Catalogue des cours sélectionnés

1 : Mécanique des milieux continus
2 : Hydraulique, érosion
3 : Analyse et conception de système de transport
4 : Aérodynamique et transferts thermiques
5 : Hydrologie : modélisation et aide à la décision
6 : Hydrologie urbaine
7 : Energie, réduction et mofication de la consommation
8 : Energétique des batiments et confort
9 : Opérations unitaires du génie chimique
10 : Energies : réalité et perspectives
11 : Systèmes énergétiques (en présentiel et à distance)
12 : Mécanique 1 - Milieux continus
13 : Thermomécanique des fluides - Cours
14 : Adaptation climatique et facteur 4
15 : Energie et changement climatique : Eléments de base sur l'énergie au 21e siècle
16 : Machines – énergétique : Problèmes Energétiques Globaux
17 : Transferts thermiques et massiques dans les fluides [V2B]
18 : Mécanique des fluides incompressibles
19 : Hydrodynamique cotiere et littorale
20 : Modélisation de la turbulence: un défi industriel
21 : Transferts thermiques dans les processus énergétiques (1/2)
22 : Stabilité des Structures [V2B]
23 : Ecoulements incompressibles: 2 ème partie
24 : Mécanique des Fluides
25 : Dynamique de l’Atmosphère et des Océans
26 : Ecoulements et transferts thermiques
27 : Equation de Schrödinger non linéaire : des condensats de Bose Einstein aux supersolides
28 : Instabilités et contrôle des écoulements cisaillés
29 : Hydrodynamique physique pour l'environnement
30 : Systèmes énergétiques
31 : Mécanique des Fluides
32 : Rhéologie
33 : Microfluidique

Mécanique des milieux continus

Permettre d'aborder des problèmes simples d'écoulement et de transferts. Les transferts de matière, de quantité de mouvement et d'énergie sont en effet omniprésents dans la nature (cycle de l'eau, circulation sanguine, bioclimatologie...) et les équipements (drainage, culture sous serres, procédés agro-alimentaires).

On présentera un formalisme unique pour écrire les bilans de matière, de quantité de mouvement et d'énergie, que ce soit sur des systèmes macroscopiques (équations différentielles ordinaires) ou des volumes élémentaires (équations aux dérivées partielles).

Pour formaliser de tels problèmes puis pour résoudre les équations (dans des cas simples) il est nécessaire de maîtriser un certain nombre d'outils mathématiques. Il est demandé aux étudiants de réviser les notions élémentaires de géométrie et d'analyse du niveau du baccalauréat scientifique : géométrie euclidienne, vecteur, matrice, analyse de fonction, dérivée, intégrale. Un test de niveau sera effectué en début de séquence.

Partant de ces bases on introduira des notions sur les fonctions de plusieurs variables, les champs scalaires et vectoriels et la résolution des équations différentielles ordinaires. On se limitera aux coordonnées cartésiennes et on s'appuiera le plus possible sur des images géométriques.

Puis alterneront cours et travaux dirigés sur les transferts de matière, de quantité de mouvement et d'énergie. Ces 3 points seront traités selon le même plan :
- équation de conservation sur un système macroscopique ouvert
- équation de conservation sur un volume élémentaire
- loi d'état / loi de transfert / conditions aux limites
- combinaison et adimensionnalisation des équations

On abordera de façon un peu plus détaillée le cas particulier des écoulements en charge des fluides incompressibles, domaine très utile pour l'ingénieur.

Modalités d'évaluation
Travail écrit à rendre.

Période : Automne
Nombre d'heures : 30
Crédits ECTS : 2
École : AgroParisTech
Dernière mise à jour : mercredi 24 septembre 2008

Hydraulique, érosion

Ce cours est rédigé à l'attention des étudiants de 2ème année du master sciences et technologies de Paris

VI, mention « sciences de l'univers, environnement, écologie », spécialité «environnements continentaux et hydrosciences » dans laquelle l'ENGREF et neuf autres organismes sont cohabilités. Ce cours cherche à montrer quels grands principes régissent la morphologie des cours d'eau et leur dynamique. De plus, ce cours s'intègre dans un enseignement d'ingénierie fluviale enseigné en tronc commun à l'ENGREF.Le premier chapitre est un rappel d'hydraulique à surface libre. Il donne de manière condensée les définitions, principes de base et les résultats d'hydraulique à surface libre essentiels pour comprendre ou aménager une rivière. La rivière est supposée transporter de l'eau claire sans interaction avec son fond ou ses berges. Ce chapitre est conçu pour pouvoir être suivi par ceux qui auraient oublié les notions fondamentales de mécanique des milieux continus déformables et évite de faire appel aux opérateurs mathématiques complexes.Le chapitre 2 traite de manière simplifiée le transport solide en rivière. Il découple les calculs d'hydraulique (d'eau claire) et ceux de transport solide. Il ne traite donc que des rivières de plaine ou des rivières torrentielles, mais pas des torrents. La présence d'une phase solide entraîne un milieu diversifié dans l'espace avec des méandres, des seuils et des mouilles, des granulométries contrastées... Diversifié, ce milieu est aussi évolutif en fonction des successions hydrologiques. Dans l'interaction eau-minéral, le végétal joue un rôle important. Il souligne ou accentue les termes de diversité et de variabilité. Ce chapitre est donc fondamental pour apprécier la morphologie des rivières naturelles traitée au chapitre 3 ou des rivières aménagées traitées au chapitre 4.Le chapitre 3 traite de la géomorphologie des lits mineurs et majeurs des rivières. Il montre comment le transport solide étudié au chapitre 2 explique à la fois la diversité des formes des rivières (méandres, tresses, seuils, mouilles, bancs, érosions de berges...) et leur évolution dans le temps. Le rôle de la végétation sur les formes est abordé. L'échelle considérée est à la fois celle du coude d'une rivière que celle d'un long tronçon de rivière ou d'un bassin versant entier.Le chapitre 4 se concentre sur la géomorphologie des rivières aménagées. Les aménagements faits par l'homme, soit pour se protéger contre une rivière « nuisible », soit pour utiliser une rivière « bénéfique », ont tous des conséquences hydrauliques mais aussi morphologiques en amont ou en aval. Les méconnaître, c'est risquer des échecs graves ou au moins des actions inefficaces ou inutiles.

.

Période : Printemps
Nombre d'heures : 30
Crédits ECTS : 3
École : AgroParisTech
Dernière mise à jour : vendredi 27 février 2009

Analyse et conception de système de transport

Quatre compétences sont à acquérir : (1) savoir décrire un système technique de transport, selon le modèle en couches Infrastructure - Véhicule - Protocoles ; (2) analyser le fonctionnement et les performances technico-économiques des grands modes de transport, notamment routier et ferroviaire ; (3) modéliser des services de transport et leur qualité pour le client, voyageur ou chargeur de fret ; (4) modéliser la demande de transport : le choix du moyen de transport, les choix de localisation résidentielle et de destination d'activité sur un territoire.
Ces compétences sont fondamentales pour gérer à haut niveau un système de transport, tant dans la

production opérationnelle que dans la planification et l'implémentation opérationnelle.

Le module s'étend sur 13 séances, réparties en trois parties Décomposition (5 séances) - Composition (3 séances) - Modélisation spécifique (4 séances) :

1. Introduction générale. Principes d'analyse des systèmes de transport.
2. Infrastructures ; profils, milieux, équipements.
3. Véhicules : analyse fonctionnelle, analyse technique interne, analyse technique externe.
4. Techniques du transport ferroviaire : le contact rail-roues ; la composition matérielle d'un train ; enjeux de sécurité et conséquences pour la gestion des circulations.
5. Transport guidé et gestion des circulations : contrôle-commande, modèles de sous-systèmes, enjeux d'interopérabilité.
6. Massification et mutualisation : la forme de ligne.
7. Massification et mutualisation : la forme de réseau.
8. La qualité de service et la formation de la demande.
9. Modèles d'affectation du trafic sur un réseau.
10. Modélisation du choix modal.
11. Modèles de distribution spatiale.
12. Modèles d'occupation du sol : transport et territoire.
13. Contrôle des connaissances. Conclusion du module.

Modalités d'évaluation
Cours magistral et travaux dirigés pour la plupart des séances assurées par les enseignants principaux. Des intervenants spécialisés assureront des conférences extérieures. Une calculatrice ou un ordinateur portable sont nécessaires en classe pour traiter les exercices.

Période : Automne
Crédits ECTS : 4
École : École des Ponts ParisTech
Dernière mise à jour : mercredi 09 novembre 2011

Aérodynamique et transferts thermiques

Donner aux élèves les bases et les outils nécessaires à la réalisation d'études de conception dans le domaine des procédés industriels mettant en ?uvre les écoulements à masse volumique variable et les transferts de chaleur. Le domaine d'application des connaissances couvertes par ce module est très vaste et concerne tous les domaines de l'industrie. Il y a également des applications au domaine de l'environnement et du développement durable (stratification thermique dans les retenues, courants de

densité eau douce / eau salée dans les estuaires, éco-efficacité énergétique dans l'industrie et les bâtiments,?).

Partie 1 (4 séances de 3h) : Ecoulements fortement compressibles : cartographie des différents domaines d'application des écoulements compressibles, présentation des différents cadres d'approximation, formulation générale des équations, écoulements isentropiques en tuyère, ondes de choc droites et ondes de choc obliques, écoulements supersoniques en géométrie complexe, théorie de Prandtl-Meyer.
Partie 2 (3 séances de 3h) : Ecoulements quasi-incompressibles : écoulements dits " à masse volumique variable ", approximation de Boussinesq, pertes de charge en écoulement à masse volumique variable, écoulements stratifiés et courants de densité, analyse de la turbulence en écoulements stratifiés.
Partie 3 (3 séances de 3h) : Transferts thermiques : outils de l'ingénieur thermicien permettant de résoudre des problèmes de conduction, de convection et de rayonnement (en limitant l'étude, pour le rayonnement, aux échanges entre corps gris au travers d'un milieu transparent), applications relatives à l'éco-efficacité énergétique des bâtiments dans la perspective du développement durable.
Partie 4 (3 séances de 3h) : Introduction à la combustion : thermodynamique et cinétique chimique de la combustion, équations de l'aérothermochimie, flammes de pré-mélange, propagation d'une flamme plane dans un milieu pré-mélangé et homogène (détonation et déflagration), flammes de diffusion.

Niveau requis
Notions de base en mécanique des fluides incompressibles (Cf. module associé). En particulier formulations des équations de bilan, équations de Navier-Stokes, analyse dimensionnelle, principaux phénomènes descriptifs de la turbulence, notion de viscosité turbulente et modèle de turbulence k-epsilon. Pour acquérir ou se remettre en mémoire les bases nécessaires au module, la lecture suivante est conseillée : Chapitres 1 à 4 du livre " Mécanique des fluides appliquée ", P.L. Viollet, J.P. Chabard, P. Esposito, D. Laurence, Presses des Ponts et Chaussées, 1998, ISBN : 2-85978-301-6.

Modalités d'évaluation
13 séances de 3 heures en petite classe (un seul groupe) incluant un bureau d'études de 3h pour chaque partie du cours.

Période : Printemps
Crédits ECTS : 4
École : École des Ponts ParisTech
Dernière mise à jour : mercredi 02 novembre 2011

Hydrologie : modélisation et aide à la décision

Apporter une compréhension globale du cycle de l'eau.
Connaître les principaux types de modèles hydrologiques (déterministes, conceptuels et statistiques).
Maîtriser des méthodes et des outils utiles à la résolution des questions suivantes :
évaluation des risques de crue et de sécheresse,
simulation de la disponibilité de la ressource en eau,
gestion optimisée d'un réservoir mono ou multi-usages,
prévisions en temps réel,

Ces connaissances et savoir-faire sont indispensables à ceux qui seront confrontés aux composantes " Eau " de l'Aménagement du territoire, des risques naturels ou industriels, des usages de l'eau, y compris l'énergie, et bien entendu de la gestion environnementale. Autrement dit à ceux qui se dirigeront vers les institutions internationales et/ou européennes, les Services de l'Etat et les Collectivités Locales, les Agences et Etablissements de Bassins, les grands groupes et bureaux d'études actifs dans le domaine de l'eau.

Le cours comporte 1/3 de notions de base (compréhension des phénomènes et enjeux), 1/3 de présentation détaillée d'outils de modélisation, et 1/3 d'exercices et TD pour en fournir une réelle capacité d'utilisation.
Présentation du cours et grandes problématiques. Le cycle de l'eau à l'échelle planétaire
Le cycle de l'eau à l'échelle des bassins versants
Hydrogéologie : connaissance des aquifères et modélisation.
Mesures en hydrologie.
Modélisation pluie-débit.
Processus stochastiques, et évaluation des risques de crues et de sécheresse
Gestion optimisée des réservoirs.
Prévision des crues et des sécheresses.
.

Modalités d'évaluation
13 séances de 3 heures.

Période : Automne
Crédits ECTS : 4
École : École des Ponts ParisTech
Dernière mise à jour : mercredi 02 novembre 2011

Hydrologie urbaine

Les différents objectifs du module sont : :
Aborder l'hydrologie urbaine de la recherche à l'opérationnel ;
Permettre l'appréhension de la complexité de l'hydrologie urbaine, au travers des disciplines sur lesquelles elle se base et au travers des différentes échelles qu'elle couvre ;
Transmettre la maîtrise des outils classiques et l'émergence de champs d'innovations ;
Intégrer l'hydrologie urbaine dans le cadre du développement urbain durable.

L'hydrologie urbaine est abordée du double point de vue de la conception et de la gestion des systèmes d'assainissement selon les trois points suivants :
" Processus fondamentaux en matière d'hydrologie urbaine
o Pluie, transformation pluie débit, stockage et écoulement
o Qualité des eaux usées et des eaux pluviales
" Conception des systèmes d'assainissement
o Réseaux unitaires et séparatifs (écoulement)

- Techniques alternatives (ruissellement)
- Assainissement autonome
- Gestion des systèmes d'assainissement
- Gestion automatisée des systèmes d'assainissement
- Nouveaux modèles de la gestion des eaux urbaines
- Durabilité des systèmes d'assainissement

Le cours est largement basé sur une pédagogie de projet abordant, la gestion hydraulique de réseaux, la conception des techniques alternatives

Niveau requis
Hydraulique, mécanique des fluides. Hydrologie souhaitable mais non nécessaire
Fluid mechanics, Hydraulics Hydrology eventually

Modalités d'évaluation
13 séances de 3 heures et une journée de visite

Période : Automne
Crédits ECTS : 5
École : École des Ponts ParisTech
Dernière mise à jour : mercredi 27 juillet 2011

Energie, réduction et mofication de la consommation

L'objectif du cours est de donner aux élèves des repères sur les principaux enjeux énergétiques du 21ème siècle : panorama des ressources disponibles, tant en ce qui concerne l'offre de production par filières, que les perspectives de réduction de la demande par secteurs, limitations technologiques et efforts de recherche, maîtrise de la demande notamment dans les domaines des transports et du bâtiment.
L'objectif visé dans ce module est que les élèves disposent des éléments leur permettant de mener leur propre analyse. Sans devenir un expert, les élèves seront en mesure d'exercer un regard critique sur les débats de société relatifs aux questions énergétiques.

Le cours abordera les thèmes suivants :
Problèmes énergétiques globaux
Le secteur électrique
Les transports
Efficacité énergétique et maîtrise de la demande en énergie (MDE)
Energies renouvelables
Contexte énergétique et politiques publiques

Modalités d'évaluation
Le module est composé de 8 séances de 2 heures en première partie de semestre. Le déroulement du cours sera consacré alternativement à la diffusion de connaissance proprement dite et à des séances de restitution de travaux préparés par les élèves en dehors des heures d'enseignement.
Enfin, une neuvième séance est consacré à l'évaluation écrite finale

Période : Automne
Crédits ECTS : 2
École : École des Ponts ParisTech
Dernière mise à jour : mercredi 03 août 2011

Energétique des batiments et confort

Le renchérissement du prix des énergies et les objectifs de protection du climat modifient radicalement la manière de construire. De nouvelles compétences sont alors nécessaires pour satisfaire l'évolution de la demande. Le module apporte des connaissances de base en thermique, éclairage, mécanique des fluides, et fournit des outils méthodologiques applicables dans le cadre de projets de construction.

Partie 1 :
Introduction, enjeux énergétiques et confort
Thermique : conduction
Thermique : rayonnement
Thermique : convection
Lumière 1
Mécanique des fluides 1
Enveloppe
Confort hygrothermique
Partie 2 :
Systèmes 1
Systèmes 2
Lumière 2
Mécanique des fluides 2
Energies renouvelables

Niveau requis
Connaissances de base en physique et sciences de l'ingénieur ou architecture.

Modalités d'évaluation
Séances de 3 heures avec une moitié de cours et l'autre d'exercices

Période : Printemps
Crédits ECTS : 4
École : École des Ponts ParisTech
Dernière mise à jour : mercredi 14 septembre 2011

Opérations unitaires du génie chimique

Les procédés de séparation d'un mélange (solide, liquide ou gazeux) en ses constituants purs sont essentiels dans l'industrie chimique. La méthodologie consiste, à l'aide de une ou plusieurs opérations, à effectuer un transfert de matière par la mise en contact intime de plusieurs phases (S-S / S-L / L-L / L-G / S-G ...).
L'objectif du cours consiste à calculer les bilans matière et énergie de l'unité de séparation étudiée qui peut être de type continue ou discontinue, et être réalisée à co-courant ou à contre-courant.
La démarche pédagogique choisie consiste à détailler la rectification des mélanges liquides qui exploite la différence de volatilité des constituants. Cette opération de séparation est complexe puisqu'elle présente la particularité de mettre simultanément en présence un écoulement, un transfert de matière et un transfert de chaleur.
Les analogies possibles dans la démarche scientifique et la mise en oeuvre permet de présenter plus rapidement d'autres opérations unitaires (absorption, extraction, séchage, évaporation, lavage, filtration, ...).

Cet enseignement a été édité sous forme d'ouvrage.

CHAPITRE I : LES OPERATIONS UNITAIRES

1 – Les procédés industriels
2 – Principes mis en jeu dans les opérations de séparation
3 – Analyse des mécanismes de transfert
4 – Le transfert de matière en milieu biphasique
5 – Conclusion

CHAPITRE II : LES EQUILIBRES LIQUIDE-VAPEUR

1 – Conventions et principes
2 – Diagrammes d’équilibre de phase (P, T, composition)
3 – Equilibre des phases

CHAPITRE III : LA DISTILLATION

1 – Constations expérimentales
2 – Rectification continue – Méthode graphique de Mac Cabe et Thiele
3 – Rectification continue – Méthode graphique de Ponchon et Savarit
4 – Fonctionnement d’une colonne de rectification
5 – Distillation discontinue d’un binaire avec rectification

6 – Comparaison des techniques de distillation
7 – Distillation des mélanges multicomposants
8 – Régulation de la colonne

CHAPITRE IV : L'ABSORPTION

1 – Exemples
2 – Mode opératoire et fonctionnement du procédé
3 – Détermination du nombre de plateaux théoriques
4 – Trace des plateaux théoriques

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT D'UNE COLONNE

1 – Les contacteurs gaz-liquide
2 – Notion de nombre et hauteur des plateaux théoriques
3 – Etude d'une colonne à garnissage
4 – Détermination de la hauteur de garnissage
5 – Définitions des grandeurs HUT et HEPT
6 – Comparaison des grandeurs NUT et NPT

CHAPITRE VI : EXTRACTION LIQUIDE-LIQUIDE

1 – Principes – Définitions
2 – Exemples d'extraction liquide-liquide
3 – Représentation des mélanges sur les diagrammes ternaires
4 – Les diagrammes de solubilité partielle
5 – Choix du solvant
6 – Courbe de distribution et droites de conjugaison (conodales)
7 – Schéma des procédés d'extraction liquide-liquide
8 – Conclusion

CHAPITRE VII : EXTRACTION SOLIDE-LIQUIDE

1 – Définitions
2 – Exemples d'extraction solide-liquide
3 – Mécanisme d'extraction : étapes du transfert de matière
4 – Représentation des équilibres dans l'extraction solide-liquide
5 – Cas de l'extraction solide-liquide continue

CHAPITRE VIII : CRISTALLISATION INDUSTRIELLE

1 – Définitions
2 – Exemples d'applications
3 – Courbes de solubilité et mode opératoire
4 – Approche phénoménologique
5 – Conclusion

CHAPITRE IX : EXERCICES AVEC SOLUTIONS DETAILLEES

1 – Fonctionnement d'une colonne de rectification avec alimentations et un soutirage intermédiaire

2 – Séparation de l'oxygène et de l'azote de l'air
3 – Etude de la rentabilité économique d'une distillation continue
4 – Calcul de la hauteur d'une colonne d'absorption à garnissage
5 – Extraction de la nicotine (C) en solution dans l'eau (1) par le kérosène (B) à T = 20°C et P = 105 Pa
6 – Purification du zirconium par extraction liquide-liquide avec section de lavage
7 – Extraction solide-liquide en continu à contre courant : extraction de l'huile contenue dans des graines par le benzène
8 – Cristallisation : calcul du profil de refroidissement

Niveau requis
Notions de thermochimie

Modalités d'évaluation
Examen écrit

Période : Automne
Nombre d'heures : 12
École : Chimie ParisTech
Dernière mise à jour : vendredi 14 janvier 2011

Energies : réalité et perspectives

1 - Introduction - Enjeux par Bernard BOULLIS
Introduction aux enseignements et conférences
Énergie : définitions, unités, mesures, énergie finale, énergie primaire, vecteurs énergétiques

2 - Besoins en énergie par Bertrand BARRE
Mise en perspective historique ; démographie ; Panorama actuel, répartition par secteurs, par régions ; Futur : scénarios et incertitudes ; Les grands enjeux …

3 – Challenges technologiques des nouvelles énergies par Gilles COCHEVELOU

4 - Énergies et climat par François-Marie BREON
Effet de serre, mécanismes, conséquences, scénarios ; séquestration, conversion CO2…

5 – Économie de l'énergie par Jacques PERCEBOIS
Prix du kWh ; Politique et marché européens ; Contexte français ; Sécurité d'approvisionnement

6 - Énergies fossiles par Roland GEOFFROIS
Concept de "peak oil", plafonnement des réserves pétrolières et gazières ; quel avenir pour le pétrole, quelles énergies pour demain ?

Période : Automne
Nombre d'heures : 20

Crédits ECTS : 1
École : Chimie ParisTech
Dernière mise à jour : vendredi 25 novembre 2011

Systèmes énergétiques (en présentiel et à distance)

Objectifs: Ce cours, qui est identique à l'ES 3734 du 4ème semestre, concerne les systèmes énergétiques basés sur la conversion de la chaleur avec un accent particulier sur les principaux types de machines à fluide compressible (compresseurs, moteurs à combustion interne, turbines à gaz, turbines à vapeur, installations frigorifiques, cycles combinés, cogénération). Son objectif est de permettre aux élèves de comprendre les principes de conception de ces systèmes, d'avoir une vision d'ensemble des différentes technologies utilisables pour leur réalisation, et de les familiariser avec les méthodes d'analyse classiques et modernes (diagrammes, progiciels, etc.). Les cours, les TD et les projets s'appuient sur un dispositif pédagogique original basé sur les Nouvelles Technologies Educatives, alternant travail à distance et en présentiel. Les élèves disposent de supports de cours en ligne (dont des modules de Formation à Distance) qui leur permettent de travailler seuls à leur rythme pendant douze séances. Les échanges avec les enseignants prennent place d'une part lors de six séances en présentiel, et d'autre part à l'occasion de contacts directs laissés à l'initiative des élèves, soit par courrier électronique, soit par rendez-vous. L'objectif des projets est de synthétiser les connaissances acquises en thermique (échangeurs), thermodynamique et mécanique des fluides sur des cas proches de la réalité, avec prise en compte des aspects économiques et des contraintes environnementales. Les sujets correspondent à des problèmes ouverts, les élèves devant faire quelques recherches personnelles.

Programme: ProgrammeIl est détaillé dans la partie programmation. Le programme de travail de ce cours est assez chargé, de par la nécessité d'une part de présenter aux élèves l'ensemble des technologies mises en oeuvre dans les systèmes énergétiques, et d'autre part de leur montrer comment les modéliser avec Thermoptim. Avec la méthode pédagogique retenue, l'étudiant peut gérer son temps plus facilement. Cependant, il est nécessaire de suivre le cours au fur et à mesure de la programmation indiquée afin d'être à même de faire les projets dans le temps imparti. Il est très difficile, voire impossible, , en s'y prenant au dernier moment, d'assimiler l'ensemble des notions nécessaires au projet et à l'oral. Comme indiqué dans la programmation, certaines séances en présentiel sont obligatoires, ceci concerne le démarrage du cours et les séances de projet. Pendant les séances de projet, les élèves bénéficient d'un encadrement pour les guider en cas de difficulté.Deux séances en présentiel supplémentaires ont été ajoutées : un exercice de modélisation avec Thermoptim et un bilan du cours visant à revenir sur les principales notions à retenir, notamment en vue de l'oral. Ces deux séances supplémentaires en présentiel sont facultatives.

Niveau requis
Le cours demande quelques notions préalables de thermodynamique, de mécanique et de thermique. Toutefois les bases nécessaires à la compréhension font l'objet d'un rappel initial.

Modalités d'évaluation
Le contrôle des connaissances est effectué sur la base d'un projet auquel sont consacrées six séances d' 1 h 15, généralement effectué en binôme, et d’un examen oral d'un quart d'heure portant essentiellement sur les notions qui doivent être parfaitement mémorisées et sur la compréhension des

principaux concepts, tels qu'ils sont présentés dans la note Objectifs pédagogiques du Cours Systèmes Energétiques. Des Annales de questions posées à l'oral sont à la disposition des élèves qui désirent s'entraîner. Elles leur donnent une idée des sujets qui peuvent être abordés.

Période : Automne
Nombre d'heures : 26
Crédits ECTS : 2
École : MINES ParisTech
Dernière mise à jour : mardi 02 octobre 2012

Mécanique 1 - Milieux continus

Objectifs: Mise en place des outils de modélisation en thermomécanique des milieux continus. Formulation générale des lois de comportement des matériaux. Résolution de problèmes aux limites d’élasticité linéarisés.

Programme: Présentation du milieu continu. Lois de conservation. Schématisation des efforts intérieurs (contraintes). Histoires lagrangienne et eulérienne de la déformation.Notions générales sur les lois de comportement (principe d'indifférence matérielle ; groupes de parité). Description du solide élastique et des fluides.Formulation complète et résolution des problèmes de l'équilibre d'un corps élastique dans l'hypothèse des petites perturbations.

Niveau requis
Algèbre linéaire, analyse fonctionnelle, mécanique du point et du solide rigide

Modalités d'évaluation
Examen écrit.

Période : Automne
Nombre d'heures : 30
Crédits ECTS : 2
École : MINES ParisTech
Dernière mise à jour : vendredi 13 juillet 2012

Thermomécanique des fluides - Cours

Objectifs: Introduire la démarche de ce qu'on appelle souvent "thermodynamique des processus irréversibles" qui s'occupe des phénomènes de transfert, d'énergie bien sûr, mais aussi de masse. Faire

comprendre le comportement des fluides usuels (qualifiés de newtoniens). On expose pour cela : les divers aspects qualitatifs des propriétés des fluides et de leur comportement (compressibilité, turbulence, cavitation, couche limite, sillages...), quelques phénomènes physiques fondamentaux (propagation d'ondes, tourbillons, ...) qui se déduisent des lois générales. Faire comprendre les phénomènes physiques mis en jeu dans les échanges énergétiques : conduction, rayonnement, convection. Mettre en application les équations correspondantes par des méthodes appropriées, pour décrire le fonctionnement de systèmes réels (dispositifs énergétiques, systèmes naturels, …). Le but final est de donner les moyens d’analyser un système d’une certaine complexité, permettant par exemple l’étude (dimensionnelle et constructive) d’un procédé ou d’un appareil industriels.

Programme: Le temps est partagé entre trois activités distinctes et complémentaires, qui occupent chacune des volumes horaires à peu près identiques : cours, exercices et projet. Nous considérons comme indispensable la connaissance des phénomènes physiques et des équations qui les régissent (non par leur aspect littéral mais par l'interprétation des grandeurs qui y figurent). Le plus important consiste à savoir mettre en équation un problème précis en appliquant la méthode générale qui consiste à effectuer les bilans des grandeurs physiques fondamentales (masse, impulsion, énergie). Les développements théoriques sont donc réduits, laissant les deux tiers de l'enseignement à la mise en pratique du savoir. L'acquisition des fondements est l'objet de 13 leçons à thèmes qui se partagent en 13 séances de cours en "amphi" et autant de séances d'exercices en "petites classes". Les dernières séances sont réservées à un projet de nature pratique et faisant recours à quelques logiciels spécialisés.Il s'agit d'un cours de formation générale de l'ingénieur. Il trouve son prolongement dans le cours de Machines Thermiques, le cours de mécanique des fluides numérique et expérimentale, dans les opérations de Thermique Industrielle (fours, chaudières), les opérations de Génie Chimique, les études de thermomécanique.

Niveau requis
Ce cours nécessite comme connaissances les cours de physique générale des classes de Spéciales, le cours de Thermodynamique (premier et deuxième principe), le cours écrit de Transferts Thermiques assurant la liaison avec celui du cours de Thermodynamique. Il fait aussi appel au cours de Mécanique des Milieux Continus et aux bases du calcul différentiel et analyse vectorielle (donc programme de Spéciales). Il serait souhaitable que les élèves disposent de quelques connaissances dans le domaine des équations aux dérivées partielles, et de l'algèbre tensorielle simple (espace euclidien).

Modalités d'évaluation
Le contrôle des connaissances est constitué d'un examen intermédiaire et d'un projet réalisé en binôme. Les 2 notes comptent pour 40% chacune ; la participation aux petites classes complète l'évaluation.

Période : Automne
Nombre d'heures : 35
Crédits ECTS : 2
École : MINES ParisTech
Dernière mise à jour : dimanche 12 décembre 2010

Adaptation climatique et facteur 4

Objectifs pédagogiques :

Ce cours est une introduction aux enjeux du changement climatique. Il présente les différents aspects scientifiques du problème, ainsi que les enjeux qui en découlent ou en découlerons pour les nations, entreprises collectivités ou citoyens.

Contexte pédagogique :
Ce module est constitué du cours de Mme Dominique Dron (professeur au Centre Energétique et Procédés de MINES ParisTech) dispensé dans le cadre du module « Climat – Energie » du Mastère Spécialisé de l'ISIGE.

Démarche d'apprentissage :
Cours multimédia, en accès libre (voir licence), contenant des extraits audio et vidéo. A suivre en une session d'apprentissage.

Période : Automne
École : MINES ParisTech
Dernière mise à jour : mardi 17 juin 2008

Energie et changement climatique : Eléments de base sur l'énergie au 21e siècl

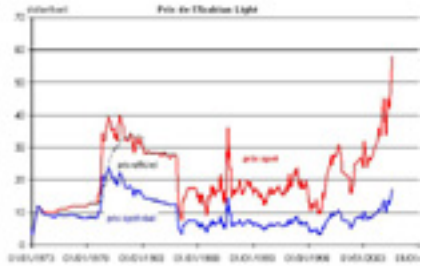
Objectifs: L’humanité va connaître deux évolutions sans précédent au cours du 21è siècle :une contrainte sur son approvisionnement global en combustibles fossiles, qui va passer par un maximum puis décliner, alors que ces derniers ont été disponibles en quantités sans cesse croissantes depuis le début de la révolution industrielle, et sont aujourd’hui directement ou indirectement à l’origine d’à peu près tous les objets, tous les métiers, et tous les acquis sociaux observables autour de nous,la confrontation au défi climatique, qui supposera à la fois de gérer des conséquences déjà inévitables de nos émissions passées, et de faire en sorte que les conséquences futures restent gérables pour ceux qui auront à les supporter, ce qui supposera probablement d’aller encore plus vite dans la baisse de consommation des hydrocarbures que ce que la géologie nous imposerait sinon.A cause - notamment - de ces contraintes inédites et d’une démographie sans précédent, les jeunes ingénieurs aujourd’hui en formation à l’ENSMP vivront l’essentiel de leur vie professionnelle dans un univers qui sera très différent de celui dans lequel ont évolué les ingénieurs du 20è siècle. A l’issue de ce module, les élèves ingénieurs disposeront des principales données de cadrage sur l’énergie et le changement climatique, et pourront ainsi mieux cerner le monde physique dans lequel ils vont vivre, et qui conditionnera fortement toute activité professionnelle qu’ils se choisiront par la suite.

Programme: L’énergie aux 19e et 20e siècles : comment une énergie de moins en moins chère a fondamentalement façonné nos activités économiques (niveau de vie, structure des métiers, déplacements du pouvoir d’achat, « esclaves virtuels » par personne, etc.) L’état des ressources et des réserves en hydrocarbures, et les perspectives de production futures : à quand le maximum de la

production pétrolière, gazière et charbonnière mondiale ? Le système climatique : fonctionnement général et évolution sous l’effet des émissions de gaz à effet de serre d’origine humaine Les conséquences possibles du réchauffement climatique sur la biosphère et sur les activités humaines Vraies et fausses économies d’énergie : l’influence fondamentale du prix Le nucléaire : filières actuelles et questions posées Les énergies renouvelables : filières actuelles et questions posées Le contrôle de gestion appliqué au cycle du carbone : première approche du Bilan Carbone.

Période : Printemps
Nombre d'heures : 20
Crédits ECTS : 1
École : MINES ParisTech
Dernière mise à jour : dimanche 12 décembre 2010

Machines – énergétique : Problèmes Energétiques Globaux



Ce cours cherche à fournir une base de réflexion sur l'ensemble des problèmes énergétiques globaux, en proposant une analyse des principaux aspects à prendre en considération : l'offre d'énergie, qui dépend des ressources et des filières technologiques disponibles, les implications macro-économiques de la demande d'énergie, les questions géopolitiques, les particularités de la situation des pays en développement.

Le cours comprend trois grandes parties :
- Filières et indicateurs globaux (principales caractéristiques des différentes filières énergétiques, liens entre consommation d'énergie et activité économique)
- Aspects géopolitiques (situation énergétique mondiale, problèmes énergétiques des pays en développement, réserves et ressources, marchés de l'énergie)
- Évolutions récentes (Aspects environnementaux, Évolutions technologiques, Objectifs et impact des politiques énergétiques).

Ce cours est basé sur la nouvelle édition 2013 aux Presses des Mines du livre Introduction aux problèmes énergétiques globaux.

Modalités d'évaluation
Projet : exposé et petit rapport succinct portant sur la situation énergétique d'un pays, présentée à la lumière des grilles d'analyse utilisées dans les différentes séances proposées dans le cours

Période : Automne
Nombre d'heures : 12
École : MINES ParisTech
Dernière mise à jour : lundi 13 mai 2013

Transferts thermiques et massiques dans les fluides [V2B]

Ce cours s'inscrit dans la continuité du cours MF 101 : "Ecoulements incompressibles" enseigné en 1ère année. Il fait donc un large usage de l'analyse phénoménologique". Il s'agit d'une méthode qui permet de simplifier les équations de la mécanique des fluides (mais en fait de tout autre domaine) en mettant l'accent sur les ordres de grandeurs dominants. Ce point de vue sera adopté pour étudier les échanges de chaleur et de masse entre des objets et le fluide qui les baigne.On établira d'une part les "coefficients d'échanges" des principales configurations classiques de convection thermique (convection forcée dans une conduite, sur une plaque plane convection libre sur une plaque plane), de même la convection massique sera présentée. D'autre part, des exemples simplifiés de systèmes d'équations couplées obtenus en utilisant cette démarche seront présentés en Petites Classes (centrales nucléaires, aérodynamique supersonique, biomécanique, écoulements côtiers...). Ce cours de "thermique" est donc principalement orienté vers les transferts dans les fluides (équations de Navier Stokes) en laminaire et en turbulent (le rayonnement n'est quasiment pas abordé).

Transferts thermiques et massiques dans les fluides [V2B]

Niveau requis
Cours de première année de Mécanique des Fluides MF101

Modalités d'évaluation
Examen terminal avec documents

Période : Automne
Nombre d'heures : 21
Crédits ECTS : 2
École : École Nationale Supérieure de Techniques Avancées
Dernière mise à jour : lundi 14 décembre 2009

Mécanique des fluides incompressibles

Le cours de mécanique des fluides de première année est un cours de 2 unités. Il propose une initiation à

la mécanique des fluides, et plus précisément des fluides newtoniens. Après un rappel des théorèmesgénénéraux (Bernoulli, Lagrange ...) la modélisation des écoulements irrotationnels de fluides dont la viscosité est négligeable, les fluides parfaits, sera envisagée. La deuxième partie de ce cours MF102 s'intéressera aux phénomènes liés à la viscosité: le cas des couches limites, tout à fait fondamentaux pourdéterminer le calcul des trainées des obstacles sera abordé en détail dans le cadre des développements asymptotiques raccordés. Ce cours sera illustré parun cours en laboratoire et par des travaux pratiques.

Mécanique des fluides incompressibles

Modalités d'évaluation
interrogration écrite

Période : Automne
Nombre d'heures : 21
Crédits ECTS : 4
École : École Nationale Supérieure de Techniques Avancées
Dernière mise à jour : lundi 14 décembre 2009

Hydrodynamique cotiere et littorale

Lingénierie côtière est confrontée à de nouveaux enjeux : prédire et modéliserlévolution morphologique des côtes et du littoral, quantifier le transport et le mélange despolluants et des constituants bio-géochimiques. De plus, le développement récent des énergiesrenouvelables marines (éolien offshore, usine marée-motrices, énergie des vagues) nécessitedes modèles de prévisions fiables de la dynamique locale (vagues, courants, transport desédiment).Lobjectif de ce cours est létude des processus dynamiques spécifiques aux régionscôtières et littorales. Il vise à donner aux étudiants une expertise sur la complexité desprocessus réels et un esprit critique sur leurs modélisations. Ce cours se décompose en deuxparties qui traitent respectivement de la dynamique côtière à méso-échelle et de la dynamiquelittorale à plus petite échelle.- Dynamique méso-échelle : Marées, Upwelling, panaches fluviaux, courants côtiers.- Dynamique de petite échelle : houle, interaction vent-vagues, état de la mer,déferlement bathymétrique, courants littoraux, zone de déferlement.Ce cours fait partie de la spécialité OACOS du master Sciences et Techniques de UPM (cours obligatoire C5). Le cours fait partie du parcours de référence "Océanographie côtière". La programmation de référence est consultable sur ici.

Hydrodynamique cotiere et littorale

Niveau requis
voie SMC, module électif "océanologie" éventuellement

Modalités d'évaluation
Contrôle écrit

Période : Automne

Nombre d'heures : 50
Crédits ECTS : 5
École : École Nationale Supérieure de Techniques Avancées
Dernière mise à jour : lundi 14 décembre 2009

Modélisation de la turbulence: un défi industriel

Le cours s'adresse à de futurs ingénieurs intéressés par la mécanique des fluides numérique. L'objectif de ce cours est d'apporter aux étudiants une connaissance suffisante sur la modélisation de la turbulence pour leur permettre de naviguer par eux-même dans la littérature foisonnante et souvent difficile publiée sur ce sujet.Les objectifs de ce cours sont les suivants :- Donner une vision de la problématique de la modélisation des écoulements turbulents à des ingénieurs- Mettre laccent sur les difficultés, les limites, les développements en cours et à venir pour leur permettre de disposer dun recul suffisant pour analyser une situation et choisir la bonne stratégie de modélisation en fonction des moyens disponibles et des résultats attendusThèmes abordés lors des 6 séances de cours:RappelsModélisation statistique de la turbulenceModélisation instationnaire de la turbulenceExposés des étudiants

Modélisation de la turbulence: un défi industriel

Niveau requis
Mécanique des fluides (MF101,MF102), Méthodes numériques (MA201), Turbulence (MF205)

Modalités d'évaluation
Soutenances orales autour de sujets de la littérature scientifique

Période : Automne
Nombre d'heures : 21
Crédits ECTS : 2
École : École Nationale Supérieure de Techniques Avancées
Dernière mise à jour : lundi 14 décembre 2009

Transferts thermiques dans les processus énergétiques (1/2)

Ce cours vise à assurer la maîtrise des hypothèses et équations de base en énergétique et à développer les aspects modélisation associés (turbulence, masse volumique variable, convection, conduction). Ces concepts seront illustrés par des applications industrielles (combustion fossile, environnement, thermoaéraulique, nucléaire, automobile). Une démarche volontariste de la part des élèves-ingénieurs sera nécessaire pour mettre en œuvre les acquis dans des bureaux détudes (thermique à flamme, nucléaire,

automobile, aéraulique) et dans un mini projet de dimensionnement (diphasique/monophasique) en utilisant des outils numériques (code de mécanique des fluides, outils de dimensionnement).
_____Le cours est constitué de plusieurs parties enseignées par des intervenants différents, spécialistes du domaine. 1/ Une partie fondamentale est placée en début de cours (F. Archambeau, J.B Ritz : écoulements monophasiques, bilans de masse, de quantité de mouvement et dénergie, écoulements à masse volumique variable, conduction, rayonnement, thermodynamique, turbulence, pertes de charge, méthodes numériques de calcul en volumes finis). Cette partie est un socle permettant de tirer profit des cours ultérieurs, concernant chacun une problématique spécifique. Plus en détails : les éléments fondamentaux fournis sont les suivants.· Ecoulements monophasiques et bilans : lobjectif de cette séance est de faire un rappel des équations de transport et de conservation classiques afin de fournir une base aux modules ultérieurs. On sattache à construire les équations avec tous les termes et à présenter les simplifications communément utilisées · Thermodynamique : un rappel de thermodynamique générale, permettant de reprendre les concepts classiques de variable extensive, intensive, conservative. Le premier et le second principe sont repris. Une exercice de cycle moteur est proposé afin dappliquer les éléments vus en cours (centrale de production thermique : étude du circuit primaire avec turbines, condenseur, pompe étude de léchangeur). · Turbulence : au cours de cette séance, on propose les éléments utiles à lingénieur pour la modélisation de la turbulence. En introduction, on rappelle lorigine des effets que les modèles classiques de turbulence cherchent à modéliser. On présente ensuite les différentes catégories de modèles actuels et leur gamme dutilisation. · Pertes de charge : cette séance cours propose les éléments utiles à lingénieur pour la prise en compte par corrélation des pertes de charges usuelles (pertes de charges régulières et singulières classiques). · Ecoulements à masse volumique variable : l'objectif de cette séance est de définir un jeu d'équations en mécanique des fluides et thermique prenant en compte la variation de la masse volumique en fonction des variables d'état Température et Pression. Cette approche permet de traiter un certain nombre de problèmes en convection naturelle et l'étude du dimensionnement d'un aéroréfrigérant illustre cette démarche.· Conduction et rayonnement : la séance permet de rappeler des notions connues sous l'angle de la thermoaéraulique et thermohydraulique, le couplage de tous les modes de transfert de la chaleur sera présenté et des exercices d'application seront réalisés.· Méthodes numériques de volumes finis : cette séance propose une introduction aux méthodes de volumes finis qui sont utilisées dans la plupart des codes de mécanique des fluides (exemples : STAR-CD, Code_Saturne NEPTUNE_CFD…). Lobjectif est de fournir les éléments utiles à lanalyse des calculs réalisés au moyens de tels outils (base des méthodes numériques, hypothèses et limitations). 2/ On aborde ensuite la problématique des transferts dénergie dans le bâtiment au travers dexemples précis (J.B. Ritz, T. Duforestel : climatisation, pompes à chaleur, conception des enveloppes thermiques du bâtiment) : la maîtrise des concepts généraux de mécanique des fluides et de thermique est nécessaire, en particulier conduction, rayonnement, écoulements à masse volumique variable, en convection naturelle ou mixte. Plus en détails : les éléments fournis sont les suivants.· Thermoaéraulique appliquée : introduction à la thermoaéraulique appliquée, ordre de grandeur, choix du système d'équations, convection forcée, naturelle, mixte, modélisation. Deux applications seront présentées : conditionnement d'ambiance et refroidissement des déchets nucléaires.· Thermodynamique appliquée : rappel de thermodynamique pour les applications Pompe A Chaleur, Présentation des technologies de la Pompe à Chaleur et ses applications en matière d'efficacité énergétique dans les bâtiments (fonctionnement, enjeux, marché, installation, R&D).· Conception des enveloppes thermiques du bâtiment : problématiques disolation et de transferts thermique et hydriques dans les matériaux.3/ Trois parties sont dédiées aux transferts thermiques dans les écoulements réactifs : la modélisation fine des écoulements réactifs et limpact environnemental associé à la production dénergie à partir de combustibles fossiles (N. Méchitoua, P. Plion, V. Arrondel), le cas particulier de la modélisation des incendies et son importance dans la sûreté nucléaire (L. Gay), la modélisation des transferts thermiques dans les moteurs (T. Jaine). Ces trois parties sappuient également sur les concepts généraux (1/) et en particulier sur les aspects rayonnement. Leur complémentarité fait la richesse de lensemble : elles permettent de présenter des approches différentes du traitement des transferts thermiques dans les écoulements réactifs, adaptées à des besoins particuliers.

Ainsi, pour la prédiction des polluants issus des centrales thermiques, cest une modélisation locale qui fournit des éléments permettant de renseigner des modèles de chimie fine pour le traitement des incendies dans la sûreté nucléaire, cest une approche zonale qui est utilisée, avec une physique spécifique aux feux enfin, pour la thermique des moteurs, cest une approche système qui permet de répondre aux besoins de lingénierie. Plus en détails : · modélisation fine des écoulements réactifs et limpact environnemental associé :o présentation dun modèle déquations permettant de traiter la thermoaéraulique et laspect réactif de la combustion pour une flamme simple de diffusion turbulente, illustré par des exerciceso lien entre le modèle de flamme de diffusion et les impacts environnementaux des polluants en présentant :§ les sciences naturelles du charbon (origines, analyses standard) § les enjeux économiques (réserve, puissance actuelle, moyens entrants, la problématique du CO2) § phénoménologie de la combustion diphasique et modélisation correspondante § la prise en compte de la formation des polluants (NOx, SOx, particules) o impacts environnementaux des polluants (traitement des fumées, enjeux pour le parc de centrales thermique à flamme).· le cours de sciences de l'ingénieur en incendie est une introduction à la sûreté incendie, dédiée chez EDF principalement à ses installations nucléaires. Les objectifs de la formation sont : o faire connaître l'incendie, sa phénoménologie (combustion, thermique, aéraulique), les différents types de feu, son développement, ses conséquences, sa prédiction à l'aide de la modélisation (de la corrélation au code de calcul), en vue de sa prévention et de la maîtrise de ce risque o réaliser un tour d'horizon des connaissances dans le domaine de l'incendie (renvoi à la littérature scientifique) o utiliser le code MAGIC (EDF) dans le cadre d'une étude de risque incendie.· le cours portant sur la thermique moteur permet dappréhender limpact thermique de la combustion dans les moteurs et sappuie sur une approche système de la modélisation. 4/ Une partie est consacrée aux transferts thermiques dans les écoulements eau-vapeur (M. Boucker, P.A. Haynes) il sagit dune thématique primordiale pour lindustrie nucléaire, le fluide caloporteur étant aujourdhui très majoritairement de leau. On présente les phénomènes importants liés à lébullition et au changement de phase et plus particulièrement les implications pour les centrales à eau sous pression. Cette partie bénéficie des concepts généraux présentés en début de cours (1/). Plus en détails : le cours d'introduction à la modélisation des écoulements diphasiques appliqués aux réacteurs nucléaires, sur 2 séances, comprend essentiellement 3 parties : · un rappel sur le fonctionnement d'une centrale nucléaire de production d'électricité à eau pressurisée. Ceci permet de passer en revue les principaux composants du réacteur et leur caractéristiques thermohydrauliques, en liaison avec les deux autres parties · la description de la physique des écoulements diphasiques ayant lieu dans les circuits des centrales en situation normale ou accidentelle la variété et la complexité spécifique aux écoulements diphasiques est mise en exergue · des éléments de modélisation mathématique propres aux écoulements diphasiques (équations de bilans diphasiques)La moitié du temps est dévolu aux exercices d'application.5/ En application des cours sont proposés deux projets de modélisation numérique. Le premier porte sur la modélisation des transferts thermiques dans un assemblage combustible de centrale nucléaire à eau sous pression lanalyse est conduite avec une approche locale, en utilisant des logiciels de mécanique des fluide numérique (M. Sakiz, M. Boucker, J. Laviéville, F. Archambeau). Le second projet porte sur la thermique dun moteur lanalyse, cette fois, est conduite en utilisant une approche système (T. Jaine).

Transferts thermiques dans les processus énergétiques (1/2)

Niveau requis
Elements de mécanique des fluides. Analyse numérique.

Modalités d'évaluation
- 70% : examen oral sur mini projet CFD (monophasique/polyphasique, Code_Saturne/NEPTUNE_CFD) et questions de cours- 30% : TP numérique de dimensionnement de moteur

Période : Automne
Nombre d'heures : 45

Crédits ECTS : 4
École : École Nationale Supérieure de Techniques Avancées
Dernière mise à jour : lundi 14 décembre 2009

Stabilité des Structures [V2B]

L'objectif de ce cours est de sensibiliser les élèves aux problèmes de stabilité des structures. On présente les notions fondamentales et les principaux résultats concernant l'évolution quasi-statique d'une structure sous chargement, la stabilité et la bifurcation des systèmes réversibles. De nouvelles notions sont introduites telles que : charge critique de flambage, charge limite, point de bifurcation, mode de flambement. etc. Le concept de stabilité est d'une grande importance. Savoir qu'un système est en équilibre est de peu d'utilité si on ne peut en garantir la stabilité. De même losque l'on souhaite piloter un système mécanique par exmple en lui communiquant des conditions initiales pour réaliser un mouvement prévu à l'avance, cette opération n'aura de sens en pratique que si l'on peut assurer que la moindre imperfection des conditions initiales n'entrainera que peu de différence entre les trajectoires prévue et observée. On est conduit à étudeir les stabilité d'un équilibre ou d'un mouvement en considérant les mouvements obtenus à partir de données ou de conditions voisines. On analyse alors les petits mouvements autour de la position d'équilibre pour donner des conditions de stabilité à partir des équations linéarisées. Si dans la plupart des situations, cette approche est pertinente, il existe des situations où on ne peut conclure. Dans ce cours, on ne peut étudier les notions de stabilité et de bifurcation au fond, on propose cependant un ensemble de méthodes illustrées par quelques situations instructives sur des exemples de modélisation en calcul des structures.

Stabilité des Structures [V2B]

Niveau requis
notions de dynamique ou de mécanique des milieux continus

Modalités d'évaluation
contrôle écrit de deux heures avec documents (polycopié, feuille d'exercice et notes personelles de cours

Période : Automne
Nombre d'heures : 21
Crédits ECTS : 2
École : École Nationale Supérieure de Techniques Avancées
Dernière mise à jour : lundi 14 décembre 2009

Ecoulements incompressibles: 2 ème partie

Le cours de mécanique des fluides de première année est un cours de 2 unités. La deuxième partie de ce cours: MF102 s'intéressera aux phénomènes liés à la viscosité: le cas des couches limites, tout à fait fondamental pourdéterminer le calcul des trainées des obstacles sera abordé en détail dans le cadre des développements asymptotiques raccordés. Ce cours sera illustré parun cours en laboratoire et par des travaux pratiques.

Ecoulements incompressibles: 2 ème partie

Niveau requis
Cours MF101

Modalités d'évaluation
interrogration écrite

Période : Automne
Nombre d'heures : 21
École : École Nationale Supérieure de Techniques Avancées
Dernière mise à jour : lundi 14 décembre 2009

Mécanique des Fluides

La Mécanique des Fluides permet d'appréhender et de décrire une grande variété de phénomènes naturels, en géophysique, en biomécanique et en sciences de l'ingénieur. L'objectif de cet enseignement est de fournir les outils conceptuels nécessaires à la compréhension de la dynamique des écoulements. Les lois fondamentales de conservation relatives aux écoulements d'un fluide visqueux compressible sont d'abord présentées en toute géneralité. Elles sont ensuite appliquées à l'étude des écoulements à nombre de Reynolds élevé.

Contenu :
Cinématique : mouvement général d'un élément matériel, vorticité.
Propriétés physiques des fluides : définition d'un fluide, représentation des efforts intérieurs.
Lois fondamentales : conservation de la masse, de la quantité de mouvement, de l'énergie. Le fluide newtonien : Equation de Navier-Stokes ; exemples de solutions exactes.
Analyse dimensionnelle et similitude : Théorème de Vaschy-Buckingham ; similitude, expérimentation et modèles ; solutions auto-semblables.
Vorticité et circulation : équation de bilan ; théorème de Kelvin, de Lagrange, d'Helmholtz ; loi de Bio-Savart. Ecoulement de fluide parfait : Equation d'Euler ; théorèmes de Bermoulli. Paradoxe de d'Alembert.
Couche limite : introduction à la méthode des développements asymptotiques raccordés ; couche limite sur une plaque plane.

Niveau requis
Mécanique des milieux continus (MEC 431)

Période : Hiver & Printemps
Nombre d'heures : 36
Crédits ECTS : 5
École : École Polytechnique
Dernière mise à jour : vendredi 23 septembre 2011

Dynamique de l'Atmosphère et des Océans

L'atmosphère et l'océan sont au cœur des problèmes environnementaux de la planète, à toutes les échelles d'espace ou de temps, car ils constituent des vecteurs considérables du transport d'eau, d'énergie, de composés chimiques. Le rôle de ces deux fluides les oppose: l'atmosphère, dont les mouvements sont très rapides, détermine l'organisation spatiale des températures ou des précipitations sur la planète, mais possède très peu de mémoire ; l'océan au contraire a une inertie (dynamique, thermique) considérable et organise les fluctuations temporelles du climat.

Ils se ressemblent par contre au niveau des principes physiques qui les mettent en mouvement : l'atmosphère comme l'océan sont des fluides qui ont une faible extension verticale, qui sont fortement stratifiés en densité (parce qu'ils sont chauffés), et qui se déplacent sur une sphère tournante par des mouvements principalement horizontaux. La description de leur mouvement constitue une branche importante de ce que l'on appelle la mécanique des fluides géophysiques. Les forces de Coriolis, les contrastes Pôles-Equateur, sont responsables de ce que la circulation atmosphérique et la circulation océanique s'organisent prioritairement à l'échelle planétaire.

Le cours se décline en trois parties, de trois blocs chacune :

1. Introduction à la mécanique des fluides géophysiques.

Les notions qui seront introduites relèvent de concepts mécaniques généraux et sont applicables à des systèmes tournants et/ou stratifiés très variés (turbines, centrifugeuses). Elles se prêtent par exemple à des illustrations par des expériences d'amphi. Les méthodes de l'analyse dimensionnelle seront utilisées pour filtrer les équations et en retenir une version simplifiée, adaptée à la description des grandes échelles planétaires.

2. Reconstruction de la circulation générale de l'atmosphère.
Cette reconstruction permettra d'opposer deux régimes dynamiques très différents : dans la région intertropicale une circulation très stable, sous forme de cellules convectives, détermine des zones équatoriales humides et la ceinture des déserts subtropicaux. Aux moyennes latitudes les circulations sont instables et fortement marquées par la rotation de la Terre.

3. Reconstruction de la circulation générale de l'océan.
L'océan est mis en mouvement à la fois par des variations de densité de l'eau de mer (liées à sa température ou sa salinité), par la rotation de la Terre, mais aussi par l'action directe du vent. Les deux couches limites turbulentes qui se développent de part et d'autre de l'interface air/mer jouent ainsi un rôle

considérable, parce qu'elles contrôlent les échanges de quantité de mouvement, d'eau, d'énergie, de polluants, entre ces deux milieux. Nous opposerons dans le cas de l'océan une circulation planétaire à un domaine équatorial très particulier, où se développent des instabilités telles que l'oscillation El Nino.

Ce cours est un cours de Mécanique, mais constitue aussi une introduction à certains thèmes environnementaux : prévision météorologique, changements climatiques, ou, dans une moindre mesure, pollution et qualité de l'air.

Niveau requis
Ce cours est accessible sans pré-requis, même s'il demande un effort initial un peu plus grand aux élèves qui n'ont suivi préalablement aucun module de Mécanique.

Période : Printemps
Nombre d'heures : 36
Crédits ECTS : 5
École : École Polytechnique
Dernière mise à jour : mercredi 11 octobre 2006

Ecoulements et transferts thermiques

La thermohydraulique est la discipline qui s'intéresse aux transferts de chaleur et éventuellement de masse en présence d'un écoulement. Ce domaine d'activité est vaste et la thermohydraulique joue un rôle prépondérant dans la conception et l'analyse du fonctionnement et de l'efficacité des systèmes de conversion d'énergie. L'objectif de ce cours est d'introduire les concepts et les méthodes permettant la modélisation de ces phénomènes, puis de considérer un nombre limité de situations qui sont de grande importance pour le dimensionnement ou la sûreté des installations. Notamment, les écoulements diphasiques avec ou sans transfert de chaleur possèdent une phénoménologie propre et très différente des écoulements ne comportant qu'une seule phase. Une introduction au différents mécanismes de transfert de chaleur et à leur modélisation, même succincte est nécessaire pour évaluer ne serait-ce que l'ordre de grandeur des phénomènes. Dans l'industrie nucléaire notamment, la grande diversité des situations et des phénomènes à décrire impose très rapidement l'utilisation de modèles numériques. Il est parmi les objectifs ce de ce cours d'expliquer comment ces modèles sont construits, pourquoi leur domaine de validité est limité et combien il est important de savoir estimer a priori l'ordre de grandeur ou les échelles des phénomènes modélisés. Parmi les situations importantes pour la sûreté, on citera la crise d'ebullition et le blocage de débit.

Sommaire du cours :
Les équations de bilan d'un fluide de composition et température variable.
Les différents mécanismes de transfert de chaleur : conduction, convection, rayonnement. Quelques cas limites importants pour les échelles et les nombres sans dimension : convection forcée sur une plaque, dans une conduite circulaire, convection naturelle, effets de la turbulence. Thermodynamique du changement de phase et conditions d'équilibre thermodynamique.
Écoulements diphasiques, variables descriptives et régimes d'écoulement. Taux de présence de phase, ses techniques de mesure et ses modèles simples. Modélisation des écoulements diphasiques, bilans aux

interfaces, modèles à deux fluides, équations monodimensionnelles et tridimensionnelles moyennées en temps.
Problématique de la fermeture. Modélisation des pertes de pression. Phénoménologie des transferts de chaleur en ébullition et en condensation. La crise d'ébullition en convection naturelle et forcée. Blocage de débit en écoulement diphasique.

Niveau requis
MEC432

Période : Hiver & Printemps
Nombre d'heures : 36
Crédits ECTS : 4
École : École Polytechnique
Dernière mise à jour : mercredi 11 octobre 2006

on de Schrödinger non linéaire : des condensats de Bose Einstein aux supers

Le but de ce cours est de montrer comment l'étude d'un même modèle mathématique peut apporter des informations pertinentes pour des phénomènes aussi variés que la physique de la matière condensée, l'optique non linéaire, la mécanique ou les phénomènes d'invasion biologiques.

Nous introduirons certains outils d'analyse mathématique non linéaire: calcul des variations, analyse spectrale, théorie des perturbations, étude d'ondes progressives, principe du maximum, théorie des fonctions holomorphes. Nous nous intéresserons tout particulièrement au cas des fluides quantiques (condensats de Bose Einstein) pour lesquels nous décrirons quelques expériences récentes portant sur l'observation de tourbillons quantiques.

Le niveau de ce cours est introductif et ne nécessite aucun prérequis particulier. Il est destiné aussi bien à des étudiants venant d'autres disciplines et souhaitant apprendre un peu de mathématiques, qu'à des gens souhaitant compléter leur connaissance des équations aux dérivées partielles, grâce aux nombreuses pistes d'approfondissement qu'ouvre ce cours. Le polycopié a été rédigé en collaboration avec Jean Dalibard (Physique) et Christophe Josserand (Mécanique). Jean Dalibard interviendra dans ce cours.

Période : Printemps
Nombre d'heures : 36
Crédits ECTS : 4
École : École Polytechnique
Dernière mise à jour : vendredi 18 novembre 2011

Instabilités et contrôle des écoulements cisaillés

Objectifs
Ce cours a deux objectifs:
-présenter les développements conceptuels et méthodologiques récents nécessaires a la description et à la compréhension des instabilités hydrodynamiques dans les écoulements cisaillés tels que les couches limites, les sillages et les jets.
-introduire et adapter les techniques de la théorie du contrôle tels que le contrôle optimal et le contrôle robuste, en vue d'atténuer les instabilités de ces écoulements, permettant ainsi de repousser la transition vers la turbulence.

Ces notions jouent un rôle crucial en génie mécanique et en aéronautique.

Enseignants
Patrick Huerre, Laboratoire d'Hydrodynamique de l'Ecole polytechnique(LadHyX)
huerre@ladhyx.polytechnique.fr
Peter Schmid, Laboratoire d'Hydrodynamique de l'Ecole polytechnique(LadHyX)
peter.schmid@ladhyx.polytechnique.fr

Contenu
Instabilités temporelles et instabilités spatiales; instabilités absolues et instabilités convectives; écoulements ""amplificateurs" et écoulements "oscillateurs"; modes globaux et critères de sélection de fréquence: croissance transitoire et non-normalité dans les écoulements pariétaux; perturbations optimales et réponse optimale; analyse de sensibilité et pseudo-spectres.

Contrôle optimal en tant que problème variationnel; formulation adjointe; contrôle en boucle fermée de type Riccati et application à la transition dans l'écoulement de Poiseuille; contrôle optimal basé sur l'état adjoint en formulation continue (edp) et application à la transition dans la couche limite; stratégie de contrôle en présence d'information partielle sur l'état de l'écoulement; estimation et filtre de Kalman; noyaux du contrôle et de l'estimateur; illustration de ces concepts dans le cas de l'équation de Ginzburg-Landau complexe.

Niveau requis
Introduction aux instabilités hydrodynamiques (cours de Carlo Cossu).
Notions de base en mécanique des fluides.

Période : Automne
Nombre d'heures : 30
Crédits ECTS : 3
École : École Polytechnique
Dernière mise à jour : mardi 21 novembre 2006

Hydrodynamique physique pour l'environnement

Ce cours aborde une large palette d'effets physiques qui interviennent dans la dynamique de l'eau dans l'environnement. Il dégage les fondements des modélisations utilisées par l'ingénieur ou le chercheur en particulier pour la gestion de l'eau dans l'environnement. Il vise à développer l'intuition, la compréhension profonde et l'esprit critique des élèves vis a vis de ces modèles, en montrant les effets pris en compte rigoureusement, modélisés ou négligés. Il répond à un double objectif :

• Explorer quelques problèmes concrets de mécanique des fluides environnementale pour en dégager des concepts de base utiles pour l'ingénieur ou le chercheur.
• Assimiler la démarche de modélisation en mécanique des fluides pour comprendre et maîtriser le milieu naturel tout en développant un compréhension fine de ces modèles.

Introduction

I. Fondations
1. Physique des fluides, les forces en présences, la pression dans les écoulements incompressibles et la viscosité.
2. Exemple simple écoulement de Poiseuille, analyse dimensionnelle des équations et théorème Pi, nombre de Reynolds, écoulement visqueux.

II. Ecoulements souterrains
3. Ecoulements dans une faille et développement asymptotique, loi de Darcy
4. Ecoulements souterrains, limite de fluidisation

III. Hydraulique fluviale
5. Turbulence et frottement, écoulement chargé en particules
6. Hydraulique à surface libre, Ondes de crues et ressauts

IV. Hydrodynamique Marine
7. Ondes de surface
8. Réfraction de la houle et morpho dynamique côtière
9. Plumes, panaches et écoulements sous-marins.

Annales corrigées

Niveau requis
aucun

Modalités d'évaluation
Contrôle écrit de trois heures

Période : Hiver & Printemps
Nombre d'heures : 36
Crédits ECTS : 4
École : École Polytechnique
Dernière mise à jour : vendredi 01 avril 2011

Systèmes énergétiques

L’option systèmes énergétiques a pour objectif de donner les éléments pour une réflexion personnelle sur les deux grands problèmes liés à l’énergie : raréfaction et renchérissement des ressources pétrolières, et réchauffement climatique. Elle se présente sous la forme de cours de trois heures donnés par des personnalités extérieures acteurs dans les domaines considérés. Certains cours ont un contenu principalement technique, d’autres se situent davantage sur les plans économiques, politiques et sociétaux.

Contenu
Les usages de l’énergie et les filières énergétiques
Valorisation du pétrole et du gaz
Les enjeux de l’énergie nucléaire
Conversion et stockage de l’énergie
L’énergie photovoltaïque
Les biocarburants
Les économies d’énergie dans le bâtiment
Bilan carbone
La transition énergétique

Période : Hiver & Printemps
Nombre d'heures : 30
Crédits ECTS : 3
École : École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris
Dernière mise à jour : jeudi 02 mai 2013

Mécanique des Fluides

Ce cours est une introduction générale à la mécanique des fluides pour les physiciens et les chimistes. Il vise à donner les notions fondamentales pour la compréhension de la dynamique des écoulements et pour le transfert de masse et de chaleur. Il est plus particulièrement orienté vers l'hydrodynamique physico-chimique et les écoulements de fluides visqueux. L'accent est mis sur la détermination des ordres de grandeur pertinents, sur l'utilisation judicieuse des paramètres physiques sans dimension et le raisonnement en lois d'échelle.

Contenu
Qu'est-ce qu'un fluide ?
à l'état microscopique
lien avec le macroscopique : ρ, η, E, γ
le modèle de Maxwell
Comment décrire son mouvement ?
lois de conservation (générales)
lois phénomenologiques (spécifiques: Newtonien et autres)

L'équation de Navier-Stokes et le nombre de Reynolds
Sous qu'elle condition peut-il ne pas s'écouler ?
Archimède et l'atmosphère
La mer est plate, les gouttes non
Et si je le secoue ?
vitesse du son
onde de surface
instabilite de Rayleigh-Taylor
Comment coule le miel ?
s'écouler à bas Reynolds
se déplacer à bas Reynolds
Comment coule un super fluide ?
écoulement du fluide parfait
se déplacer dans un fluide parfait
Et si je le secoue ?
vagues, rides et sillages
instabilité de Kelvin-Helmholtz
bienvenue chez les vortex !
Comment volent les avions ?
couche limite
décollement de couche limite
Ce qui se cache derrière Kutta et Joukowski
Comment coule l'eau ? : MAL !
Une cascade d'instabilités
Une cascade de tourbillons : Tturbulence homogène-isotrope
Plus vite que le son ?
écoulements compressibles
Analogie avec les écoulements en eau peu profonde
Couplages Fluide et Elasticité
Origami, nénuphar et toiles d'araignées
les flagelles
drapeaux et champs de blé
Préceptorat
Analyses en loi d'échelle
Propulsion animale
Avalanches et courants de gravité
Interaction fluide/structure élastique
Comprendre et interpréter des écoulements variés à partir de vidéos
Travaux pratiques
Nous développons les thèmes suivants :
Sédimentation / fluidisation :
Lit fluidisé: fluidisation d’un lit de sable par un écoulement ascendant, puis sédimentation (petit nombre de Reynolds)
Billes et bulles: ascension de bulles dans un bain en milieu libre ou confiné, bulles toriques; comparaison avec la chute de particules (grand nombre de Reynolds)
Champs de vitesse :
Panache thermique: mesure d’un champ de vitesse par PIV (Particle Image Velocimetry) dans un écoulement convectif.
Vagues: étude de la propagation de vagues sur une cuve, relation de dispersion, atténuation, visualisation du champ de vitesses.

Feuilles dans le vent : mesure d'un champ de vitesses derrière un obstacle par anénométrie à fil chaud. Mesure du coefficient de traînée d'un objet déformé par l'écoulement (couplage élasticité / mécanique des fluides).
Sillage derrière un obstacle (expérience) : mesure d'un champ de vitesses par LDA (Laser Doppler Anenometry). Mesure du seuil d'instabilité de l'écoulement et de la fréquence des oscillations (dans le régime instable).
Sillage derrière un obstacle (numérique) : simulation numérique par éléments finis (logiciel FreeFem++) de l'instabilité du sillage d'un écoulement derrière un obstacle. Taux de croissance, amplitude et fréquence des oscillation.
Mouillage, tensiométrie, physico-chimie :
Tension de surface : mesure de la tension de surface de divers liquides par des techniques complémentaires, imprégnation d'un poreux, détermination de la concentration micellaire critique d'un tensio-actif.
Impacts : étude de l'impact de gouttes sur des surfaces de mouillabilités différentes. Utilisation d'une caméra numérique rapide.
Diffusion : étude de la dispersion de colorant dans un écoulement dans un système microfluidique.
Instabilité provoquée par un fluide viscoélastique et "turbulence élastique".
Matériaux granulaires :
Avalanches: étude de l'écoulement d'un milieu granulaire sec sur un plan incliné. Mesure des angles critiques et de la relation entre l'épaisseur et la vitesse de l'avalanche.

Niveau requis
notions de base en mécanique des fluides : fluides parfaits, fluides visqueux, notion de nombre de Reynolds, approche en lois d'échelle

Modalités d'évaluation
examen écrit (cours)
2 comptes-rendus de TP tirés au hasard et cahier de manip (TPs)

Période : Hiver & Printemps
Nombre d'heures : 74
Crédits ECTS : 4
École : École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris
Dernière mise à jour : mercredi 27 mars 2013

Rhéologie

Le cours de rhéologie est destiné aux élèves chimistes et physico-chimistes de 3ème année et il a pour objectif de permettre aux futurs ingénieurs d'être en mesure de caractériser les propriétés d'écoulement des milieux complexes, tels que des solutions contenant des polymères et des particules colloïdales, des émulsions ou des pâtes humides formées de particules non colloïdales…. Ces problèmes interviennent dans un grand nombre de domaines industriels tels que l'agro-alimentaire, les peintures et les

revêtements, les formulations pharmaceutiques ou cosmétiques, les procédés de polymérisation en suspension, le transport des minerais …. Le cours suppose que les notions de mécanique de fluides sont bien acquises au cours des années précédentes et que l'élève est familiarisé avec le langage de la rhéologie (contrainte, déformation, taux de cisaillement, mesures dynamiques, spectre en fréquences, mesures transitoires, mesures stationnaires…). L'enseignement des polymères leur a également permis auparavant de comprendre la visco-élasticité linéaire des solutions et des fondus et son interprétation en termes de paramètres moléculaires.

Contenu
Bref rappel des notions de base de rhéologie. Sensibilisation aux notions de rhéométrie : choix des géométries de mesure pour rhéomètres rotatifs (géométries classiques, géométries non standard, à ailettes ou hélicoïdales). Problèmes de glissement aux parois et de fracture des milieux structurés.
Rhéologie des suspensions colloïdales: milieux dilués, semi-dilués ou concentrés.
Comportements rhéologiques et interprétation structurale. Suspensions de sphères dures sans interactions, fraction volumique variable (Keiger-Dougherty, Quémada, Brady). Suspensions complexes: approche simplifiée du modèle de Quémada. Quelques notions sur la rhéologie des suspensions non colloïdales et les pâtes.
La gélification ou transition sol-gel et l'analogie avec la percolation. Quelques exemples de relations rhéologie-structure dans les systèmes réels.
Rhéologie des émulsions et des mousses : modèle de Princen. Exemples.
Rhéologie de mélanges immiscibles de fondus ou de solutions démixtés: modèle linéaire de Palierne. Exemples.
Travaux dirigés :
- Rhéologie des fluides complexes
- Rhéologie des suspensions et modélisation
- Rhéologie des émulsions et des gels

Période : Hiver & Printemps
Nombre d'heures : 10
Crédits ECTS : 1
École : École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris
Dernière mise à jour : jeudi 02 mai 2013

Microfluidique

Le but est d'introduire les élèves dans le domaine de la microfluidique, dans un esprit pluridisciplinaire. Le cours comprend une introduction générale sur les microsystèmes, les MEMS, les laboratoires sur puce, les puces à ADN,... Nous expliquons comment les équilibres des systèmes "ordinaires" sont bouleversés par la

miniaturisation. Nous nous concentrons ensuite sur les écoulements dans les microsystèmes, les phénomènes d'adsorption, de dispersion, de séparation dans les systèmes microfluidiques. Suit une description des phénomènes électrocinétiques, qui sont souvent exploités dans les microsystèmes, pour transporter des fluides, ou séparer des molécules. Finalement, nous présentons, à un niveau élémentaire, les techniques de microfabrication courantes , basées sur Silicium ou autres matériaux, permettant de réaliser des microsystèmes.

Contenu
Introduction générale sur les microsystèmes
La physique de la miniaturisation
Les écoulements dans les microsystèmes
Phénomènes d'adsorption, de mélange ; applications à la séparation dans les microsystèmes
Phénomènes électrocinétiques : électroosmose, électrophorèse, diélectrophorèse
Introduction aux techniques de microfabrication
Préceptorats
Analyse d'un article et démonstration de l'expérience correspondante, par exemple :
Analyse d'une réaction chimique dans un microcanal
Cassure de gouttes dans un microcanal
Structure de microgouttes dans un microcanal

Période : Hiver & Printemps
Nombre d'heures : 24
Crédits ECTS : 3
École : École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris
Dernière mise à jour : jeudi 02 mai 2013