

<b>Intitulé de l'Unité d'Enseignement</b>	Aéroacoustique et énergétique des moteurs aéronautiques	<b>Code de l'UE</b>	5AExx
---	---	---------------------	-------

**Rédacteurs (principaux, 3 maxi) de l'UE**

Nom, Prénom, qualité	Smaïne KOUIDRI Prof de l'UPMC	Nicolas BERTIER Ingénieur de Recherche ONERA
Laboratoire ou équipe de recherche	LIMSI-UPR 3251 CNRS	ONERA - The French Aerospace Lab
Adresse	LIMSI – CNRS B.P. 133 91403 ORSAY CEDEX FRANCE	BP 72-29 av. de la Division Leclerc 92322 CHATILLON Cedex FRANCE
Téléphone :	01 69 85 81 49	01 46 73 41 98
e-mail:	smaine.kouidri@upmc.fr	nicolas.bertier@onera.fr

**Descriptif de l'UE**

Volumes horaires globaux (CM + TD + TP)	60h CM + 16h TP = 76 h
Nombre de crédits de l'UE	<b>6 ECTS</b>
Spécialité où l'UE est proposée	Energétique et Environnement
Semestre où l'enseignement est proposé	S3
Effectifs prévus	40

**a) Objectifs de l'Unité d'Enseignement :**

Ce cours a pour objectif de donner aux étudiants une vision précise des défis qui se situent autour de la conception des moteurs aéronautiques. Le cours se décompose en trois parties, en commençant par la présentation d'un turboréacteur d'un point de vue système, ce qui permet une analyse rapide et paramétrique de ses performances. On se focalisera ensuite sur les problématiques aérodynamiques et aéroacoustiques des moteurs aéronautiques. Enfin, on s'intéressera à la chambre de combustion du moteur, avec à la fois des éléments de technologie et la présentation d'approches très récentes permettant la prévision de ses caractéristiques essentielles (stabilité, émissions polluantes, ré-allumage en vol, transferts thermiques).

**b) Contenu de l'Unité d'Enseignement :**

**Cours magistraux**

Partie I : Étude système des turboréacteurs

- \* Cycle thermodynamique de Joule-Brayton.
- \* Notions de poussées brute et nette, consommation spécifique (SFC).
- \* Notions de rendements thermiques, propulsifs et globaux.
- \* Cycle thermodynamique réel d'une turbine à gaz.
- \* Discussion sur l'optimisation du cycle
- \* Familles de concepts moteurs actuels (turbojet, turbofan, turbopropulseur).
- \* Méthodologie de calcul de performances pour les turboréacteurs simple et double flux.
- \* Limites de l'approche système, ouverture vers la simulation numérique.
- \* Axes d'amélioration des performances des concepts existants ("Open Rotor", "Pulse Detonation Engine", ajout de refroidisseurs et récupérateurs,...).

Partie II : Aéroacoustique des machines tournantes

- \* Pollution sonore dans le transport aérien
- \* Éléments de technologie liés à la génération de bruit
- \* Aérodynamique de la propulsion aérienne
- \* Etude des mécanismes de génération de bruit dans les turbomachines
- \* Analogie aéroacoustique, théorie de Lighthill

- \* Formalisme de Fowcs Williams & Hawking
- \* Modèles empiriques pour la prédiction du bruit
- \* Méthodes de réduction du bruit dans les turbomachines

### Partie III : Chambres de combustion aéronautiques

- \* Pré-dimensionnement d'une chambre de combustion : étude du cas idéalisé du réacteur parfaitement mélangé, notion de charge aérodynamique et évaluation des limites de stabilité du foyer.
- \* Éléments de base pour la conception d'un foyer aéronautique
- \* Phénomènes physiques rencontrés sur un foyer aéronautique réel
- \* Technologies employées afin de réduire les émissions polluantes (LPP, RQL, DAC, multipoint)
- \* Généralités sur la simulation numérique en énergétique, stratégies de calcul

Applications de la simulation numérique à la conception de foyers aéronautiques : prévision des émissions polluantes, des probabilités d'allumage et des instabilités de combustion.

### Séances de TP

Les séances de TP viennent en complément de la 1ère partie du cours afin d'illustrer par la pratique les notions qui y auront été abordées. Pour les TP 1 et 2, l'objectif principal est la simulation de chambres de combustion munies d'injecteurs tourbillonnaires « multipoints », représentatifs de ceux utilisés dans l'industrie aéronautique française pour les moteurs de dernière génération. Les TP 2 et 3 sont de nature expérimentale et ont comme objectif la compréhension du comportement aérodynamique et acoustique des machines tournantes.

- \* TP 1 et 2 : Simulations numériques de foyers aéronautiques, avec le code CEDRE (<http://cedre.onera.fr/>)
- \* TP 3 : Etude des performances aérodynamiques d'une turbomachine à haute vitesse de type centrifuge ( $Ma=0.8$ ).
- \* TP 4 : Caractérisation aéroacoustique et étude spectrale du comportement acoustique d'un ventilateur à haute vitesse.

### Projets oraux:

Le travail réalisé en totale autonomie par les étudiants par groupe de 2, sera consacré à l'étude approfondie d'un article publié dans une revue scientifique internationale après validation du sujet par les intervenants du cours. Le double objectif étant d'une part d'approfondir des notions en relation avec le cours mais non abordées et d'autre part développer les capacités pédagogiques des étudiants puisque il fera l'objet d'une présentation orale en fin de semestre.

Un support de cours au format PDF, contenant l'essentiel des notions abordées ainsi que des rappels, sera fourni aux étudiants.

#### c) Pré-requis :

Mécanique des milieux continus, bases générales des machines tournantes et de l'acoustique, base de l'aérothermochimie

#### d) Modalités de contrôle des Connaissances :

TP 1 (40%) + TP 2 (25%) + E1 (35%)

**Organisation pédagogique**

Enseignements présentsiels	Volume horaire total	Horaire hebdomadaire	Effectif par groupe
Cours	50	4	40
Enseignements dirigés			
Travaux pratiques Expérimentaux	16	16 (2 x 8h)	4