

Cours prévisionnels proposés en machines et moteurs

Version provisoire pour l'année 2016-2017

Machines à fluides - ENM101 - 4 crédits

Public concerné et conditions d'accès
Public possédant le niveau bac+2 scientifique ou technique (DUT, BTS,...) avec notamment des connaissances de mathématiques générales, thermodynamique et mécanique des fluides.

Contenu de la formation 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.

Critères de choix d'une machine à fluide

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

Horaires et lieux :
1^{er} semestre : cours le mercredi de 18h15 à 21h30.
Ouvert en **fod** (Paris)

Ancien Auditeur
UE issue de l'UV 04427 puis TBM103

Combustion - ENM102 - 4 crédits

Public concerné et conditions d'accès
Public possédant un niveau bac+2 scientifique ou technique avec notamment des connaissances de mathématiques générales et thermodynamique.

Contenu de la formation 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, autoinflammation des hydrocarbures, domaine et délai d'autoinflammation.

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

Effets néfastes de la combustion
Lutte contre le feu.

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

Horaires et lieux :
1^{er} semestre : cours le mardi de 18h15 à 21h30.
Ouvert en **fod** (Paris)

Ancien Auditeur
UE issue de l'UV 04436 puis TBM104

Polluants et gaz à effet de serre – véhicules hybrides ENM103 - 4 crédits

Public concerné et conditions d'accès
Public possédant un niveau bac+2 scientifique ou technique avec notamment des connaissances de thermodynamique. Avoir suivi le cours de combustion ENM102 ou en avoir le niveau.

Contenu de la formation Rappels sur l'effet de serre et les conséquences des différents polluants (réglementés ou non) sur la santé et l'environnement Réglementation et évolutions Formation du CO₂, formation des polluants, monoxyde de carbone, imbrûlés, particules, oxydes d'azote. Théorie radicalaire.

Les méthodes de réduction des émissions polluantes à la source :
- CO₂ : amélioration du rendement,
- NO_x combustion à faible température et oxycombustion,
- CO et HC : combustion complète,
- autres : désulfuration des combustibles...

Application aux turbines à gaz

Rappel du fonctionnement d'une turbine à gaz. Chambres de combustion faibles émissions Combustion catalytique Combustion en pré-mélange pauvre Technique RQL (Rich burn quick Quench Lean burn), Injection d'eau Architecture de la chambre Post-traitement, réduction catalytique sélective

Cas des moteurs alternatifs
Rappel du fonctionnement d'un moteur alternatif. Moyens pour réduire la consommation et les émissions Combustion dans les moteurs à allumage commandé :

homogène et stratifiée, pauvre et stoechiométrique Combustion dans les moteurs diesel : hétérogène, EGR Technologies des systèmes d'injection Catalyse d'échappement, catalyse d'oxydation, catalyse trifonctionnelle, traitement des particules et des oxydes d'azote **Véhicules hybrides** comme moyen de réduction des émissions de CO₂ Architectures série et parallèle Moteur thermique - machine électrique - onduleur - convertisseur - survolteur - batterie Fonctionnement de la chaîne de traction hybride **Electricité dans les transports**

Horaires et lieux :
2nd semestre : cours le jeudi de 18h15 à 21h30.
Ouvert en **fod** (Paris)

Energies alternatives au pétrole ENM104 - 4 crédits

Public concerné et conditions d'accès
Public bac+2 scientifique ou technique ayant notamment des connaissances de thermodynamique et de préférence ayant suivi les UE ENM101 (ex TBM103) machines à fluides et ENM102 (ex TBM104) combustion.

Contenu de la formation
Contexte énergétique et environnemental Eoliennes Géothermie et cycles ORC (Organic Rankine Cycle) pour récupération des calories à basse température Turbines hydrauliques Solaire haute température Piles à combustible Gazéification de la biomasse (gazogène et biodigester) Biocombustible, biocarburant (alcool, huile végétales, ester) Carburants alternatifs, hydrogène.

Horaires et lieux :
Fermé pour 2016-2017

Energétique TP– ENM105 - 4 crédits

Public concerné et conditions d'accès
avoir suivi les UE de thermodynamique B0, thermique B1, machines hydrauliques et thermiques B0, moteurs à combustion interne B0

Contenu de la formation

Courbes caractéristiques d'une pompe centrifuge, validation des lois de similitude.
Mesure de la charge requise à l'aspiration d'une pompe par différentes méthodes d'essais de cavitation.
Influence de la prérotation sur les performances d'un ventilateur centrifuge, courbes caractéristiques, similitude. Détermination, en variable réduites, du champ d'un compresseur centrifuge.
Etude et mesure des variations de viscosité en fonction de la température. Performances d'un moteur en régime stabilisé.
Air humide.
Utilisation des analogies électriques pour la simulation des champs thermiques bidimensionnels. Utilisation d'un logiciel de dimensionnement des échangeurs tube-calandre. Radiométrie infrarouge. Changement de phase liquide-vapeur. Mécanismes d'ébullition.
Machine de production d'eau glacée.
Echangeurs : calcul de coefficients d'échange.
Machines frigorifiques centrale de traitement d'air

Ancien Auditeur
UE issue de l'UV 04445 puis TBM105

Horaires et lieux :
Fermé pour 2016-2017

Optimisation énergétique des machines et moteurs ENM106 - 4 crédits

Public concerné et conditions d'accès

Public bac+2 scientifique ou technique ayant notamment des connaissances de thermodynamique et de préférence ayant suivi les UE ENM101 (ex TBM103) machines à fluides et ENM102 (ex TBM104) combustion

Contenu de la formation Analyse énergétique et exergétique :

bilan d'installations énergétiques suivant les premier et deuxième principe de la thermodynamique

Analyse économique des investissements

énergétiques : actualisation, durée de vie, amortissement, temps de retour, critère de rentabilité)

Analyse du cycle de vie : impact sur l'environnement des installations énergétiques du « berceau à la tombe » ou « du puits à la roue » - quelques exemples – méthodologie d'une ACV

Etude de cas : exemple de fixation des prix de l'énergie dans le cas d'une installation de cogénération - impact de la réglementation

Horaires et lieux :
2nd semestre : cours le vendredi de 18h15 à 21h30.
Ouvert en **fod** (Paris)

Modélisation en machines et moteurs ENM107 - 4 crédits

Public concerné et conditions d'accès
Public bac+2 scientifique ou technique ayant notamment des connaissances de thermodynamique et mécanique des fluides et de préférence ayant suivi les UE ENM101 (ex TBM103) machines à fluides et ENM108 (ex TBM106) ingénierie des turbomachines.

Contenu de la formation
Rappels de mathématiques, Fluides compressibles Ecoulements instationnaires

Outils mathématiques et de modélisation (Python...)

Principes fondamentaux des méthodes numériques
Prise en compte des équations aux dérivées partielles
Discrétisation des équations (différences finies - volumes finis – éléments finis)
Analyse de la convergence et de la stabilité
Méthodologie pratique de résolution d'un problème de CFD

Utilisation du code
Positionnement et analyse du problème
Prise en compte de la géométrie et réalisation du maillage
Choix des conditions aux limites
Mise en place des modèles et des schémas de discrétisation
Analyse de la solution
Programmation en Python
Etude de cas

Horaires et lieux :
1er semestre : cours le jeudi de 18h15 à 21h30.
Ouvert en **fod** (Paris)

Ingénierie des turbomachines – ENM108 – 4 crédits

Public concerné et conditions d'accès
Public possédant le niveau bac+2 scientifique ou technique (DUT, BTS,...) avec notamment des connaissances de mécanique des fluides, mécanique, résistance des matériaux et ayant de préférence suivi l'UE ENM101 (ex TBM103) machines à fluides.

Contenu de la formation
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.
Interactions fluide structure dans les machines et leurs circuits récepteurs

Bibliographie Michel PLUVIOSE Ingénierie des turbomachines (Ellipses 2003)

Ancien Auditeur
UE issue de l'UV 04454 puis TBM106

Horaires et lieux :
Fermé pour 2016-2017

Conception des moteurs alternatifs - ENM109 – 4 crédits

Public concerné et conditions d'accès
Public ayant le niveau bac+2 (DUT, BTS...) dans les spécialités génie thermique et énergie, avec notamment des connaissances en résistance des matériaux et thermique.

Contenu de la formation 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
La lubrification
Le refroidissement
Adaptation du moteur à la machine entraînée

Bibliographie
G. DESCOMBES

Ancien auditeur
UE issue de l'UV 14923 puis TBM108

Horaires et lieux :
Fermé pour 2016-2017

Conversion d'énergie par turbomachines – ENM110 – 4 ects

Public concerné et conditions d'accès
Public bac+2 scientifique ou technique ayant notamment des connaissances de thermodynamique et le niveau de l'UE de machines à fluides ENM101 (ex TBM103)

Contenu de la formation 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.

Cycles combinés, cogénération.

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

Ancien Auditeur UE issue de l'UV 14905 puis TBM107

Horaires et lieux :
2nd semestre : cours le mercredi de 18h15 à 21h30.
Ouvert en **fod** (Paris)

Fonctionnement des moteurs alternatifs – ENM111 – 4 crédits

Public concerné et conditions d'accès
Public bac+2 scientifique ou technique ayant le niveau des UE de machines à fluides TBM103, combustion et impact sur l'environnement TBM104, thermodynamique générale.

Contenu de la formation 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 comburant. Alimentation en carburant. Déroulement de la combustion. Evacuation des produits de combustion.

Cycle moteur
Cycles théoriques et cycles réels.

Alimentation en air et expulsion des gaz
Calages de came. Dynamique des fluides et acoustique des moteurs Suralimentation.

Bibliographie
G. DESCOMBES
Polycopiés CNAM.

Ancien Auditeur
UE issue de l'UV 14932 puis TBM109

Horaires et lieux :
1er semestre : cours le lundi de 18h15 à 21h30.
Ouvert en **fod** (Paris)

Information et communication pour l'ingénieur en énergétique – ENG229 – 4 crédits

Public concerné et conditions d'accès

Contenu de la formation
Entraînement à la soutenance orale au cours d'exposés. Recherche documentaire sur un sujet technique. Réalisation d'une bibliographie donnant lieu à une synthèse documentaire présentée sous forme écrite (document de 20 pages environ) et orale (exposé de 30 minutes).

Ancien Auditeur
UE issue de l'UV 14950 puis TBM112

Horaires et lieux :
Au 2nd semestre, (4 demi-journées en mars et autres dates définies ultérieurement sur rdv).
Ouvert en **fod** et en **présentiel ?** (Paris)

Diagnostic et contrôle des turbomachines

(Monitoring et maintenance des turbines à gaz et

turboréacteurs) – **ENM113 – 4 crédits**

Public concerné et conditions d'accès
Avoir suivi au moins l'une des deux UE suivantes : ENM108 (ex TBM106) Ingénierie des turbomachines, ENM110 (ex TBM107) conversion d'énergie par turbomachines.

Contenu de la formation 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

Conduite d'une installation
Fiabilité - défaillances
Enjeux de la maintenance (techniques, économiques, humains - de sécurité,

environnementaux)
Optimisation de la conduite d'une installation

Types de maintenances :
Maintenance corrective
Maintenance préventive
Maintenance prédictive
Les méthodes d'analyse (OMF...)

Opérations de maintenance
Aspects techniques et de planification

Méthodes et moyens de surveillance et d'expertise - indicateurs de performances

Analyse vibratoire
Analyse des huiles
Contrôle non destructif
Thermographie infrarouge
Surveillance des performances mécaniques, énergétiques et environnementales
Diagnostic de l'état réel
Maintenance aéronautique et maintenance industrielle
Etude de cas

Horaires et lieux :
Fermé pour 2016-2017

Contrôle moteur et stratégies optimisées de dépollution - ENM114 - 4 crédits

Public concerné et conditions d'accès
Avoir suivi au moins l'une des deux UE suivantes : ENM109 (ex TBM108) Conception des moteurs alternatifs, ENM111 (ex TBM109) fonctionnement des moteurs alternatifs.

Contenu de la formation

Rappel sur la formation des polluants
Nouvelles motorisations : moteurs à cylindrée réduite (« downsizing ») suralimentation
injection haute pression nouveaux modes de combustion, distribution variable...
Post-traitement et réduction des émissions à la source
Principes d'optimisation d'un point et d'une zone de fonctionnement moteur

Elaboration d'une loi de commande
Mise au point et calibration
Plans d'expériences
Modélisation

Horaires et lieux :

2nd semestre : cours le mardi de 18h15 à 21h30.
Ouvert en **fod** (Paris)

Développements avancés dans les machines thermiques – ENM210 – 4 crédits

Public concerné et conditions d'accès

Public possédant au minimum le niveau du cycle préparatoire en énergétique et l'UE ingénierie des des turbomachines ENM108 (ex TBM106) ou Conversion d'énergie par des turbomachines ENM110 (ex TBM107).

Contenu de la formation

Turboréacteurs et turbines industrielles
Thermodynamique de la turbine à gaz : grandeurs totales, champ centrifuge, rendement, cycle de la turbine à gaz.
Etudes particulières des turboréacteurs.
Dimensionnement des entrées d'air et tuyères
Dimensionnement aérodynamique compresseur et turbine
Dimensionnement thermomécanique de la turbine La réchauffe, les problèmes de thermique et mécanique rotor
Turbopropulseurs, statoréacteurs et moteurs fusée
Projet de turboréacteur
Utilisation de logiciels

Ancien Auditeur

UE issue de l'UV 14914 puis TBM210

Horaires et lieux :

Fermé pour 2016-2017

Développements avancés dans les moteurs thermiques – ENM211 – 4 crédits

Public concerné et conditions d'accès

Public possédant le niveau du cycle préparatoire en énergétique et celui des UE conception des moteurs alternatifs ENM109 (ex TBM108) et Fonctionnement des moteurs alternatifs ENM111 (ex TBM109).

Contenu de la formation

Analyse exergetique et anergétique de la production d'énergie. Similitude des moteurs thermiques.
Moteurs à récupération d'énergie et environnement.
Complément sur la suralimentation
Dynamique des fluides pulsés et remplissage en air d'un moteur à pistons.
Application de la méthode des caractéristiques au calcul des écoulements dans les moteurs.
Apprentissage à l'utilisation des codes industriels (GT Power...)
Modélisation thermodynamique des cycles, lois de dégagement de chaleur
Moteurs non conventionnels

Bibliographie

G. DESCOMBES
Polycopiés CNAM.

Ancien Auditeur

UE issue de l'UV 14941 puis TBM211

Horaires et lieux :

1er semestre : cours le vendredi de 9h00 à 12h00.
Ouvert en **fod** (Paris)

Cogénération et cycles combinés – ENM212 – 4 crédits

Public concerné et conditions d'accès

Public possédant au minimum le niveau du cycle préparatoire en énergétique et une UE d'approfondissement parmi les UE de machines ou moteurs (ENM108, ENM109, ENM110,

ENM111, ENM113, ENM114, ENM210, ENM211, ENM212).

Contenu de la formation

Analyse entropique de la conversion d'énergie
Optimisation de la conversion énergétique au moyens de cycles performants
Performances énergétiques, impact sur l'environnement, économie
Réduction des émissions de CO2
Turbine à gaz à injection de vapeur (cycle dit STIG - steam injection in gas turbine)
Cogénération
Cycles combinés
Chaudières de récupération (1, 2 et 3 niveaux de pression)
Couplages des cycles série et parallèle
Gazéification du charbon intégrée à des cycles combinés (IGCC - Integrated gasification combined cycle)
Captage et stockage du CO2
Les cycles à oxy-combustion
Couplage au réseau
Moteurs à récupération d'énergie et environnement.
Suralimentation, cogénération et trigénération.

Horaires et lieux :

1er semestre : cours le samedi de 9h00 à 12h00.
Ouvert en **fod** et en **présentiel**.

Lieu : Cnam, 292 rue Saint Martin, 75003 Paris, Métro Réaumur-Sébastopol ou Arts et Métiers

Conversion d'énergie dans les moteurs thermiques et environnement ENM218 – 8 ects

Public concerné et conditions d'accès

Ingénieurs généralistes et professionnels certifiés par VAE (validation des acquis de l'expérience)

Capacité et compétences acquises

Certificat de spécialisation en moteurs thermiques (CES)
Contenu de la formation -
Couplage des transferts de masse et d'énergie. -
Optimisation exergetique et

systémique. -Valorisation anergétique et polygénération. -Acyclisme et contrôle moteur.

Horaires et lieux :

Prendre contact avec Georges Descombes