

# Cours prévisionnels proposés en machines et moteurs

Version provisoire pour l'année 2017-2018

## 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 2010)

### Horaires et lieux:

1<sup>er</sup> semestre : cours le mercredi de 18h15 à 21h30. Ouvert en **fod** et en **présentiel**  
Lieu : Ensam, salle P2, 155 bd de l'hôpital 75013 Paris, Métro : Place d'Italie ou Campo Formio

**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<sup>er</sup> semestre : cours le mardi Ouvert en **fod**.  
**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 CO<sub>2</sub>, formation des polluants, monoxyde de carbone, imbrûlés, particules, oxydes d'azote. Théorie radicalaire.

### Les méthodes de réduction des émissions polluantes à la source :

- CO<sub>2</sub> : amélioration du rendement,  
- NOx 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 CO<sub>2</sub> 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 :

2<sup>nd</sup> semestre : cours le jeudi. Ouvert en **fod**

## 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 biodigesteur) Biocombustible, biocarburant

(alcool, huile végétales, ester)  
Carburants alternatifs,  
hydrogène.

**Horaires et lieux :**  
2nd semestre : cours le  
vendredi.  
Ouvert en **fod**.

### **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 2017-2018**

### **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 :**  
**Fermé pour 2017-2018**

### **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  
**Présentation du code de  
calcul d'AVL**  
**Programmation en Python**  
**Etude de cas**

**Horaires et lieux :**  
1er semestre : cours le  
jeudi.  
Ouvert en **fod**.

### **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  
2012)

**Ancien Auditeur**  
UE issue de l'UV 04454 puis  
TBM106

**Horaires et lieux :**  
2nd semestre : cours le  
mercredi.  
Ouvert en **fod**.

**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 :**

2nd semestre : cours le lundi  
Ouvert en **fod**

### **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 2009)

### **Ancien Auditeur UE**

issue de l'UV 14905 puis TBM107

### **Horaires et lieux :**

**Fermé pour 2017-2018**

### **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 carburant. 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 :**

**Fermé pour 2017-2018**

### **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 2<sup>nd</sup> semestre, (4 demi-journées en mars et autres dates définies ultérieurement sur rdv).  
Ouvert en **fod** et en **présentiel**.

### **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 2017-2018**

### **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 :**  
**Fermé en 2017-2018**

### 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 en 2017-2018**

### 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 :**  
1<sup>er</sup> semestre : cours le vendredi  
Ouvert en **fod**.

### 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 :**  
1<sup>er</sup> semestre : cours le samedi. Ouvert en **fod**

### 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