

Conservatoire national des arts et métiers
Pôle sciences et techniques industrielles (pôle STi)
Energétique
Chaire de turbomachines et moteurs

Année universitaire 2006-2007

FORMATIONS en ENERGIE et ENVIRONNEMENT MACHINES et MOTEURS THERMIQUES

L'énergétique et plus particulièrement la production et l'utilisation rationnelle de l'énergie sont au cœur des préoccupations mondiales actuelles (épuisement des ressources, pollution et bouleversement climatique). Pour les professionnels du secteur, cela doit se traduire par la recherche de solutions alternatives. *Optimisation énergétique, cogénération d'énergies mécanique et thermique, cycles combinés de turbines à gaz et turbines à vapeur, développement de l'éolien et de l'hydraulique, carburants alternatifs, gestion optimisée des fonctionnements transitoires en charge partielle dans les machines thermiques, « hard down-sizing » et turbosuralimentation des moteurs, nouveaux modes de combustion dans les moteurs, réduction des émissions à la source et post-traitement, dépollution* sont autant de problématiques d'actualités que vous étudierez lors de vos études au Conservatoire national des arts et métiers (CNAM).

Le CNAM vous propose des formations professionnelles, modulaires et individualisées pour vous aider à réaliser votre projet personnel et professionnel dans l'exercice de votre métier actuel ou à venir de spécialiste énergétique en interaction forte avec l'industrie et les organisations professionnelles.

Bâtissez le parcours de votre choix

Les différents cours **habilités au format européen LMD** (Licence, Master et Doctorat) sont proposés sous forme **d'unités d'enseignement (UE)** auxquelles sont attribués des **crédits européens (ECTS)**. Vous pouvez bâtir le parcours de votre choix et vous former à votre rythme en capitalisant progressivement vos résultats. Vous vous inscrivez à une ou plusieurs unités pour acquérir un socle modulaire de connaissances et de compétences en présentiel ou en formation à distance (FOD). L'expérience professionnelle participe à la construction des diplômes et une validation des acquis de l'expérience (VAE) et des études supérieures (VES) est également possible.

Vos correspondants à la chaire de turbomachines et moteurs

Francis Meunier, professeur responsable de la chaire,
Ghalia Allem, 01 40 27 21 60 (l'après midi), secrétariat,
Georges Descombes, maître de conférences, responsable des enseignements de moteurs,
Christelle Périlhon, maître de conférences, responsable des enseignements de machines,
Pierre Podevin, ingénieur de recherche en moteurs,
Michel Toussaint, ingénieur de recherche en machines.

Adresse électronique : chaire.turbomachines-moteurs@cnam.fr

Site de la chaire de turbomachines (en construction) : [http : www.cnam.fr/turbomachines-moteurs](http://www.cnam.fr/turbomachines-moteurs)

Cnam - chaire de turbomachines, 292 rue Saint-Martin 75141 Paris cedex 02

**Pour en savoir plus sur les études au CNAM,
vous informer, vous orienter**

[**www.cnam.fr**](http://www.cnam.fr)

- Info-formation Cnam : 01 40 27 23 30,
- Pour les formations d'ingénieur : <http://www.cnam.fr/ecole-ingenieurs>
- pour les formations à distances : <http://www.cnam.fr/fodparis> et <http://fod.cnam.fr/SiteFod/>

Inscriptions pour le second semestre 2007

Cours à partir du 12 février 2007

Un rendez-vous avec les enseignants de la chaire peut également être obtenu sur simple demande préalable.

Cours proposés en machines et moteurs

(lieux susceptibles de modifications à contrôler sur <http://www.cnam.fr/cep/inscriptions/horaires.htm>)

Machines à fluides

- TBM103 - 6 crédits

Relations générales dans les machines à fluides

Machines volumétriques

Principe d'une machine volumétrique (analyse fonctionnelle, fluide véhiculé, courbes caractéristiques, rendements, domaines d'utilisation). Machines volumétriques à fluide incompressible : - Pompes : à palettes, à pistons oscillants, multipalettes, à anneaux liquides, roots, à engrenages. - Pompes mécaniques sèches. Moteurs hydrauliques.

Machines volumétriques à fluide compressible : compresseurs à pistons alternatifs, à membranes, à palettes, à lobes, monovis, double vis.

Turbomachines

Principes d'une turbomachine (fonctionnement, fluide véhiculé, courbe caractéristique, rendements, similitude, domaines d'utilisation).

Turbomachines à fluide incompressible : pompes et ventilateurs centrifuges et axiaux.

Turbines hydrauliques.

Turbomachines à fluide compressible : soufflantes et compresseurs centrifuges et axiaux.

Turbines axiales et centripètes.

Dispositifs spéciaux de transformation d'énergie

Ejecteurs, convertisseurs et coupleurs hydrauliques

Critères de choix d'une machine à fluide

Bibliographie

Michel Pluviose - Machines à fluides - principes et fonctionnement (Ellipses 2002)

Horaires et lieux

1er semestre : **Cours** le mercredi 18h15 - 21h30 **Site** : amphi Pinel puis salle L4, ENSAM (155 boulevard de l'Hôpital - 75013 Paris) - Ouvert en fod

Conception des machines –

TBM106 - 6 crédits

Introduction

Normalisation - Eléments de mécanique du solide et des fluides en vue des applications aux machines. Notions sur la théorie de l'élasticité.

Aspects aérodynamiques et énergétiques de la conception des machines et de leurs circuits récepteurs

Conception du circuit des machines - Conception des aubages des turbomachines - Méthodes de calcul numérique appliquées aux écoulements dans les machines et les circuits associés - Bruit des machines - Conception des paliers, butées, garnitures - Transmission de la puissance - Robinetterie.

Aspects structures de la conception et de la construction des machines et de leurs circuits récepteurs

Problèmes mécaniques et thermiques de leur construction - Technologie et construction des corps, rotors et aubages - Caractéristiques des matériaux pour turbomachines - Limitation en fatigue - Contraintes mécaniques et thermiques des les corps - Contraintes dans les pales - Contraintes dans les disques - Vibrations des aubages - Vitesses critiques des arbres - Equilibrage dynamique des pièces tournantes - Méthodes de calcul numérique appliquées aux structures dans les machines et leurs circuits.

Maintenance appliquée aux machines

Les maladies, les accidents et le vieillissement des machines.

Interactions fluide structure dans les machines et leurs circuits récepteurs

Bibliographie

Michel PLUVIOSE - Ingénierie des turbomachines (Ellipses 2003)

Horaires et lieux

Fermé cette année

Utilisation des turbomachines - TBM107 - 6 crédits

Vue générale sur l'énergie

Machines multicellulaires

Pompes multicellulaires - Turbines et compresseurs multicellulaires - Calcul d'une machine multicellulaire - Fonctionnement aux charges partielles.

Turbomachines à gaz industrielles et aéronautiques

Turbomachines à vapeur

Cycle des turbines à vapeur - Centrales à combustible fossile - Centrales nucléaires - Evolution de la puissance unitaire des groupes - Turbine à condensation et à soutirage - Organes de réglage - Condensation de la vapeur.

Turbines de récupération d'énergie

Centrales hydrauliques - Energie des mers - Energie solaire - Energie éolienne - Energie géothermique.

Cycles combinés, cogénération

Régulation des machines

Diagramme général d'un système de régulation. Régulation des turbines à vapeur et application à la régulation des turbines à vapeur et des turbines à gaz.

Bibliographie

Michel PLUVIOSE - Conversion d'énergie par turbomachines (Ellipses 2004)

Horaires et lieux

2nd semestre : **Cours** le mercredi 18h15 - 21h30 **Site** : Père Lachaise (50 bld de Ménilmontant - 75020 Paris) - Ouvert en fod

Développement des machines en conversion d'énergie -

TBM210 - 6 crédits

Introduction à l'utilisation de logiciels professionnels - Exemples d'écoulements compressibles

Les turbomachines dans l'industrie aéronautique

Thermodynamique : grandeurs totales, champ centrifuge, rendement, cycle de la turbine à gaz. Etudes particulières des turbo-réacteurs.

Aérodynamique : compresseurs axiaux, compresseurs centrifuges, turbines axiales, tuyères.

Cogénération, cycles mixtes utilisant des machines.

Exploitation et maintenance

Les intervenants - Conduite d'une installation - Maintenance - Rôle et organisation - Aspects techniques. Turbines à vapeur : cycles thermodynamiques - technologie - exploitation - maintenance.

Démonstrations en laboratoire, conférences

Bibliographie

Diffusée par les différents intervenants.

Horaires et lieux

1er semestre : **Cours** le samedi 09h00 - 13h00 **Site** : 31.2.09 (Cnam 2 rue Conté - 75 003 Paris)

Combustion et impact sur l'environnement

TBM104 - 6 crédits

Introduction

Bases de la combustion - Structure de la matière, notions de chimie organique, combustibles. Réaction chimique de combustion.

Thermodynamique de la combustion

: premier principe de la thermodynamique, énergie interne et enthalpie de combustion, température de fin de combustion adiabatique, pouvoirs calorifiques, second principe de la thermodynamique, équilibre chimique, composition à l'équilibre.

Cinétique de la combustion

: loi d'action de masse, mécanisme réactionnel, explosions thermiques, auto-inflammation des hydrocarbures, domaine et délai d'auto-inflammation.

Flammes

laminaires, turbulentes et de diffusion. Stabilité des flammes. Ondes de déflagration et de détonation.

Applications industrielles de la combustion, émissions de polluants et traitement à la source.

Combustion dans les moteurs à flux continu - Turbines à gaz terrestres.

Combustion dans les moteurs à flux discontinu - Moteur à carburateur préalable, moteur Diesel.

Combustion dans les chaudières industrielles et domestiques - Contrôle d'une combustion.

Combustion et propulsion par réaction - Turboréacteurs monoflux et à dilution, post-combustion, fusées, statoréacteurs.

Effets néfastes de la combustion

Lutte contre le feu.

Bibliographie

Michel PLUVIOSE - Combustion et impact sur l'environnement (polycopié de cours)

Horaires et lieux

1er semestre : Cours le mardi 18h15 – 21h30 Site : salle 416 Cnam Saint-Denis (61 rue du Landy - 93210 La Plaine-Saint-Denis, RER B la plaine-stade de France) – ouvert en fod.

Construction des moteurs alternatifs

TBM108 - 6 crédits

Mécanique du moteur alternatif

Cinématique du moteur alternatif : bielle manivelle ; distribution.

Dynamique du moteur alternatif : équilibrage ; vibrations de torsion ; vibrations de structure.

Technologie du moteur

Culasse - Piston - Chemise. Vilebrequin - Coussinet - Bielle.

Transferts thermiques et refroidissement

Echanges thermiques - Charges thermiques- Bilans thermiques- Cogénération des moteurs

Maintenance des moteurs

La lubrification

Le refroidissement

Adaptation du moteur à la machine entraînée

Régulation des moteurs

Bibliographie

J.-L. MAGNET et G. DESCOMBES - Polycopiés CNAM.

Horaires et lieux

2nd semestre : Cours le lundi 18h15 – 21h30 Site : salle L4, ENSAM (155 boulevard de l'Hôpital – 75013 Paris) - Ouvert en fod

Fonctionnement des moteurs alternatifs

TBM109 - 6 crédits

Définitions

Moteur à combustion interne. Pression Moyenne Effective et puissance d'un moteur thermique. Rendement. Charges mécaniques et charges thermiques.

Principes de fonctionnement

Alimentation en carburant. Alimentation en carburant. Déroulement de la combustion. Evacuation des produits de combustion. Combustion continue. Combustion discontinue.

Cycle moteur

Cycles théoriques et cycles réels.

Alimentation en air et expulsion des gaz

Caractéristiques moteur attachées à l'alimentation, à l'expulsion des gaz. Calages de came. Coefficient de remplissage. Débit d'air.

Dynamique des fluides et acoustique des moteurs - Suralimentation : le compresseur. Entraînement du compresseur. Réfrigération de l'air. Alimentation en gaz de la turbine, le collecteur d'échappement. Les différents modes de couplage moteur, turbine, compresseur. Le compoundage.

Introduction du combustible et formation du mélange

Combustibles solides, liquides et gazeux. Mélange hétérogène et mélange homogène

Emissions de polluants et traitement

Surveillance des moteurs

Bibliographie

Technique de l'Ingénieur : Traité de mécanique et chaleur B3 Moteurs thermiques.

J.-L. MAGNET et G. DESCOMBES - Polycopiés CNAM.

Horaires et lieux

Fermé cette année

Développement des moteurs et cogénération en conversion d'énergie - TBM211 - 6 crédits

Panorama du marché applicatif des moteurs. Concepts exergétique et anergétique de la production d'énergie. Similitude des moteurs thermiques. Moteurs à récupération d'énergie et environnement. Suralimentation, cogénération et trigénération. Dynamique des fluides pulsés et remplissage en air d'un moteur à pistons.

Techniques numériques, études de cas et travaux pratiques sur console. Application de la méthode des caractéristiques au calcul des écoulements dans les moteurs. Apprentissage à l'utilisation des codes industriels de calcul thermomécanique de 4ème génération.

Formation du mélange air-carburant, réactions thermocinétiques de combustion et traitement des émissions à la source.

Modélisation thermodynamique des cycles, lois de dégagement de chaleur et production maîtrisée d'énergie.

Post-traitement des émissions, carburants de substitution et moteurs à gaz.

Phénomènes vibro-acoustiques et dynamique vibratoire. Particularités des moteurs de machinisme agricole et techniques avancées de réfrigération.

Adaptation du moteur thermique à la machine entraînée et application à un moteur de propulsion, travaux pratiques sur banc d'essai en régime transitoire.

Moteurs non conventionnels, moteurs hybrides thermiques-électriques, piles à combustibles et environnement.

Bibliographie

J.-L. MAGNET et G. DESCOMBES - Polycopiés CNAM.

Horaires et lieux

1er semestre : Cours le samedi 09h00 – 13h00 Site : Saint DENIS ouvert en fod.

Diplômes proposés :

Bac + 2 technicien supérieur en sciences et techniques industrielles parcours énergétique machines-moteurs

Bac + 3 licence en sciences et techniques industrielles parcours énergétique machines-moteurs

Bac + 4 responsable en production industrielle en énergétique machines-moteurs

Bac + 5 ingénieur en énergétique machines-moteurs

Année de spécialisation à bac + 5 Certificat de spécialisation en conversion d'énergie dans les moteurs thermiques et environnement

Bac + 8 doctorat en énergétique

Ces différents diplômes peuvent être obtenus successivement par un choix judicieux des UE.

Conditions d'expérience professionnelle pour les diplômes

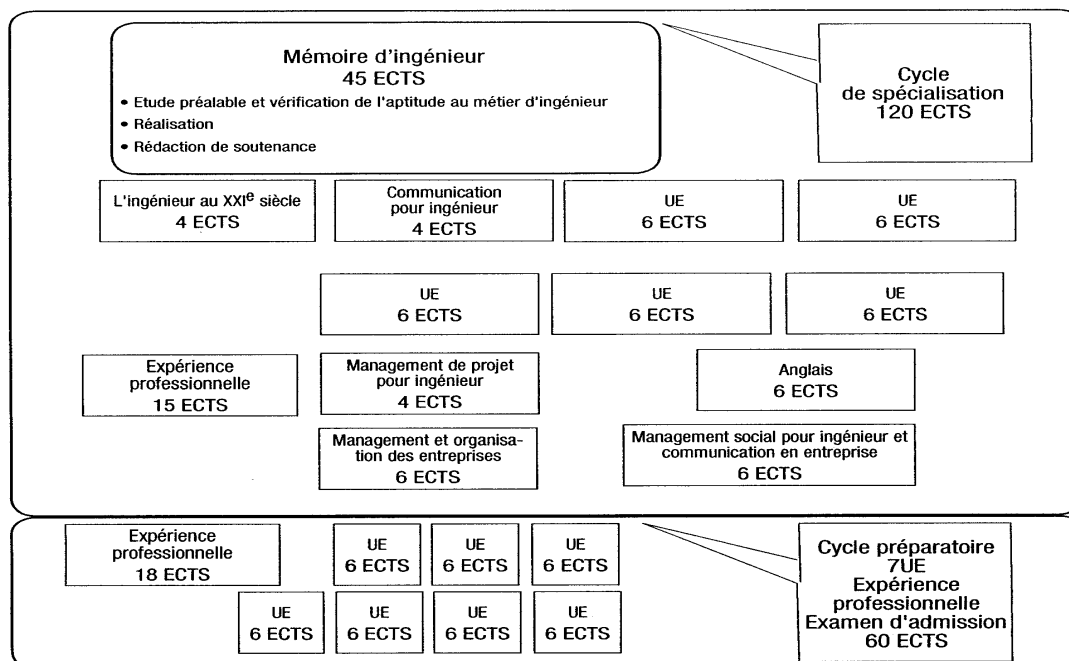
Pour le diplôme de technicien supérieur ou le DPCT : 2 ans d'expérience dans la spécialité (ou 2 ans hors spécialité et stage d'au moins trois mois dans la spécialité ou entrée effective dans une activité professionnelle de la spécialité).

Pour la licence : 3 ans dans la spécialité (ou 3 ans hors spécialité et 6 mois de stage dans la spécialité) pour les auditeurs admis au niveau bac. Pour les auditeurs admis à bac+2 (entrée en L3) : 1 an dans la spécialité (ou 1 an hors spécialité et un stage de 6 mois).

Pour le diplôme de responsable en production industrielle ou le DEST : 2 ans dans la spécialité (ou 3 ans hors spécialité et un stage d'au moins 3 mois dans la spécialité)

Pour le diplôme d'ingénieur : 3 ans d'expérience professionnelle dont au moins 2 dans la spécialité (ou dans une spécialité voisine) dans un emploi au moins équivalent à celui de technicien supérieur.

Cursus ingénieur



Mémoire d'ingénieur CNAM

Le diplôme d'ingénieur CNAM se concrétise après la réussite d'un examen général probatoire par la réalisation d'un projet de recherche ou d'une mission professionnelle d'une année universitaire à temps plein. Il se déroule dans l'entreprise de l'auditeur sur un sujet qui répond à une demande de son encadrement ou dans les laboratoires de recherche du CNAM.

Il se démarque des projets de fin d'études d'écoles d'ingénieurs ou universitaires en formation initiale. L'auditeur CNAM possède les acquis académiques requis et reconnus par la commission des titres, mais il justifie aussi d'une expérience professionnelle validée et reconnue dans son domaine de formation en prise directe avec les réalités du métier.

Le mémoire CNAM n'est ni une thèse universitaire de trois ans, ni un projet de fin d'études de formation initiale de quelques mois. C'est un projet scientifique conduit par un auditeur immergé dans le monde professionnel et ayant vocation à évoluer vers des fonctions d'ingénieur.