

3

Code de l'UE

ING_S9_DIGITALE_ALGO

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
60		20				80

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- F. Brucker (ECM)
- J.-R. Herrero (UPC Barcelone)
- E. Daucé (ECM)
- P. Préa (ECM)
- G. Perrot (NVIDIA)



Fondements théoriques de l'apprentissage statistique

Parcours DIGITAL · e

Pascal Prea
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Introduction des cadres et outils théoriques pour comprendre et étudier les méthodes d'apprentissage statistique supervisé et non supervisé. Étude de certaines de ces méthodes dont les *k-means*, SVM, k-plus proches voisins, méthodes à noyaux, régression parcimonieuse, krigeage. Applications au traitement d'images et en géosciences.

Programme

Introduction des cadres et outils théoriques pour comprendre et étudier les méthodes d'apprentissage statistique supervisé et non supervisé. Étude de certaines de ces méthodes dont les *k-means*, SVM, k-plus proches voisins, méthodes à noyaux, régression parcimonieuse, krigeage. Applications au traitement d'images et en géosciences.

Introduction des cadres et outils théoriques pour comprendre et étudier les méthodes d'apprentissage statistique supervisé et non supervisé. Étude de certaines de ces méthodes dont les *k-means*, SVM, k-plus proches voisins, méthodes à noyaux, régression parcimonieuse, krigeage. Applications au traitement d'images et en géosciences.

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle Continu

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING_S9_DIGITALE_FTAP

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
					80	80

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- J. Baccou (IRSN)
- J.-R. Herrero (UPC Barcelone)
- A. Ahidar-Coutrix (ECC)
- J. Liandrat (ECM)
- G. Perrot (NVIDIA)



Internet des Objets

Parcours DIGITAL · e

Alain Kilidjian
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

L'*Internet of Things* (IoT) désigne le réseau en pleine expansion des dispositifs qui, connectés à Internet, permettent la collecte, le traitement et les échanges de données visant à une utilisation optimisée de notre environnement matériel.

Cette « toile » transforme l'approche conventionnelle de l'automatisation qui lie la prise en compte des paramètres de notre environnement aux actions que l'on peut exercer sur celui-ci avec des objectifs sur la résilience, les performances et la fiabilité.

L'objectif de cette option est de faire découvrir aux élèves du parcours Digital · e « l'éco-système » permettant le développement des solutions IoT en mettant en avant ce qui peut être un frein à son déploiement : la sécurité.

L'approche choisie est une approche s'appuyant sur des projets permettant de balayer au mieux les champs de compétences à acquérir pour développer et mettre en œuvre des solutions IoT.

Programme

Cette option est composée de plusieurs modules.

- Introduction à l'IoT : définition, historique, enjeux, écosystème, architecture, protocoles radio et interfaces d'application, cas d'usages, mise en œuvre
- Introduction au temps réel : processus et communications entre processus, utilisation des sémaphores
- Code embarqué : microarchitecture, impact de la microarchitecture sur les performances logicielles et sur la sécurité des logiciels, architecture logicielle embarquée
- Attaques/canaux auxiliaires et injection de fautes : les attaques par canaux auxiliaires, l'injection de fautes
- Réseaux et protocoles réseaux pour l'IoT : transmissions de données, modèles OSI et TCP/IP, Adressage IPv4, Protocoles ARP, IP, ICMP, TCP, UDP, DHCP, DNS, HTTP, SSL/TLS, POP/IMAP/SMTP, SNMP, Programmation de sockets en C, Attaques et défenses des applications Web, Architectures et composants réseau.
- Sécurité : méthodologies utilisées pour modéliser les aspects de sécurité d'un système, le règlement RGPD, utilisation de la cryptographie pour concevoir des protocoles sécurisés, sécurité des protocoles IoT populaires (TLS, BLE, LoRa), compromis sécurité / performances / fonctionnalités : sur deux familles de produits STM32 / STSAFE

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Cet enseignement complète dans la formation la mise en application de l'approche

« système » incontournable dans :

- le développement des innovations techniques et scientifiques ;
- la résolution des problèmes complexes et transdisciplinaires.

Il permet d'évaluer l'aptitude de l'élève à proposer des solutions connectées pour un système, et à les exploiter pour superviser ou contrôler ce système.

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu : un nombre x d'épreuves (petites interrogations, TP, mini-projets ...) sera à faire.

La note en sera une moyenne pondérée.

Bibliographie

The Technical Foundations of IoT, Raspberry Pi IoT Projects, IoT, Technical Challenges and Solutions

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING_S9_DIGITALE_JOB1

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
44		36				80

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- M. Agoyan (ST)
- F. Brucker (ECM)
- S. Courcambeck (ST)
- A. Kilidjian (ECM)
- P. Préa (ECM)



Management par les Systèmes d'Information

Parcours DIGITAL · e

Laetitia Piet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Connaître les principales caractéristiques de la digitalisation (orientation usage, centralité des données) et comprendre les opportunités qu'elle offre, en termes de création de valeur, de reconfiguration des pratiques de travail, de transformation des modèles organisationnels, d'émergence de nouvelles compétences et métiers
- Concevoir un système d'information à partir d'une démarche de diagnostic organisationnel (analyse des besoins, cartographie des acteurs, modélisation des processus organisationnels selon la norme BPMN, matrice SWOT, élaboration d'un cahier des charges et des spécifications)
- Intégrer un système d'information dans la déclinaison opérationnelle des orientations stratégiques d'une organisation en mobilisant les tableaux de bord prospectifs, et en élaborant des indicateurs stratégiques et opérationnels pertinents
- Cartographier les impacts, identifier les cibles, accompagner les changements souhaités et induits pour assurer l'appropriation des projets de transformation digitale et la capitalisation des savoirs et des compétences

Programme

Cette option comportera trois volets :

Le module « Transformation digitale des organisations » (TDO) se présente comme un atelier participatif destiné à préciser ce que recouvre la digitalisation et à développer une connaissance collective plus approfondie des transformations organisationnelles, des évolutions des pratiques de travail et des problématiques d'emploi, associées à ce processus.

Le module « Systèmes d'information et management » (SIM) mobilise des études de cas permettant de comprendre le rôle, l'impact et les enjeux des systèmes d'information dans la gestion d'une entreprise et l'optimisation des processus opérationnels, en lien avec la stratégie de l'entreprise.

Le module « Conduite du changement » (CdC) combine approches théoriques et pratiques pour éclairer les enjeux stratégiques et les modalités opérationnelles de l'accompagnement du changement. Un volet spécifique est consacré au *knowledge management*.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C2 : Modéliser les processus opérationnels d'une entreprise. Élaborer un diagnostic organisationnel prenant en compte toutes les dimensions et leur articulation
- C3 : Concevoir et mettre en œuvre des projets de transformations digitales. Adapter les méthodes de management et de pilotage à la nature des projets et des équipes qui les mettent en œuvre (méthodes agiles, *waterfall*...)
- C4 : Mobiliser, faire converger les acteurs et accompagner la transformation digitale en étant clairvoyant sur les opportunités et les freins pour l'organisation et les individus
- C5 : Ancrer les processus de transformation dans la stratégie, la culture et les valeurs portées par l'organisation

Modalités de contrôle des connaissances

100 % CC avec, en détail :

- 40 % pour TDO (animation d'un atelier, nourri par une enquête de terrain)
- 40 % pour SIM (études de cas)
- 20 % pour CDC (participation et évaluation)

Pour le rattrapage : oral (étude de cas)

Bibliographie

Aurélié Dudézert, La transformation digitale des entreprises, La Découverte, Collection Repères, 2018

Crédits ECTS
3

Code de l'UE
ING_S9_DIGITALE_MGSI

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
55	25					80

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Laetitia Piet (responsable UE)
- Isabelle Vasserot
- Rémi Denoix (consultant RH)
- Catherine Boissonnet (Kedge Business School, consultante KM)
- Marie Ristorcelli (Oresys)
- Jean-Paul Mendella (Sopra-Steria)
- Nicolas Ciron (Schneider Electric)



Conseil

Filières Audit & Conseil

Dominique Henriet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_AUC_AUDT

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
42						42

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Audit

Filières Audit & Conseil

Dominique Henriet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_AUC_CNLS

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
40						40

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Projet

Filières Audit & Conseil

Dominique Henriet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_AUC_PROJ

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
				28		28

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Dimensionnement

Filières Conception & Bureau d'Etudes

Christian Jalain
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Se familiariser à l'introduction des concepts d'optimisation dans les processus de conception mécanique en ingénierie
- Appréhender un code d'optimisation de topologie utilisé par les ingénieurs de bureaux d'études, *designers* ou architectes, et mener à bien des projets de conception dans leur globalité
- Apprentissage de la technique de modélisation par Matlab-Simulink
- Réalisation d'un modèle de simulation à partir de Matlab-Simulink
- Utilisation de Matlab-Simulink dans la démarche d'ingénierie système

Programme

- Optimisation de topologie
 - Les grandes classes de problèmes d'optimisation de structures
 - Focus sur l'optimisation topologique ; description des principaux concepts théoriques
 - Application de ces concepts sur un logiciel industriel d'optimisation de topologie
 - Pratique sur plusieurs études de cas
 - Évaluation par mini-projets
-
- Dimensionnement énergétique d'un système
 - Introduction de Matlab
 - Principales fonctions et opérations élémentaires sous Matlab
 - Utilisation des fonctions
 - Graphique sous Matlab en 2D et 3D
 - Création et utilisation *s-function*
 - Introduction des boîtes à outils (Toobox) de Matlab
 - Simulation de systèmes dynamiques avec la boîte à outils Simulink
- TD : dimensionnement d'une chaîne de production d'énergie éolienne à partir d'un cahier des charges

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Innovation scientifique et technique
L'ingénieur centralien crée de la valeur par l'innovation scientifique et technique
- Capacité à mobiliser une culture scientifique/technique (transdisciplinarité et/ou spécialisation)
 - Capacité à reconnaître les éléments spécifiques d'un problème
 - Capacité à converger vers une solution acceptable (suivi hypothèses, ordres de grandeur...)
 - Capacité à approfondir rapidement un domaine

- Maîtrise de la complexité et des systèmes
L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et de problématiques qu'il rencontre.
- Capacité à identifier les interactions entre éléments

Modalités de contrôle des connaissances

- Oral (+ compte rendu de mini-projets) : CC1 50 %
- Écrit (Matlab + Simulink) : évaluation 50 %

Bibliographie

- Transparents du cours ; photocopié : initiation à Matlab
- Introduction au calcul scientifique par la pratique : 12 projets résolus avec Matlab (ouvrage), Dunod, 2005, ISBN : 978-2-10-048709-7
- Introduction to MATLAB 6 for engineers (ouvrage), William J. Palm, McGraw-Hill, 2001, ISBN : 978-0-07-234983-2

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_CBE_DIMN

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
18	22		12			40

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Mohamed Boussak
– Jean-Marie Rossi



Conception de produit

Filières Conception & Bureau d'Etudes

Christian Jalain
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

– Notions de *design*

Sensibiliser les étudiants au croquis de *design*

– Maquettage numérique

Connaître les fonctionnalités de base d'un logiciel de conception mécanique

Caractéristiques de quelques procédés de fabrication usuels

Connaître le vocabulaire sur les quelques procédés de fabrication et de transformation abordés

Sensibiliser les élèves aux méthodes et aux moyens de fabrications industrielles les plus courants

– Caractéristiques du procédé de fabrication additive

Former les élèves aux méthodes et aux moyens de fabrication additive, étude de cas et fabrication

Programme

Croquis de conception (quatre séances 2 h)

– Méthode d'apprentissage

– Représenter des volumes à l'aide des outils de perspective

– Travailler la perspective des volumes courbes

– Définir les échelles des objets, les matières et les couleurs

– Dessiner le *design* de plusieurs produits

Maquettage numérique (huit séances 2 h)

– Créer des pièces mécaniques : prismatiques et surfaciques

– Contrôler des pièces en utilisant les contraintes de tracé, le paramétrage et les analyses

– Créer des pièces mécaniques pour des procédés de fabrication : fonderie, plasturgie, tôlerie

– Créer et animer un assemblage : statique et dynamique

– Produire une mise en plan de détail simple

–> Caractéristiques de quelques procédés de fabrication (trois séances 2 h)

Séance 1 : Fonderie

Séance 2 : Plasturgie : injection, extrusion, soufflage, roto-moulage

Séance 3 : Tôlerie, usinage

–> Procédé de fabrication additive (six séances 2 h)

Séance 1 : Généralités de la fabrication additive

Séance 2 : Technologie des polymères

Séance 3 : Technologie des métaux

Séance 4 : Technologie hybride lien avec les technologies classiques (usinage, fonderie...)

Séances 5 et 6 : Étude de cas et impression

Compétences et connaissances visées dans la discipline

– Maîtrise de la complexité et des systèmes

L'ingénieur centralien maîtrise la complexité des systèmes et de problématiques qu'il rencontre.

– Capacité à stimuler son imagination, inventer des solutions au travers des études *design*

– Capacité à concrétiser par le biais de la représentation 3D en intégrant les notions de

faisabilité

– Capacité à identifier les interactions entre éléments (collisions, enveloppe de mouvement, interférences géométriques)

Modalités de contrôle des connaissances

Évaluation en salle sur logiciel de CAO : évaluation 100 %

Bibliographie

Documentation en ligne du logiciel CATIA

Crédits ECTS

2

Code de l'UE

ING_S9_CBE_CPRO

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
18	22		12			52

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

– Christian Jalain

– Gaël Volpi



Projet

Filières Conception & Bureau d'Etudes

Christian Jalain
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Déploiement d'un projet multidisciplinaire, en équipe, avec remise d'un dossier justificatif
- Réalisation d'un projet de conception qui permette l'intégration des disciplines vues dans la filière
- Le projet peut se conclure par la recherche de sous-traitants (devis de réalisation), voire de réalisation d'une partie de la solution proposée.
- Ventilation de la filière en groupes d'élèves de trois à quatre
- Comprendre la demande, traduire le besoin, proposer des solutions adaptées, justifier techniquement et dimensionner les solutions retenues, fournir des maquettes numériques et des simulations quand c'est possible

Programme

- Huit à dix séances planifiées encadrées par l'(es) enseignant(s) dans des salles équipées des logiciels enseignés dans le cursus
- Conception assistée par ordinateur - CATIA
- Modélisation multiphysique des systèmes avec leur contrôle commande - MATLAB SIMULINK
- Optimisation de topologie - Inspire

Points clés :

- > recherche bibliographique
- > relation avec le client pour une définition commune du besoin à satisfaire
- > justification des résultats, compréhension et grandeur physique (résultats de simulation)
- > faisabilité (choix de procédés, intégration de composants existants)
- > maquette numérique la plus aboutie possible

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Création de la valeur par l'innovation scientifique et technique
 - > Appréhender toutes les dimensions scientifiques et techniques d'un projet
- Maîtrise de la complexité des systèmes
 - > Approfondir rapidement un domaine
 - > Développer des méthodes de travail, organiser

Modalités de contrôle des connaissances

Une soutenance intermédiaire et une soutenance finale. Une remise de dossier à la conclusion du projet. CC1 oral 10 %, CC2 oral 30 %, CC3 écrit 60 %

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_CBE_PROJ

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
				30		30

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Mohamed Boussak
– Jean-Marie Rossi
– Christian Jalain



Fondamentaux du management

Filières Entrepreneuriat

Françoise Perrin
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_ENT_FOMA

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
37						37

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Entrepreneuriat

Filières Entrepreneuriat

Françoise Perrin
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_ENT_ENTR

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
35	8					43

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Projet

Filières Entrepreneuriat

Françoise Perrin
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Programme

Compétences et connaissances visées dans la discipline

Modalités de contrôle des connaissances

Bibliographie

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_ENT_PROJ

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
				30		30

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique



Gestion des opérations

Filières Production & Logistique

Cécile Loubet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Comprendre les enjeux, les logiques et les concepts de base de la gestion des opérations, de la production et des flux
- Maîtriser les méthodes et les outils nécessaires à l'analyse, le pilotage et l'amélioration continue de tout système logistique ou de production
- Se familiariser avec les domaines incontournables qui gravitent autour de la production que sont la gestion de la qualité et de la sécurité au poste de travail, et la prévention des risques

Programme

Cette UE comprend :

- un module sur l'organisation industrielle
 - Les différentes fonctions au sein de l'entreprise et les données techniques qui y sont définies
 - La mise en place du système opérations – production (localisation, aménagement, détermination de la capacité, gestion des installations)
 - La gestion des stocks et des approvisionnements (notions de coûts et de quantité économique)
 - MRP, management ressource planning (programme directeur de production, calcul des besoins, jalonnement, ordonnancement)
 - Approches globales (Juste À Temps, *lean management*, OPT, Kanban, 6σ, 5 S...)
 - Sensibilisation à l'impact des organisations sur la santé et la sécurité au travail
 - un module sur le contrôle qualité
 - Traitement statistique des données, contrôle statistique des processus, courbes d'efficacité et plan d'échantillonnage
 - un module sur l'excellence opérationnelle
 - Introduction au *lean management* (variabilités, gaspillages, autoqualité, standards...)
 - Optimisation des ressources techniques (TRS, flux, taille de lots, SMED...)
- Ces notions sont abordées au sein de mises en situation à l'usine-école Dynéo

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C1 Innovation scientifique et technique : identification des innovations de la production, leur utilité, les points de vigilances et choix des innovations pour optimisation
- C2 Maîtrise de la complexité et des systèmes : complexité issue des systèmes industriels multiacteurs, identification des problématiques et engagement de leurs résolutions
- C4 Management des hommes : tous les aspects du management d'équipe (rôle des acteurs de la production, gestion de conflit et coordination des acteurs)
- C5 Vision stratégique : définition d'une stratégie localisée et mise sous-contrôle de sa déclinaison opérationnelle

Modalités de contrôle des connaissances

- Gestion opérationnelle : évaluation manuscrite, 2 h, 50 % de la note finale + projet oral, 30 min, 20 % de la note finale
- Contrôle qualité : évaluation manuscrite, 2 h, 30 % de la note finale
- Excellente opérationnelle : contrôle continu*

(*) Le contrôle continu est validé à la présence active. Si l'élève est absent, l'UE entière ne sera pas validée.

Bibliographie

- N. Slack, A. Brandon-Jones and R. Johnston, Operations Management, Pearson, 8e édition (2016)
- V. Giard, Gestion de la production et des flux, Economica, 3e édition (2003)

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_PRL_GEOP

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
15	14	8	33			70

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Jean Bernard Maria
– Cécile Loubet



Logistique industrielle

Filières Production & Logistique

Cécile Loubet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Comprendre les missions et les enjeux actuels des acteurs de la logistique et de la production, les difficultés qu'ils peuvent rencontrer et les clés pour les gérer
- Aborder par la pratique les mécanismes et les contraintes d'un ERP (*Enterprise Resource Planning*)
- Comprendre les applications concrètes en entreprise des déclinaisons stratégiques et de la mise en place d'une gestion de la *Supply Chain*
- Développer une analyse managériale face à une problématique de la *Supply Chain*

Programme

Cette UE comprend :

- un module sur les ERP
 - À l'aide d'un logiciel (ERP Prélude), aborder les différents items :
 - articles
 - gestion des nomenclatures
 - postes de charge et gammes de fabrication
 - stockage et mouvements de stock
 - commandes clients
 - calcul des besoins nets
 - traitement des achats
 - ordonnancement
 - lancement et suivi de fabrication
 - calcul des coûts
- un module sur la gestion de la *supply chain*
 - Cours et partage d'expériences sur les stratégies et le management de la logistique et de la *Supply Chain*, analyse d'un cas concret de PSA et d'autres études de cas
 - Mise en situation d'optimisation de flux amont et aval (maîtrise et réduction du *lead time*, planification, flux poussés / flux tirés, Kaizen, méthodologies, dimension humaine) à l'usine-école et autour d'un *serious game*

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C1 Innovation scientifique et technique : identification des innovations de la *Supply Chain*, leur utilité, les points de vigilances et choix des innovations pour optimisation
- C2 Maîtrise de la complexité et des systèmes : complexité issue des systèmes industriels multiacteurs, identification des problématiques et engagement de leurs résolutions
- C4 Management des hommes : tous les aspects du management d'équipe (rôle des acteurs de la logistique, gestion de conflit et coordination des acteurs)
- C5 Vision stratégique : définition d'une stratégie transverse et mise sous-contrôle de sa déclinaison opérationnelle

Modalités de contrôle des connaissances

- ERP : contrôle continu*, rapport écrit, 30 % de la note finale
- Management de la *Supply Chain* : évaluation écrite sur 2 h, 40 % de la note finale
- *Serious game* : contrôle continu*, QCM écrit, 30 % de la note finale

[*] Le contrôle continu est validé à la présence active. Si l'élève est absent, l'UE entière ne sera pas validée.

Bibliographie

- M. Christopher, Logistics and supply chain management: creating value-adding networks, FT Publishing International Prentice Hall, 5e édition (2016)
- S.N. Chapman, J.R. Tony Arnold, A.K. Gatewood et L.M. Clive, Introduction to Materials Management, Pearson, 8e édition (2016)

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_PRL_LOIN

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
12	6	25	27			70

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
– Joseph Costa
– Cécile Loubet
– Florian Magnani
– Frédéric Rosin



Projet

Filières Production & Logistique

Cécile Loubet
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Rendre les élèves acteurs de leur formation (auto-apprentissage et organisation d'équipe) autour d'un sujet donné ou choisi
- Fournir aux élèves un cadre concret pour mener à bien un projet permettant de mieux appréhender la réalité du monde de l'organisation industrielle et de la logistique
- Inciter les élèves à affiner leur projet professionnel en croisant leurs envies, leurs compétences et le marché de l'emploi

Programme

Cette UE comprend un grand projet.

Les sujets de projet varient chaque année ; à titre d'exemple :

Projet n° 1 : Organiser la visite d'un centre de production ou de logistique

- Trouver l'entreprise et la personne-ressource
- Définir le cahier des charges de la visite et suivre le budget
- Préparer et animer les questions
- Réaliser un compte rendu de visite et un dossier thématique

Projet n° 2 : Organiser une table ronde sur un thème concernant la production

- Définir le thème
- Trouver les intervenants
- Définir le cahier des charges de la manifestation et suivre le budget
- Préparer et animer les débats
- Réaliser un compte rendu de la table ronde et un dossier thématique

Projet n° 3 : Interviewer des ingénieurs sur un thème concernant la production et établir une synthèse pertinente à destination des autres élèves

Projet n° 4 : Traiter et analyser une étude de cas (papier ou numérique)

Projet n° 5 : Concevoir un *serious game* ou une mise en situation pédagogique autour des métiers de la production et de la logistique

Etc.

Exemple de thèmes traités :

- Les risques psychosociaux liés aux nouveaux modes d'organisation de la production
- L'ergonomie au poste de travail
- Le bonheur au travail (ou les entreprises libérées)
- Etc.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- C3 Direction de programme : aspects techniques (analyse du besoin, conception, planification, et suivi de projet) avec aspects organisationnels (parties prenantes, organisation, communication)
- C4 Management des hommes : tous les aspects du management d'équipe (rôle de chef de projet, de membres, et coordination des acteurs)

Modalités de contrôle des connaissances

Projet : rendu du rapport écrit + soutenance + contrôle continu*, 100 % de la note finale

(*) Le contrôle continu est validé à la présence active. Si l'élève est absent, l'UE entière ne sera pas validée.

Bibliographie

Variable en fonction des projets choisis (sur demande auprès de l'équipe pédagogique) :

Variable en fonction des projets choisis (sur demande auprès de l'équipe pédagogique) :

- Project Management Institute, Guide du corpus des connaissances en management de projet, Project Management Institute, 4e édition [2009]
- J.-P. Brun, Management d'équipe : 7 leviers pour améliorer bien-être et efficacité au travail, Eyrolles, 2e édition [2013]

Crédits ECTS

2

Code de l'UE

ING_S9_PRL_PROJ

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
				30		30

Langue du cours

Français

Équipe pédagogique

- Cécile Loubet
- Florian Magnani



Outils et méthodes pour la R&D et l'innovation

Filières Recherche & Développement

Caroline Fossati
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

- Présenter essentiellement par l'exemple quelles sont les différentes structures de recherche (privé/public, entreprises, grands groupes, grands organismes...)
- Donner des notions de méthodologie de la recherche, appréhender les différences entre la recherche académique et industrielle
- Conduire l'élève à connaître le domaine de la recherche avec lequel il peut être amené à collaborer en tant qu'ingénieur

Programme

Ce cours vise à présenter, en s'appuyant sur la présentation d'expériences de professionnels et d'exemples concrets, comment se fait la recherche et dans quelles structures (où ? Comment ?)

Présentation générale du milieu de la recherche. Où peut-on faire de la recherche ? Quelles sont les possibilités concrètes qui s'offrent aux jeunes diplômés dans ce secteur ?

Pourquoi et comment faire une thèse ?

* Recherche en entreprise *via* des interventions de responsables R&D d'entreprises, présentées dans différents types d'entreprises (industrie, grands groupes, PME...) l'organisation de la R&D, sa place par rapport aux autres services... Ce qui provoque l'émergence des projets de recherche et innovation. Comment est-ce qu'ils sont gérés ?

* Recherche académique : mettre en relief la façon dont se développe une thématique de recherche dans un laboratoire par un aller-retour permanent entre le fondamental et les besoins de l'industrie ; mise en relief de la complémentarité. Illustration par l'exemple. Témoignages de chercheurs universitaires et CNRS...

Méthodologie de la recherche

En situation de recherche et de développement, l'ingénieur se retrouve, parallèlement à la mise en place de la démarche des protocoles expérimentaux mis en œuvre, confronté à l'utilisation de méthodologies de traitements de données technico-économiques comme à des données techniques, analytiques, voire à celles issues de situations d'optimisation ou de maintenabilité de procédés. L'objectif est de permettre à l'ingénieur, quelle que soit la situation, de connaître les méthodes et les outils informatiques sous-jacents et de savoir les appliquer.

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Conduire des programmes
- S'inscrire dans une vision stratégique
- Créer de la valeur par l'innovation

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_RED_OMRD

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
22						22

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- C. Fossati
- S. Bourennane
- Intervenants professionnels variables



Organisation, contrats et valorisation de la recherche

Filières Recherche & Développement

Caroline Fossati
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Présenter essentiellement par l'exemple comment s'organise l'interaction Recherche / Industrie, présenter les différents types de contrats que le futur ingénieur peut être amené à monter et à gérer, donner des notions de valorisation des résultats qui s'y rattachent. Conduire l'élève à connaître le domaine de la recherche avec lequel il peut être amené à collaborer en tant qu'ingénieur

Programme

- Recherche partenariale : présenter les avantages, inconvénients, contraintes, apports de la recherche partenariale, les différents types de contrats qui peuvent exister
- Les contrats dans l'espace européen : le but est de connaître le mode de fonctionnement des contrats de recherche dans l'espace européen en partant de l'étude d'un cas pratique
- Innovation / valorisation / transfert : comprendre les mécanismes de l'évaluation de la recherche pour comprendre le mode de fonctionnement des laboratoires et, par exemple, être en mesure d'évaluer une équipe de recherche avec laquelle on pourrait être conduit à collaborer. Voir comment la recherche est source d'innovation et comment peut se faire la valorisation d'un résultat de recherche (de la publication à la commercialisation, start-up...) et/ou le transfert de technologie d'un laboratoire vers une entreprise avec les notions de protection de la propriété intellectuelle qui s'y rattachent

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Conduire des programmes
- S'inscrire dans une vision stratégique
- Créer de la valeur par l'innovation

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_RED_OCVR

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
22						22

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique

- C. Fossati
- S. Bourennane
- C. Damont (AMU)
- Intervenants professionnels variables



Projet

Filières Recherche & Développement

Caroline Fossati
Responsable Thématique École centrale de Marseille

Objectifs d'apprentissage (Learning outcomes)

Amener l'élève à préciser son projet professionnel en lien avec le domaine de la R&D

Programme

Ce type de projet a pour but d'insérer les étudiants dans une action en cours dans l'un des laboratoires adossés à l'école, de manière à ce qu'ils soient immergés dans une action structurée de R&D, afin d'en voir l'organisation, les mécanismes de financement, les contraintes, les finalités...

Compétences et connaissances visées dans la discipline

- Conduire des programmes
- S'inscrire dans une vision stratégique et la mettre en œuvre
- Créer de la valeur par l'innovation
- Maîtriser la complexité des systèmes et problématiques rencontrées

Modalités de contrôle des connaissances

Contrôle continu

Crédits ECTS
2

Code de l'UE
ING_S9_RED_PROJ

Volume horaire (élève) total de l'UE

CM	TD	TP	TA	Projets	Autres	Total
	4			62		66

Langue du cours
Français

Équipe pédagogique
- C. Fossati
- Tuteurs labo



