|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et Populaireوزارة التعليم العالي والبحث العلميMinistère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche ScientifiqueComité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies |  |

HARMONISATION

Offre de formation

MASTER ACADEMIQUE

2016 - 2017

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Domaine | Filière | Spécialité |
| *Sciences et Technologies* | *Aéronautique* | *Propulsion aéronautique*  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et Populaireوزارة التعليم العالي والبحث العلميMinistère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche ScientifiqueComité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies |  |

**مواءمة**

 **عرض تكوين**

 **ماستر أكاديمي**

**2017-2016**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **الميدان** | **الفرع** |  **التخصص** |
| **علوم و تكنولوجيا** | **علم الطيران**  |  **الدفع الطيراني** |

# I – Fiche d’identité du Master

**Conditions d’accès**

*(Indiquer les spécialités de licence qui peuvent donner accès au Master)*

Les candidats doivent être titulaire d’un diplôme de licence

Licences qui peuvent donner accès au Master : *Propulsion aéronautique*

1. **Étudiants Algériens titulaires d’une Licence en :**
* Aéronautique,
* Energétiques,
* Construction,
* Physique.
* ou d'un diplôme équivalent, obtenu en Algérie ou à l'étranger.
1. **Étudiants étrangers titulaires d'un diplôme équivalent à une Licence en Aéronautique.**

*Dans tous les cas, les dossiers de candidature seront appréciés au cas par cas par une commission pédagogique, en tenant compte de :*

* *Les cursus,*
* *La motivation,*
* *La qualité des résultats,*
* *La cohérence entre le cursus précédemment suivi et le programme du M1.*

**II – Fiches d’organisation semestrielles des enseignements**

**de la spécialité**

**Semestre 1 Master : Propulsion aéronautique**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Unité d'enseignement | Matières | Crédits | Coefficient | Volume horaire hebdomadaire | Volume Horaire Semestriel(15 semaines) | Travail Complémentaireen Consultation (15 semaines) | Mode d’évaluation |
| Intitulé | **Cours** | **TD** | **TP** | **Contrôle Continu** | **Examen** |
| UE FondamentaleCode : UEF 1.1.1Crédits : 10Coefficients : 5 | Thermodynamique | 6 | 3 | 3h00 | 1h30 |  | 67h30 | 82h30 | 40% | 60% |
| Aérodynamique Numérique | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 |  | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| UE FondamentaleCode : UEF 1.1.2Crédits : 8Coefficients : 4 | Matériaux des structures aéronautiques | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 |  | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| Méthodes des éléments finis | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 |  | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| UE MéthodologiqueCode : UEM 1.1Crédits : 9Coefficients : 5 | TP Matériaux des structures aéronautiques | 3 | 2 | 1h30 |  | 1h00 | 37h30 | 37h30 | 40% | 60% |
| TP Thermodynamique | 2 | 1 |  |  | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% |  |
| TP Aérodynamique Numérique  | 2 | 1 |  |  | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% |  |
| TP Méthodes des éléments finis  | 2 | 1 |  |  | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% |  |
| UE DécouverteCode : UED 1.1Crédits : 2Coefficients : 2 | ***Panier au choix :*** ***deux matières*** | 1 | 1 | 1h30 |  |  | 22h30 | 02h30 |  | 100% |
| 1 | 1 | 1h30 |  |  | 22h30 | 02h30 |  | 100% |
| UE TransversaleCode : UET 1.1Crédits : 1Coefficients : 1 | Anglais technique et terminologie | 1 | 1 | 1h30 |  |  | 22h30 | 02h30 |  | 100% |
| Total semestre 1 |  | **30** | **17** | **12h00** | **6h00** | **7h00** | **375h00** | **375h00** |  |  |

**Semestre 2 Master : Propulsion aéronautique**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Unité d'enseignement | Matières | Crédits | Coefficient | Volume horaire hebdomadaire | Volume Horaire Semestriel(15 semaines) | Travail Complémentaireen Consultation (15 semaines) | Mode d’évaluation |
| Intitulé | **Cours** | **TD** | **TP** | **Contrôle Continu** | **Examen** |
| UE FondamentaleCode : UEF 1.2.1Crédits : 10Coefficients : 5 | Combustion  | 6 | 3 | 3h00 | 1h30 |  | 67h30 | 82h30 | 40% | 60% |
| Dynamique des gaz | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 |  | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| UE FondamentaleCode : UEF 1.2.2Crédits : 8Coefficients : 4 | Control et Dynamique du vol | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 |  | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| Turbomachines | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 |  | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| UE MéthodologiqueCode : UEM 1.2Crédits : 9Coefficients : 5 | T.P Dynamique des gaz | 3 | 2 | 1h30 |  | 1h00 | 37h30 | 37h30 | 40% | 60% |
| T.P Turbomachines | 2 | 1 |  |  | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% |  |
| Assemblage des structures aéronautiques | 2 | 1 |  |  | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% |  |
|  | 2 | 1 |  |  | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% |  |
| UE DécouverteCode : UED 1.2Crédits : 2Coefficients : 2 | ***Panier au choix :******deux matières*** | 1 | 1 | 1h30 |  |  | 22h30 | 02h30 |  | 100% |
| 1 | 1 | 1h30 |  |  | 22h30 | 02h30 |  | 100% |
| UE TransversaleCode : UET 1.2Crédits : 1Coefficients : 1 | Ethique, déontologie et propriété intellectuelle | 1 | 1 | 1h30 |  |  | 22h30 | 02h30 |  | 100% |
| Total semestre 2 |  | **30** | **17** | **12h00** | **6h00** | **7h00** | **375h00** | **375h00** |  |  |

**Semestre 3 Master : Propulsion aéronautique**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Unité d'enseignement | Matières | Crédits | Coefficient | Volume horaire hebdomadaire | Volume Horaire Semestriel(15 semaines) | Travail Complémentaireen Consultation (15 semaines) | Mode d’évaluation |
| Intitulé | **Cours** | **TD** | **TP** | **Contrôle Continu** | **Examen** |
| UE FondamentaleCode : UEF 1.3.1Crédits : 10Coefficients : 5 | Transferts de chaleur et de masse interne aux turbomachines | 4 | 3 | 1h30 | 1h30 |  | 67h30 | 82h30 | 40% | 60% |
| Aéroélasticité  | 6 | 2 | 3h00 | 1h30 |  | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| UE FondamentaleCode : UEF 1.3.2Crédits : 8Coefficients : 4 | Aéro acoustique et turbulence | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 |  | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| Ecoulements compressibles et supersoniques  | 4 | 2 | 1h30 | 1h30 |  | 45h00 | 55h00 | 40% | 60% |
| UE MéthodologiqueCode : UEM 1.3Crédits : 9Coefficients : 5 | TP Transfert de chaleur | 3 | 2 | 1h30 |  | 1h00 | 37h30 | 37h30 | 40% | 60% |
| Essais non destructifs  | 2 | 1 |  |  | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% |  |
| Conception des aéronefs | 2 | 1 |  |  | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% |  |
| TP Ecoulements compressibles et supersoniques | 2 | 1 |  |  | 1h30 | 22h30 | 27h30 | 100% |  |
| UE DécouverteCode : UED 1.3Crédits : 2Coefficients : 2 | ***Panier au choix :*** ***deux matières*** | 1 | 1 | 1h30 |  |  | 22h30 | 02h30 |  | 100% |
|  |  | 1h30 |  |  | 22h30 | 02h30 |  | 100% |
| UE TransversaleCode : UET 1.3Crédits : 1Coefficients : 1 | Recherche documentaire et conception de mémoire | 1 | 1 | 1h30 |  |  | 22h30 | 02h30 |  | 100% |
| Total semestre 3 |  | **30** | **17** | **12h00** | **6h00** | **7h00** | **375h00** | **375h00** |  |  |

**UE Découverte *(S1, S2 et S3)* au choix**

*Revoir les propositions d'avant la réunion de Annaba (U banta , U Constantine et U SBA +M2 U blida1) et Essayer de repêcher des matières découvertes au choix des 4 propositions*

1. *Management et sécurisation des aéroports*
2. *Traitement du signal*
3. *Carburants des avions et Pollution*
4. *Programmation pour le calcul scientifique (Fortran 90,…)*

**Semestre 4**

**Domaine  : Science et technologie**

**Filière : Aéronautique**

**Spécialité : Propulsion Aéronautique**

Stage en entreprise sanctionné par un mémoire et une soutenance.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | VHS | Coeff  | Crédits |
| Travail Personnel | 550 | 09 | 18 |
| Stage en entreprise | 100 | 04 | 06 |
| Séminaires | 50 | 02 | 03 |
| Autre (Encadrement) | 50 | 02 | 03 |
| Total Semestre 4 | 750 | 17 | 30 |

**Ce tableau est donné à titre indicatif**

**Evaluation du Projet de Fin de Cycle de Master**

1. Valeur scientifique (Appréciation du jury) /6
2. Rédaction du Mémoire (Appréciation du jury) /4
3. Présentation et réponse aux questions (Appréciation du jury) /4
4. Appréciation de l’encadreur /3
5. Présentation du rapport de stage (Appréciation du jury) /3

**III - Programme détaillé par matière du semestre S1**

**Semestre : 1**

**VHS: 67h30 (cours: 3h00, TD : 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Fondamentale UEF 1.1.1**

**Intitulé de la matière : Thermodynamique.**

**Crédits : 6**

**Coefficients : 3**

**Objectifs de l’enseignement:**

(Connaissance et analyse thermodynamique des nouveaux procédés de génération de froid : notamment à partir des énergies renouvelables :(cycle à absorption et à éjecteur) et les diverses configurations ainsi que l’analyse des diverses unités d’opération tels que l’absorbeur, le régénérateur).

**Connaissances préalables recommandées:**

(Thermodynamique, turbo machines, transfert de chaleur, mécanique de fluide, transfert de masse).

**Contenu de la matière:**

1. **GENERALITES ET PRINCIPES FONDAMENTAUX (2semaines)**

-Thermodynamique et l’énergie. - les états et équilibre d’un système. - le principe zéro de la thermodynamique. - premier et deuxième principe de la thermodynamique.

1. **LES CYCLES A PUISSANCE A GAZ (3 semaines)**

-Cycle de Carnot.- Cycle d’Otto. - Cycle Diesel. - Cycle de Stirling et de Ericsson. - Cycle de Brayton.

1. **LES CYCLES DE PUISSANCE A VAPEUR (3 semaines)**

Cycle de vapeur de Carnot. - Cycle de Rankine idéal. - Cycle de resurchauffe. - Cycle de régénération. - Cycle de cogénération.

1. **LES CYCLES DE REFRIGERATIONS**  **(3 semaines)**

-Machines frigorifiques. - Cycle de Carnot inverse, Les fluides frigorigènes, les thermopompes, les systèmes de réfrigération à compression innovants, les cycles de réfrigération à gaz.

1. **LES RELATIONS THERMODYNAMIQUES ET LES MELANGES GAZEUX (3 semaines)**
	* Un aperçu des dérivées partielles et de leur relations, Relation de Maxwell, Equation de Clapeyron, Quelques relations générales de thermodynamique, Coefficient de Joule-Thompson, variations d’enthalpie, d’énergie interne et d’entropie des gaz réels, Composition d’un mélange gazeux, Les comportement P-V-T des mélanges, les variables thermodynamiques de mélanges de gaz réels.

**Mode d’évaluation:**

 Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Y. A. Cengel, M. A. Boles. « Thermodynamique : une approche pragmatique ». McGRAW-HILL.*
2. *J. C. Sisi, « Principes de thermodynamique », McGRAW-HILL, EDITEURS.*
3. *J. Vidal, « Thermodynamique : Application au génie chimique et à l’industrie pétrolière », Edition TECHNIP.*
4. *J. Vidal, « Thermodynamique : Application au génie chimique et à l’industrie pétrolière », Edition TECHNIP.*
5. *A. Lallemand, « Exercices et problèmes de thermodynamiques, de principes aux applications aux machines », TECHNOSUP, Ellipses.*
6. *A. Lallemand, « Machines à froid et pompes à chaleur, de la théorie à la pratique, Cours et problèmes corrigés », TECHNOSUP, Ellipses.*
7. *W. Alexandre, «Thermodynamique macroscopique. À l’usage des étudiants en sciences de l’ingénieur».*

**Semestre : 1**

**VHS: 45h00 (cours: 1h30, TD : 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Fondamentale UEF 1.1.1**

**Intitulé de la matière : Aérodynamique Numérique.**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement:**

(Ce cours a pour but de familiariser l’étudiant à des méthodes de base appliquée en mécanique des fluides numérique (CFD) a savoir les différentes méthodes de discrétisation et les algorithmes les plus couramment utilisés en simulation numérique appliquée en aérodynamique. Ce cours permis aussi d’initier l’étudiant à développer des codes de résolution numérique des équations de Navier-Stokes incompressibles ou compressibles ainsi que l’utilisation des codes commerciaux dans ce domaine).

**Connaissances préalables recommandées:**

(Résolution d'équations différentielles ordinaires, résolution de systèmes linéaires, méthodes directes et méthodes itératives).

**Contenu de la matière:**

1. **INTRODUCTION (2 semaines)**
-Rappel des équations de conservation en mécanique des fluides. Écoulements permanents et non-permanents. Nombres adimensionnels et équations sans dimension.
2. **ÉCOULEMENTS INCOMPRESSIBLES (5 semaines)**

 La méthode des différences finis. Méthodes numériques pour écoulements incompressibles. Traitement des conditions aux limites.

1. **ÉCOULEMENTS COMPRESSIBLES (8 semaines)**

Systèmes hyperboliques en forme conservative : équations d'Euler pour écoulements compressibles, discontinuités, conditions de sauts.

* **Schémas numériques pour les équations scalaires :** méthode de Lax-Wonderoff, méthode de MacCormack, méthode de Godunov, schémas monotones et entropiques.

**Mode d’évaluation:**

 Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Introduction to computational fluid dynamics. The finite volume method. Versteeg H.K, Malalasekera W.*
2. *Computational Fluid Dynamics The Basics With Applications. John D. Anderson, JR (1995).*
3. *Computational Fluid Dynamics Volume 1. Klaus A. Hoffmann, Steve T. Chiang. Fourth edition (2000).*
4. *Computational Fluid Dynamics Volume 2. Klaus A. Hoffmann, Steve T. Chiang. Fourth edition (2000).*
5. *Computational Fluid Dynamics Volume 3. Klaus A. Hoffmann, Steve T. Chiang. Fourth edition (2000).*
6. *Computational Fluid Dynamics for Engineers. T.Cebeci J.RShao F. Kafyeke E. Laurendeau (2000).*
7. *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow. Suhas V Patankar (1980).*
8. *Computational Methods for Fluid Dynamics, Ferziger & Peric.*
9. *Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems, Randall J. Leveque.*
10. *High Resolution Methods for Incompressible and Low Speed Flows, Drikakis & Rider.*
11. *E. Godlewski, P.A. Raviart, Hyperbolic systems of conservation laws , Collection Mathématiques et Applications de la SMAI, Ellipses, Paris (1991).*
12. *E. Godlewski, P.A. Raviart, Numerical approximation of hyperbolic systems of conservation laws , Springer, New York (1996).*
13. *E. Toro, Riemann solvers and numerical methods for fluid dynamics , Springer, Berlin (1999).*
14. *R. LeVeque, Finite volume methods for hyperbolic problems , Cambridge University Press (2002).*
15. *B. Després, F. Dubois, Systèmes hyperboliques de lois de conservation. Application à la dynamique des gaz , Editions de l'Ecole Polytechnique (2005).*
16. *C. Dafermos, Hyperbolic Conservation Laws in Continuum Physics , Springer, Berlin (2005).*

**Semestre : 1**

**VHS: 45h00 (cours: 1h30, TD : 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Fondamentale UEF 1.1.2**

**Intitulé de la matière : Matériaux des structures aéronautiques**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement:**

(L’objectif de ce cours est de présenter à l’étudiant les différents matériaux utilisés dans les structures aéronautique, que ça soit dans les carlingues, les structures porteuses, les planchers, les revêtements… etc. il est notamment question de choisir et d’analyser les matériaux fonction de leur rôle et emplacement dans la structure et en fonction des sollicitations auxquelles ils sont soumis).

**Connaissances préalables recommandées:**

(Les connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement sont les cours suivants : Résistance des matériaux, matériaux composites, Mécanique des Milieux Continus).

**Contenu de la matière:**

1. **INTRODUCTION ET RAPPELS SUR LES STRUCTURES AERONAUTIQUES (2semaines)**
2. **CONCEPTION DES STRUCTURES AERONAUTIQUES (3semaines)**

- Structures porteuses - Structures secondaires - Carénages et carlingues

- Mécanismes et éléments mobiles - éléments extérieurs, ailerons, gouvernails et aérofreins

1. **MATERIAUX UTILISES DANS LES STRUCTURES AERONAUTIQUES (3semaines)**

- Alliages d’aluminium et de zinc. - Matériaux composites. - Aciers Spéciaux et Céramiques.

-Classification des matériaux : Les céramiques, Les composites, Les plastiques, Les matériaux frittés

1. **CONDITIONS D’UTILISATION DES MATERIAUX EN AERONAUTIQUE (4semaines)**

- comportement en service des structures aéronautiques. -Résistance des matériaux en aéronautique. -Performance des matériaux en aéronautique. - Durabilité des matériaux en aéronautique.

1. **ELABORATION DES MATERIAUX APPLIQUES AUX STRUCTURES AERONAUTIQUES (3semaines)**

- mise en forme et caractérisation expérimentale des matériaux (72h - 3 ects). - procédés d'obtention des matériaux aéronautiques

**Mode d’évaluation:**

 Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Didier Bellet et Jean-Jacques Barrau, Cours d'élasticité, Toulouse, Cepadues Éditions, coll. « La Chevêche », 1990, 370 p. (ISBN 2-85428-245-0)*
2. *Matériaux et techniques, Volume 76*
3. *Analyse des structures et milieux continus: mécanique des structures, PPUR presses polytechniques, 1 janv. 2000*
4. *Détection précoce d’instabilité aérolélastique des structures aéronautiques,* [*Rafik Zouari*](https://www.google.fr/search?hl=fr&tbo=p&tbm=bks&q=inauthor:%22Rafik+Zouari%22) *2008 - 182 pages*
5. *Matériaux composites à matrice organique: constituants, procédés, propriétés, Pierre-Etienne Bourban, PPUR presses polytechniques, 2004*
6. *Matériaux composites,* [*Daniel Gay*](https://www.google.fr/search?hl=fr&tbo=p&tbm=bks&q=inauthor:%22Daniel+Gay%22)*, Hermès, 1 janv. 1997*

**Semestre : 1**

**VHS: 45h00 (cours: 1h30, TD : 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Fondamentale UEF 1.1.2**

**Intitulé de la matière : Méthodes des éléments finis.**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement:**

(Connaitre les principes théoriques, mathématiques et techniques, accompagnés d’exemples et d’exercices d’application).

**Connaissances préalables recommandées :**

 (Calcul matriciel, méthodes numériques, résistance des matériaux).

**Contenu de la matière :**

1. **CONCEPTS DE BASE (3 semaines)**

-Méthodes de rigidité matricielle. - Principe des travaux virtuels et énergie de déformation.-Approche variationnelle. -Approche en déplacement

1. **ELEMENTS DE STRUCTURES (4 semaines)**

- Eléments de Barre et Poutre. - Eléments Plans, de volume et plaque. - Eléments axisymétriques.

1. **ISOPARAMETRIE (2 semaines)**
2. **FORMULATIONS COMPLEMENTAIRES (3 semaines)**

-Techniques éléments finis. -Non linéarité matérielle.

1. **PROGRAMMATION (3 semaines)**

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Comprendre les éléments finis (Principes, formulation et exercices corrigés)*
2. *Jean-.Louis Batoz et Gouri Dhatt. Modélisation des structures par éléments finis volume 1,2.*
3. *Lenneth Rocky, Roy Evans, William Grffiths et David Nethercit. Introduction à la méthode des éléments finis .*
4. *Robert D. Cook . Finite element modeling For stress analysis.*
5. *McGRAW-HILL. .Finite element analysis. George R. Buchanan. Shaum’s outlines series.*
6. *R.C.Coates, M.G.Coutie, F.K.Kong. Structural analysis. Second edition.*
7. *Sites internet.*

**Semestre : 1**

**VHS: 37h30 (cours: 1h30, TP : 1h00)**

**Intitulé de l’UE : UE Méthodologique UEM 1.1**

**Intitulé de la matière : TP Matériaux des structures aéronautiques.**

 **Crédits : 3**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement:**

(Apprendre et connaitre d’une façon pratique les méthodes de fabrication de pièces métalliques des structures aéronautiques par des procédés de mise en forme sans enlèvement de la matière).

**Connaissances préalables recommandées:**

(Métaux et alliages).

**Contenu de la matière :**

(Selon les moyens disponibles dans l’établissement)

* 1. Caractéristiques des alliages d’aluminium
	2. Classement des alliages d’aluminium suivant leurs utilisations.
	3. Exemple sur la coulée continue
	4. Coulée d’une pièce en lingotière
	5. Initiation à la fabrication d’une pièce par la fonderie
	6. Méthodes de préparation des poudres
	7. Pratique du frittage
	8. Fabrication d’une pièce par la métallurgie des poudres
	9. Fabrication d’une pièce par forgeage
	10. Fabrication d’une pièce par matriçage

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques** :

**Remarque :** Avant la séance l’étudiant, vous devez lire l’énoncé et savoir répondre aux questions : quel est le système étudié ? Comment est-il constitué ? Que va-t-on mesurer, avec quels moyens et dans quel but ? Quelle modélisation utilise-t-on et quelles sont les conclusions attendues ?

**Semestre : 1**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : UE Méthodologique UEM 1.1**

**Intitulé de la matière : TP Thermodynamique.**

 **Crédits : 2**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement:**

 (Réaliser différentes expériences de thermodynamique physique : Application de la thermodynamique).

**Connaissances préalables recommandées:**

 (Cours thermodynamique).

**Contenu de la matière:**

**T.P. N°1 :** Détermination de coefficient de performance dans:

* une pompe a chaleur, eau-air
* une machine frigorifique (eau-eau, air-air)

**T.P. N°2 :** Détermination du coefficient de performance pour différents fluide frigorigène (R134a et R22)
**Mode d’évaluation:**

Contrôle continu : *100%* .

**Références bibliographiques**:

1. [*http://www.tecquipment.com/Thermodynamics.aspx*](http://www.tecquipment.com/Thermodynamics.aspx)
2. [*http://www.deltalab-smt.com/teaching-energetics/thermodynamics*](http://www.deltalab-smt.com/teaching-energetics/thermodynamics)
3. *Y. A. Cengel, M. A. Boles. « Thermodynamique : une approche pragmatique ». McGRAW-HILL.*
4. *D. Richon, « Eléments de la thermodynamique expérimentales », Ecole des Mines de Paris*
5. *A. Lallemand, « Exercices et problèmes de thermodynamiques, de principes aux applications aux machines », TECHNOSUP, Ellipses.*
6. *A. Lallemand, « Machines à froid et pompes à chaleur, de la théorie à la pratique, Cours et problèmes corrigés », TECHNOSUP, Ellipses.*
7. *Livres et polycopiés existants au niveau des laboratoires de pédagogique (Laboratoire Thermique, Laboratoire MDF, Laboratoire Moteur) et des bibliothèques du département et*
8. *Sites Internet et autres.*

**Remarque :** Avant la séance l’étudiant, vous devez lire l’énoncé et savoir répondre aux questions : quel est le système étudié ? Comment est-il constitué ? Que va-t-on mesurer, avec quels moyens et dans quel but ? Quelle modélisation utilise-t-on et quelles sont les conclusions attendues ?

**Semestre : 1**

**VHS: 22h30 (TP : 1h30)**

**Intitulé de l’UE : UE Méthodologique UEM 1.1**

**Intitulé de la matière : TP Aérodynamique Numérique.**

 **Crédits : 2**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement:**

 (Ce TP a pour but de familiariser l’étudiant à des méthodes numérique de base utilisées en aérodynamique ‘CFD’ et de l’initier à l’utilisation des codes commerciaux dans ce domaine. Ces outils sont incontournables pour le calcul de problèmes industriels et leur compréhension (Algorithmes numériques, maillage, stabilité, convergence,…) aussi ce TP permets a l’étudiant d’avoir développé l’aptitude à comprendre et à programmer la méthode des volumes finis pour les régimes incompressibles et compressibles et être capable d’utiliser un logiciel commercial ou Open-source de CFD).

**Connaissances préalables recommandées :**

 (Méthode des volumes finis, Fortran 90, C++ ….).

**Contenu de la matière :**

1. Programmation en (**Fortran 90**, **C++,** **Maple, Matlab,.**..) de la méthode des volumes finis appliquée sur les écoulements compressibles et incompressibles. **( semaines)**
2. Visualisation des résultats par OriginLab, Tecplot 360.
3. Modélisation par le pré-processeur **Gambit**, des géométries complexe 2D, 3D (Aile d’avion NACA, fuselage, chambre de combustion,…)
4. Application du **Solver Fluent** (Flux 2D, 3D, problème stationnaire ou instationnaire, écoulement derrière une marche descendante, écoulement autour des obstacles : Ail d’avion de type NACA, cylindre, écoulement compressible dans les tuyères converge-diverge...). **( semaines)**
5. Utilisation des logiciels CFD Open-sourse (Gratuit) : **GMESH**, **SATURNE**, **SALOME**.

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *100%*.

**Références bibliographiques**:

1. *John D. Anderson, JR. Computational Fluid Dynamics The Basics With Applications. (1995).*
2. *T.Cebeci J.RShao F. Kafyeke E. Laurendeau. Computational Fluid Dynamics for Engineers. (2000).*
3. *Suhas V Patankar. Numerical Heat Transfer and Fluid Flow. (1980).*
4. *Ferziger & Peric .Computational Methods for Fluid Dynamics.*
5. *Randall J. Leveque.  Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems,*
6. *E. Toro. Riemann solvers and numerical methods for fluid dynamics , Springer, Berlin (1999).*
7. [*https://www-n.oca.eu/pichon/IDRIS\_Fortran\_cours.pdf*](https://www-n.oca.eu/pichon/IDRIS_Fortran_cours.pdf)
8. *http://www.idris.fr/formations/mpi/*
9. *Fluent 5.4.8 Copyright 1999 Fluent Inc.*
10. [*http://www.tecplot.com/products/tecplot-360/*](http://www.tecplot.com/products/tecplot-360/)
11. [*http://www.originlab.com/*](http://www.originlab.com/)

**Semestre : 1**

**VHS: 22h30 (TP : 1h30)**

**Intitulé de l’UE : UE Méthodologique UEM 1.1**

**Intitulé de la matière : TP Méthodes des éléments finis.**

 **Crédits : 2**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement:**

 (Dans cette matière, des travaux pratiques (TP) en méthodes des éléments finis seront réalisés. L’étudiant est sensé de réalisé des modélisations numériques en se basant sur la méthode des éléments finis pour des structures continus, discrètes ou composées afin de déterminer les contraintes limites élastiques et plastiques pour éviter la ruptures et la fissuration des matériaux).

**Connaissances préalables recommandées :**

 (Calcul matriciel, méthodes numériques, résistance des matériaux).

**Contenu de la matière :**

**T.P. N°1 :** Modélisation par des éléments ressorts, barres, et Poutres sur code de calcul Abaqus.

**T.P. N°2 :** Modélisation par éléments membranaires, des éléments axisymétriques et plaques sur code de calcul Abaqus.

**T.P. N°3 :** Formulation mathématique des matrices de rigidité des différents éléments de structures par logiciel mathématique Scientifique Works Place 5.5.

**T.P. N°4 :** Techniques de maillages sur Abaqus

**T.P. N°5 :** Analyse non linéaire matérielle sur code Abaqus

**T.P. N°6 :** Analyse dynamique et détermination des valeurs propres et vecteurs propres sur code Abaqus.

**T.P. N°7 :** Analyse thermique d’un problème de transfert sur Abaqus.

**T.P. N°8 :** Programmation de l’élément Q4, et R4 par Fortran ou Matlab au choix.

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *100%* .

**Références bibliographiques**:

*Comprendre les éléments finis (Principes, formulation et exercices corrigés)*

1. *Jean-.Louis Batoz et Gouri Dhatt. Modélisation des structures par éléments finis volume 1,2.*
2. *Lenneth Rocky, Roy Evans, William Grffiths et David Nethercit. Introduction à la méthode des éléments finis .*
3. *Robert D. Cook. Finite element modeling For stress analysis.*
4. *McGRAW-HILL.Finite element analysis. George R. Buchanan. Shaum’s outlines series.*
5. *R.C.Coates, M.G.Coutie, F.K.Kong. Structural analysis. Second edition.*
6. *Sites internet*
7. *Abaqus6.11*
8. *Scintifique Work Place 5.5*
9. *T. R. Chandrupatala, A. D. Belegundu, ‘Introduction to Finite Element in Engineering’, Prentice-Hall International Editions, New Jersey, 1991.*
10. [*http://perso.univ-lemans.fr/~fcalvay/projetsmnrv/model\_crash\_abaqus.htm*](http://perso.univ-lemans.fr/~fcalvay/projetsmnrv/model_crash_abaqus.htm)

**Semestre : 1**

**VHS: 22h30 (cours: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Transversale UET 1.1**

**Intitulé de la matière : Anglais technique et terminologie.**

**Crédits : 1**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement:**

(Acquisition et amélioration des compétences en Anglais scientifique et Rédaction d’un rapport écrit et présentation orale).

**Connaissances préalables recommandées :**

(Anglais de base).

**Contenu de la matière:**

- Connaissances de base sur la langue- Grammaire- Développement de syntaxe- Lire et comprendre des paragraphes et fragments de textes scientifiques publiés -Converser sans préparation sur des sujets simples familiers puis scientifiques ou autres.-Présenter dans la langue des mini exposés- Intervention orale sur un sujet scientifique ou d'actualité.- S'initier à l'écriture de textes sur les sujets de sa spécialité. Essai de traduction sur des communications et publications dans le domaine d'intérêt.

**Mode d’évaluation:**

 Contrôle continu : *100%* .

**Références bibliographiques**:

1. *M.mouatssi Lexique:francais-anglais-arabe. Opu*
2. *H.piraux .Dictionnaire anglais-francais. Eyrolles*
3. *S.b.gerome .Lire l'anglais scientifique et technique.Ellipses*
4. *Malgorn.Dictionnaire technique francais anglais. G. Dunod*
5. *D.gouadec.Dictionnaire malgorn des sciences et techniques:anglais/ francais. Dunod*

**Semestre : 2**

**VHS: 67h30 (cours: 3h00, TD : 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Fondamentale UEF 1.2.1**

**Intitulé de la matière : Combustion.**

**Crédits : 6**

**Coefficients : 3**

**Objectifs de l’enseignement:**

 (Le but de ce cours est de fournir aux étudiants une compréhension des principes de base associés aux processus de combustion, comment ces concepts se rapportent à des observations expérimentales et comment elles peuvent être utilisées pour la modélisation théorique et / ou numérique.)

**Connaissances préalables recommandées :**

(Il est recommandé de maîtriser les notions de thermodynamique et de mécanique des fluides).

**Contenu de la matière :**

* 1. **Combustion**

Introduction : contexte et objectifs. Bilans de matière et d’énergie appliques à la combustion complète et incomplète. Application au calcul des foyers de combustion, à la récupération énergétique et au contrôle de la combustion  **(5 semaines)**

Transferts de chaleur appliqués à la combustion : rayonnement des gaz contenants des éléments absorbants. Détermination de l’émission d’un volume gazeux, extension de la méthode des zones au cas d’un gaz absorbant. Application au calcul des chambres de combustion. Etude des flammes : bases théoriques (inflammation, propagation, limites d’inflammabilité) **(5 semaines)**

* 1. **Technologie des bruleurs**

Introduction, généralités, classification. Brûleurs à gaz à flamme de prémélange. Brûleurs à gaz à flamme de diffusion. Brûleurs à combustible liquide. **(5 semaines)**

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Référencesbibliographiques:**

1. *S.R.Turns “An introduction to combustion- concepts and applications”. Mac-Graw Hill int. Ed.2000.*
2. *Irvin Glassman, Combustion, 3rd Edition, Academic Press, 1996, Chap. 4, 6.*
3. *Kenneth K.Kuo, Principles of Combustion, John Wiley & Sons, 1986, Chap. 7.*
4. *N. Peters, Turbulent Combustion, Cambridge University Press, www.cup.cam.ac.uk, 2000.*
5. *F.Almahallawi, S. eddine Habik. Fundamentals and Technology of Combustion.*
6. *Chang K. Law. Combustion Physics.*
7. *Forman A Williams Combustion Theory The Fundamental Theory of Chemically Reacting Flow Systems.*

**Semestre : 2**

**VHS: 45h00 (cours: 1h30, TD : 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Fondamentale UEF 1.2.1**

**Intitulé de la matière : Dynamique des gaz.**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement**

(À l’issue de ce cours l’étudiant devra pouvoir étudier les écoulements compressibles sans et avec présence d’onde de choc normale).

**Connaissances préalables recommandées**

(Il est recommandé de maîtriser les mathématiques et les bases de la thermodynamique, La mécanique des fluides)*.*

**Contenu de la matière :**

1. **Notions de base (1 semaine)**

Principales notions et relations de base. -point d’arrêt et état générateur. -Rappels de dynamique des fluides. -Rappels de physique du son.

1. **Généralités sur l’écoulement isentropique (2 semaines)**

-Relations de saint-venant. - Vitesse limite et vitesse critique. - Relation de Hugoniot

1. **Ondes de choc droits (3 semaines)**

Variation des propriétés du gaz au travers de l’onde de choc. - variation de l'entropie au travers de l'onde de choc.

1. **Ecoulement Avec Transfert De Chaleur Et Sans Frottement (3 semaines)**

Hypothèses et relations fondamentales. - Courbes de Rayleigh. - Relations différentielles de l'écoulement. - Ecoulement isotherme.

1. **Ecoulement adiabatique avec frottement (3 semaines)**

Hypothèses et relations fondamentales. - Relations différentielles de l'écoulement.- Caractéristiques des courbes de Fanno.- Ecoulement dans une conduite alimentée en subsonique et supersonique

1. **Ecoulement isentropique dans les tuyères (3 semaines)**

Ecoulement dans une tuyère convergente.- Ecoulement dans une tuyère convergente-divergente.

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Robert d. Zucker oscar biblarz**fundamentals of gas dynamics****,*** *second edition , 2002*
2. *Cambel, A. B., Jennings, B. H., Gas Dynamics, McGraw-Hill, New York, 1958.*
3. *Anderson, J. D., Modern Compressible Flow, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1990.*
4. *Hall, N. A., Thermodynamics of Fluid Flow, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1951.*
5. *John, J. E. A., Gas Dynamics, 2nd ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997.*
6. *Liepmann, H. W., and Roshko, A., Elements of Gasdynamics, John Wiley &Sons, New*
7. *York, 1957.*
8. *Saad, M. A., Compressible Fluid Flow, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1985.*
9. *Shapiro, A. H., The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow, Vol.*
10. *I, John Wiley & Sons, New York, 1953.*
11. *Zucrow, M. J., and Hoffman J. D., Gas Dynamics, Vol. I, John Wiley & Sons, New*
12. *York, 1976.*
13. *Thompson, P. A., Compressible Fluid Dynamics, McGraw-Hill, New York, 1972.*
14. *Anderson, J. D., Hypersonic and High Temperature Gas Dynamics, McGraw-Hill, New*
15. *York, 1989 (presently available as an AIAA textbook).*
16. *Owczarek, J. A., Fundamentals of Gas Dynamics, International Textbook Co., Scranton, PA, 1964.*

**Semestre : 2**

**VHS: 45h00 (cours: 1h30, TD : 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Fondamentale UEF 1.2.2**

**Intitulé de la matière : Control et Dynamique du vol.**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement**

(L'objectif de ce cours est de donner les bases de la dynamique du vol).

**Connaissances préalables recommandées**

(Il est recommandé de maîtriser les notions de base de la mécanique des fluides et l’aérodynamique)*.*

**Contenu de la matière :**

1. **PRINCIPALES PROPRIÉTÉS DE L’AIR (2 semaines)**

- Caractéristiques de l’air. - Les écoulements de l’air. - Les causes de la résistance de l’air. - Résistance de l’air sur une surface inclinée. - Les composantes de la résistance de l’air

1. **FORCES APPLIQUÉES A UN AÉRONEF EN VOL (2 semaines)**

- Rappel sur les forces. - La traction GMP (ou la poussée). - La résultante aérodynamique. - Equations du vol

1. **LES PRINCIPES DE LA SUSTENTATION (2 semaines)**

- La portance et la traînée.- Les facteurs qui influent sur la résultante aérodynamique

- La forme de l'aile (profil et allongement). - Les angles particuliers et la position de l'aile par rapport au vent relatif

1. **ÉLEMENTS AÉRODYNAMIQUES DE L’AILE (2 semaines)**

Coefficients de portance et de traînée. - Coefficient de moment. - Polaire d'un profil. - Déflexion et angle d’attaque. -centre de poussée et foyer d’une aile

1. **CENTRAGE - STABILITÉ - MANIABILITÉ (2 semaines)**

- Stabilité longitudinale. - Stabilité latérale - Stabilité transversale.- Influence de la flèche. – Stabilité spirale.

1. **LES DIFFÉRENTES PHASES DU VOL (2 semaines)**

- Montée à angle constant. - Montées à Vz max et à pente max. - Descente à angle constante. - Les réglages de croisière

1. **MANOEUVRES ET PILOTAGE (3 semaines)**

 - Mise en montée. - Mise en descente. - Mise en virage. - Le dérapage - La glissade. -Approche et atterrissage. - Décollage et montée initiale. - Influence du facteur de charge sur le décrochage. - Le rayon du virage.

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Mécanique du vol, A.C. Kermode, Modulo Editeur, 2000*
2. *La mécanique du vol de l’avion léger, S Bonnet et J Verrière, Editions Cépaduès, (2001).*
3. *Mécanique, fondements et applications J.-P. Perez, Dunod (2001)*
4. *Aérodynamique et mécanique du vol BIA. CAEA, Ciras Montpellier 1.*
5. *Site internet.*

**Semestre : 2**

**VHS: 45h00 (cours: 1h30, TD : 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Fondamentale UEF 1.2.1**

**Intitulé de la matière : Turbomachines.**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement**

 (- Permettre aux étudiants de se familiariser des différents types de turbomachines,

 -Amener les étudiants vers une compréhension claire des principes de base des turbomachines,

-Se constituer une solide connaissance du fonctionnement ainsi que la conception par le choix du type de turbomachines, dimensionnements…).

**Connaissances préalables recommandées :**

(Il est recommandé de maîtriser: Thermodynamique , Mécanique des Fluides.)

**Contenu de la matière:**

1. **DEFINITIONS ET THEORIE GENERALE DES TURBOMACHINES (4 Semaines)**

Classifications des turbomachines, Théorie générales, théorème d’Euler. Diagramme de vitesse. Rendement des turbomachines. Composante de l’énergie transférée.

1. **SIMILITUDES DANS LES TURBOMACHINES (3 Semaines)**

Relations générales, Invariants de Rateau, Autres coefficients, Machines en fonctionnement semblables, Généralisation, Vitesse spécifique.

1. **EQUATIONS GENERALES DES TURBOMACHINES (2 semaines)**

Définition de l’état total et représentation graphique sur le diagramme (h,s).

Conservation d’enthalpie totale en canal fixe, conservation de la rothalpie en canal mobile.

1. **LES COMPRESSEURS  (3 semaines)**

Triangle des vitesses**,** Evolution thermodynamique du fluide dans le cas d’une machine de compression, Calcul du travail massique et de la puissance, rendements.

1. **THEORIE DE LA TURBINE A ACTION MONOCELLULAIRE**  **(2 semaines)**

Principe et définition, expressions du travail massique, triangles des vitesses, rôle du canal fixe et de canal mobile, fonctionnement réel et représentation thermodynamique du sur le diagramme (h,s). Pertes dans le stator, dans le rotor et par vitesse restante. Rendement aérodynamique.

1. **ETUDE DE LA ROUE CURTIS. TURBINES MULTICELLULAIRES-TURBINES A REACTION**

 **(1 semaine**)

Principe et définition, représentation du fonctionnement réel sur le diagramme (h,s), Rendement aérodynamique.

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Erik Dick. Fundamentals of Turbomachines-Springer Netherlands (2015)*
2. *S. L. Dixon and C. A. Hall. Fluid Mechanics and thermodynamique -Seventh edition Elsevier (2014)*
3. *R.K. Bansal. A Text Book of Fluid Mechanics and Hydraulic Machines. laxmi publications (2005)*
4. *Lucien Vivier. Turbines à vapeur et à gaz. Edition Albin Michel. Paris 1965*

**Semestre : 2**

**VHS: 22h30 (Cours: 1h30, TP: 1h00)**

**Intitulé de l’UE : Unité Méthodologique UEM 1.2**

**Intitulé de la matière : TP Dynamique des gaz.**

**Crédits : 3**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement**

 (L’étudiant devrait être capable de traiter et d’étudier les écoulements compressibles dans les

Conduites et les tuyères sans ou avec onde de choc).

**Connaissances préalables recommandées :**

(Il est recommandé de maîtriser le cours de dynamique des gaz, thermodynamique).

**Contenu de la matière:**

Prévoir quelques expériences en relation avec la dynamique des gaz selon les moyens disponibles :

1. Expérimentation des écoulements compressibles à travers des orifices.
2. Expérimentation de la répartition de pression dans les tuyères.
3. Etude des performances d’une tuyère.
4. Expérimentation des écoulements compressibles dans les conduites et les pertes de charges : singulières et linéaires.

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Erik Dick. Fundamentals of Turbomachines-Springer Netherlands (2015)*
2. *R.K. Bansal. A Text Book of Fluid Mechanics and Hydraulic Machines. laxmi publications (2005)*
3. *Lucien Vivier. Turbines à vapeur et à gaz. Edition Albin Michel. Paris 1965*
4. [*http://www.tecquipment.com/#*](http://www.tecquipment.com/)
5. [*http://www.deltalab-smt.com/teaching-mechanical-engineering/fluid-mechanics-aerodynamics/aerodynamics/subsonic-suction-wind-tunnel-ea600*](http://www.deltalab-smt.com/teaching-mechanical-engineering/fluid-mechanics-aerodynamics/aerodynamics/subsonic-suction-wind-tunnel-ea600)
6. *Livres et polycopiés existants au niveau des laboratoires pédagogiques et recherches (Laboratoire* ***Thermique****, Laboratoire* ***MDF****, Laboratoire* ***Aérodynamique****, Laboratoire de recherche* ***LESEI****) et des bibliothèques du département.*
7. *Sites Internet.*

**Remarque :** Avant la séance l’étudiant, vous devez lire l’énoncé et savoir répondre aux questions : quel est le système étudié ? Comment est-il constitué ? Que va-t-on mesurer, avec quels moyens et dans quel but ? Quelle modélisation utilise-t-on et quelles sont les conclusions attendues ?

**Semestre : 2**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Méthodologique UEM 1.2**

**Intitulé de la matière : TP Turbomachines.**

**Crédits : 2**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement**

 (Illustrer pratiquement le comportement de turbomachines de type hydraulique, pompes et turbines hydrauliques Ce TP sert aussi à approfondir les connaissances des pompes centrifuge, ventilateurs axials, ventilateur centrifuge, leurs caractéristiques).

**Connaissances préalables recommandées :**

(Il est recommandé de maîtriser le cours de turbomachines).

**Contenu de la matière:**

Prévoir quelques expériences en relation avec les turbomachines selon les moyens disponibles.

1. Etude des caractéristiques des pompes centrifuges, Le système permet d'étudier les caractéristiques de deux pompes centrifuges montées en série ou en parallèle.
2. Etude des caractéristiques d’un ventilateur centrifuge **MFP 107**:

La variation de pression dans le ventilateur, puissance reçue par le ventilateur et rendement en fonction du débit non-dimensionnel**.**

1. Etude des caractéristiques d’un ventilateur axial **MFP 106**:

 La variation de pression dans le ventilateur, puissance reçue par le ventilateur et rendement en fonction du débit non-dimensionnel

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *100%*.

**Références bibliographiques**:

1. [*http://www.tecquipment.com/#*](http://www.tecquipment.com/)
2. [*http://www.deltalab-smt.com/teaching-mechanical-engineering/fluid-mechanics-aerodynamics/aerodynamics/subsonic-suction-wind-tunnel-ea600*](http://www.deltalab-smt.com/teaching-mechanical-engineering/fluid-mechanics-aerodynamics/aerodynamics/subsonic-suction-wind-tunnel-ea600)
3. *Livres et polycopiés existants au niveau des laboratoires pédagogiques et recherches (Laboratoire* ***Thermique****, Laboratoire* ***MDF****, Laboratoire* ***Aérodynamique****, Laboratoire de recherche* ***LESEI****) et des bibliothèques du département.*
4. *Sites Internets.*

**Remarque :** Avant la séance l’étudiant, vous devez lire l’énoncé et savoir répondre aux questions : quel est le système étudié ? Comment est-il constitué ? Que va-t-on mesurer, avec quels moyens et dans quel but ? Quelle modélisation utilise-t-on et quelles sont les conclusions attendues ?

**Semestre : 2**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Méthodologique UEM 1.2**

**Intitulé de la matière : TP Assemblage des structures aéronautiques.**

**Crédits : 2**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement**

(Analyser le comportement des structures aéronautiques ainsi que le mode d’obtention des différentes formes géométriques).

**Connaissances préalables recommandées :**

(Il est recommandé de maîtriser : Dessin technique, technologie industrielle et résistance des matériaux).

**Contenu de la matière :**

Présentation des différentes technologies d'assemblage de matériaux inorganiques (assemblage mécanique, assemblage par soudage et par brasage) et de matériaux polymères (collage).- Critères de choix : géométrie de la pièce, insertion dans une structure à grande échelle, mode de sollicitation en fonctionnement) nature et environnements des matériaux-procédure de mise en œuvre. Assemblage de matériaux métallique et/ou polymères assemblés et/ou collés - principes de l'adhésion - intérêts et limites du collage - classification des adhésifs.

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *100%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Liaisons mécanismes et assemblages. P.Agati Dunod*
2. *Surfaces tribologie et formage des matériaux. E.Felder Ecole Des Mines*
3. *Mise en forme des alliages métalliques à l'état Semi- Solide. M.Suery Hermes*
4. *La mise en forme des matériaux. J.L.Chenot Ecole Des Mines Paris*
5. *Construction mécanique. F.Esnault Dunod*
6. *Construction mécanique. F.Esnault Dunod*
7. *Conception des assemblages soudes, hicks.john G. EYROLLES*
8. *Précis : soudage brasage & techn. Connexes ,le gouic.roger EYROLLES*
9. *"Le Collage Industriel",P.Cognard, F.Pardos éditions " L'Usine Nouvelle ", 1985Montages*
10. *Initiation aux techniques industrielles, g.hemond mcgrawhill*
11. *Courbes usuelles traces géométriques, f.arthot andre casteilla*
12. *Déformation plastique metaux & alliages, g.champie masson et cie*
13. *Soudage et techniques connexes, Cns Afnor*
14. *Soudage, E.Bahr Eyrolles*

**Remarque :** Avant la séance l’étudiant, vous devez lire l’énoncé et savoir répondre aux questions : quel est le système étudié ? Comment est-il constitué ? Que va-t-on mesurer, avec quels moyens et dans quel but ? Quelle modélisation utilise-t-on et quelles sont les conclusions attendues ?

**Semestre : 2**

**VHS: 22h30 (cours: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Transversale UET 1.2**

**Intitulé de la matière : Ethique, déontologie et propriété intellectuelle.**

**Crédits : 1**

**Coefficients : 1**

**Semestre : 3**

**VHS: 67h30 (cours: 1h30, TD: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Fondamentale UEF 1.3.1**

**Intitulé de la matière : Transferts de chaleur et de masse interne aux turbomachines.**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 3**

**Objectifs de l’enseignement**

(- Introduire les notions théoriques a la base de transferts thermiques et de masse

 Etablir leurs liens aux comportements de systèmes thermiques.

* + Arriver a une appréciation pratique d'origines physiques de transferts a travers des exemples concrets, fournit néanmoins des informations utiles en ce qui concerne la conception et/ou la performance des turbomachines).

**Connaissances préalables recommandées**

(Il est recommandé de maîtriser la mécanique des fluides, les outils mathématiques : dérivation, différentiation, l’intégration).

**Contenu de la matière :**

* + - 1. **LA CONDUCTION**

- Régime stationnaire. - ailettes à section variable. - régime transitoire.

* + - 1. **LA CONVECTION**

- Principes fondamentaux, couche limite thermique laminaire convection forcée, convection forcée à l’intérieur d’un tube, convection libre)

1. **LE RAYONNEMENT**

- Echange entre surfaces noires, échange entre surfaces grises. - rayonnement entre surfaces séparées par un milieu absorbant.

1. **TRANSFERT DE MASSE**

- Lois et formulation, transfert de masse en présence de changement de phase. - Diffusion de la masse en l’absence et en présence de réactions chimiques. **-** Applications pratiques

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Transfert thermique, Ana-Maria BIANCHI, Yves FAUTRELLE, Jacqueline ETAY, Agence universitaire de la francophonie, Presses polytechniques et universitaires*

*romandes (2004).*

1. *Introduction aux transferts thermiques, Jean-Luc Battaglia, Andrzej Kusiak, Jean Rodolphe Puiggali, Dunod, Paris (2010).*
2. *Heat Transfer: A Practical Approach, Yunus A. Cengel, Mcgraw-Hill; 2èmeÉdition, (2002).*
3. *Sparrow E.M., Cess R.D. Radiation heat transfer , Mac Graw Hill, 1978.*
4. *Franck P. Incropera, David P. De. Witt. Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Ed John Wiley & Son 1990.*
5. *Jean-François Saccadura. Initiation aux transferts thermiques, Ed. Lavoisier, Paris 1993.*
6. *Hans Dieter Baehr · Karl Stephan. Heat and Mass Transfer.*
7. *Jean Taine et Jean-Pierre Petit. Transferts thermiques ., éd. Dunod, Paris 1995*
8. *André B. De Vriendt. La transmission de la chaleur . vol.1, tome 1: Généralités . La conduction, éd. Gaëtan Morin, 1982.*
9. *Taine J., Petit J.-P.Transferts thermiques, cours et données de base, Dunod, 1995.*
10. *Whitaker S. Fundamental principles of heat transfer, Robert E. Krieger Publishing Company Inc, 1983.*
11. *Wong H.Y. Heat transfer for engineers, Longman, 1977.*

**Semestre : 3**

**VHS: 45h00 (cours: 3h00, TD: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Fondamentale UEF 1.3.1**

**Intitulé de la matière : Aéroélasticité.**

**Crédits : 6**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement**

(L’aéroélasticité concerne l’étude des phénomènes physiques qui résultent de l’interaction

entre forces aérodynamiques, élastiques et d’inertie : lorsque pour une raison quelconque, une structure mécanique, comme par exemple les ailes d’un avion ou un pont, se déforme ou se déplace au sein d’un écoulement, les forces aérodynamiques qu’elle subit varient et modifient en retour la géométrie et le champ de vitesses de cette structure. Etudes analytiques des phénomènes fondamentaux d'aéroélasticité).

**Connaissances préalables recommandées**

(Cours d'aérodynamique, de résistance des matériaux et des vibrations).

**Contenu de la matière :**

1. **ETUDE DES PHENOMENES FONDAMENTAUX D’AEROELASTICITE STATIQUE**

- Divergence d’une aile d’avion. - Efficacité de contrôle et inversion de commandes (gouvernes)

1. **ETUDE DES PHENOMENES FONDAMENTAUX D’AEROELASTICITE DYNAMIQUE**

- Flottement « classique ». - Flottement à un degré de liberté. -Flottement supersonique de panneau, ... - Introduction au test de flottement en vol.

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. *R. Bisplingho and H. Ashley and R. L. Halfman. Aeroelasticity., Dover Publications, 1955*
2. *R. Bisplingho and H. Ashley. Principles of Aeroelasticity. Dover Publications, 1962*
3. *Fung Y.C. An Introduction to the Theory of Aeroelasticity. Dower, 1969.*
4. *Dowell. E.H., Crawley E.F., Curtiss Jr. H.C., Peters D.A., Scanlan: R.H., and Sisto F.A. A Modern Course in Aeroelasticity: Kluwer Academic Publishers, 3rd Edition, 1995.*
5. *Jan R. Wright, Jonathan E. Cooper. Aeroelasticity and Loads, John Wiley & Sons Ltd, 2007.*

**Semestre : 3**

**VHS: 45h00 (cours: 1h30, TD: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Fondamentale UEF 1.3.2**

**Intitulé de la matière : Aéro acoustique et turbulence.**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement**

(Ce cours est consacré aux fondements de l’aéroacoustique, science du bruit d’origine aérodynamique. De nombreuses applications sont détaillées, dans différents domaines liés aux problèmes aérodynamiques jets libres subsoniques et supersoniques,...).

**Connaissances préalables recommandées**

(Cours d'aérodynamique, de résistance des matériaux et des vibrations).

**Contenu de la matière :**

1. initiation a la turbulence

- Introduction, ordres de grandeur, description physique.- Approche statistique: équations de Navier-Stokes moyennées.- Dynamique du tourbillon.

1. Introduction à l’Acoustique
2. Equations et Résolution de l’Acoustique linéaire.
3. Intensité acoustique et niveaux sonores.
4. Equations de base de l’Aéroacoustique (Acoustique non linéaire)
5. Quelques exemples sur le bruit aérodynamique.
6. Contrôle passif et actif du bruit.
7. Certification acoustique Réglementations O.A.C.I sur le bruit

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Dowling, A.P. & Ffowcs Williams, J.E. , 1983, Sound and sources of sound, John Wiley & Sons.*
2. *Jensen, F.B., Kuperman, W.A., Porter, M.B. & Schmidt, H., 1994, Computational ocean acoustics, AIP Press, New York.*
3. *Crighton, D.G., Dowling, A.P., Ffowcs Williams, J.E., Heckl, M. & Leppington, F.G., 1992, Modern methods in analytical acoustics, Springer-Verlag, London.*
4. *Goldstein, M.E. , 1976, Aeroacoustics, McGraw-Hill.*
5. *Howe, M.S., 1998, Acoustics of fluid-structure interactions, Cambridge University Press, Cambridge.*

*.*

**Semestre : 3**

**VHS: 45h00 (cours: 1h30, TD: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Fondamentale UEF 1.3.2**

**Intitulé de la matière : Ecoulements compressibles et supersoniques.**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement** :

(Le cours est consacré aux écoulements où les phénomènes de compressibilité ne sont plus négligeables. L'étude sera menée pour les fluides non visqueux et repose sur l'exploitation soignée des équations de bilan (masse, quantité de mouvement, énergie et entropie)
Le passage d'un bilan sous forme globale à une écriture locale permet en cas de présence dans le domaine de surfaces de discontinuités, de dégager clairement les relations de sauts qui relient les grandeurs thermomécaniques de part et d'autre des lieux de discontinuités.
L'approximation acoustique, les écoulements unidimensionnels, continus ou non, les chocs (droit, oblique) seront abordés).

 **Connaissances préalables recommandées :**

(Il est recommandé de maîtriser l’aérodynamique, la mécanique des fluides, les bases de thermodynamique).

**Contenu de la matière:**

1. Ecoulements compressibles, lois de bilans **(3 semaines)**
2. Acoustique linéaire, vitesse du son
3. Ecoulements compressibles unidirectionnels: La tuyère de Laval **(4 semaines)**
4. Ecoulements compressibles unidirectionnels instationnaires : la méthode des caractéristiques.
5. Problèmes de pistons.
6. Ecoulements compressibles unidirectionnels: le choc droit. **(4 semaines)**
7. Ecoulements compressibles unidirectionnels: le choc droit ‘Le tube à choc.’
8. Ecoulements compressibles stationnaires: le choc oblique
9. La détente de Prandtl Meyer.
10. Profils minces **(4 semaines)**
11. Applications profils minces

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. *A. SELLIER, Introduction aux écoulements compressibles et aux fuides hétérogènes", Les Editions de l'Ecole Polytechnique, (2001).*
2. *A. SELLIER, Aérodynamique compressible", Polycopie de l'Ecole Polytechnique, (2004).*
3. *Anderson, Mc Graw Hill, Hypersonic and High Temperature Gas Dynamics, (1989)*
4. *Courant R. and Fiedrichs, K.O, Supersonic Flow and Shock Waves, (1948). Macmillan, New York.*
5. *N.A. Cumpsty. Compressor Aerodynamics. Krieger Publishing Company, (2004.)*
6. *J.D. Anderson, Mc Graw Hill, Modern Compressible Flow. (2003).*

**Semestre : 3**

**VHS: 37h30 (Cours: 1h30, TP: 1h00)**

**Intitulé de l’UE : Méthodologique UEM 1.3**

**Intitulé de la matière : TP Transfert de chaleur.**

**Crédits : 3**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de l’enseignement** :

(Illustrer pratiquement le transfert de chaleur et de masse, Mesures et exploitations des résultats).

 **Connaissances préalables recommandées :**

(Il est recommandé de maîtriser le transfert de chaleur, Outils mathématiques : dérivation, différentiation, géométrie plane).

**Contenu de la matière:**

**T.P. N°1 :** Conduction thermique (étude de la conduction la longue d’une barre simple, d’une barre compose, étude de la conductivité thermique d’un isolant, étude de la conduction radiale).

**T.P. N°2 :** Convection thermique (détermination du coefficient du transfert de chaleur en convection naturelle et en convection forcée ainsi que l’influence de la surface d’échange sur le h: utilisation de l’ailette rectangulaire, cylindrique).

**T.P. N°3 :** Rayonnement thermique (loi de Stefann Boltzman, loi de carree inverse, loi de Cisinus de Lambert.....

**T.P. N°4 :** Echangeur de chaleur : détermination de performance d’un échangeur concentrique en circulation co-courant et contre courant

**T.P. N°5 :** Tour de refroidissement : Transfert de chaleur et de masse.

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *100%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Franck P. Incropera, David P. De. Witt « Fundamentals of Heat and Mass Transfer », Ed John Wiley & Son 1990.*
2. *Jean-François Saccadura « Initiation aux transferts thermiques », Ed. Lavoisier, Paris 1993.*
3. *Livres et polycopiés existants au niveau des laboratoires pédagogiques et recherches (Laboratoire* ***Thermique****, Laboratoire* ***MDF****, Laboratoire* ***Aérodynamique****, Laboratoire de recherche* ***LESEI****) et des bibliothèques du département.*
4. [*http://www.tecquipment.com/Thermodynamics/Heat\_Transfer.aspx?page=1*](http://www.tecquipment.com/Thermodynamics/Heat_Transfer.aspx?page=1)
5. [*http://www.deltalab-smt.com/teaching-energetics/heat-exchanges*](http://www.deltalab-smt.com/teaching-energetics/heat-exchanges)
6. *Sites Internet.*

**Semestre : 3**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Méthodologique UEM 1.3**

**Intitulé de la matière : Essais non destructifs.**

**Crédits : 2**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement** :

(-Connaissances et utilisation des principales techniques de contrôle non destructif ,

-connaissances de normes et procédures de qualité,

-acquisition des compétences nécessaires à la construction de la haute fiabilité des systèmes,

-prévisions de durée de vie. Intégration de ces notions pour le développement de la sécurité).

 **Connaissances préalables recommandées :**

(Il est recommandé de maîtriser l’instrumentation et équipement de bord, traitement du signal).

**Contenu de la matière:**

- Définitions du contrôle non destructif

- Techniques des Ultrasons

- Techniques des courants de Foucault

- Techniques de magnétoscopie

- Techniques des courants de ressuage

- Rayon X

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *100%*.

**Références bibliographiques**:

# *Essais non destructifs. Thermographie infrarouge. Vocabulaire relatif a la caracterisation de l'appareillage. Nf a09-400, 1991*

# *Facteurs humains et fiabilite. Quelles demarches pratiques ?* [*Frederic mosneron-dupin*](http://www.decitre.fr/recherche/resultat.aspx?recherche=refine&auteur=Fr%u00e9d%u00e9ric+Mosneron-Dupin) *,* [*rene amalberti*](http://www.decitre.fr/recherche/resultat.aspx?recherche=refine&auteur=Ren%u00e9+Amalberti) *, 1997 editeur :* [*octares*](http://www.decitre.fr/recherche/resultat.aspx?recherche=refine&editeur=Octares)

# *Fiabilite en exploitation,* [*ligeron jean-claude,*](http://www.lavoisier.fr/fr/livres/index.asp?togo=detail.asp%3Ftexte%3D282272%26action%3Dnew%26select%3Dauteur) [*lyonnet patrick*](http://www.lavoisier.fr/fr/livres/index.asp?togo=detail.asp%3Ftexte%3D268701%26action%3Dnew%26select%3Dauteur)*, 1992 , 2° edition (2 volumes inseparables) , broche*

# [*Le management des grands contrats : prise en compte des aspects qualite et surete de fonctionnement en 3 volumes*](http://www.lavoisier.fr/fr/livres/not2.asp?id=3SAR3OGXKLROEJ&rec=oui&pos=0&referer=%2Ffr%2Fdetail.asp%3Faction%3Dcurrent)*, auteur(s)* [*ligeron jean-claude*](http://www.lavoisier.fr/fr/livres/detail.asp?texte=282272&action=new&select=auteur) *1988 broche*

# *Fiabilite en mecanique, auteur(s)* [*ligeron jean-claude*](http://www.lavoisier.fr/fr/livres/detail.asp?texte=282272&action=new&select=auteur) *, broche*

# [*Les outils de la qualite totale (2°ed.)*](http://www.lavoisier.fr/fr/livres/not2.asp?id=3SAF3ONXX62OTP&rec=oui&pos=2&referer=%2Ffr%2Fdetail.asp%3Faction%3Dcurrent)[*Lyonnet patrick*](http://www.lavoisier.fr/fr/livres/detail.asp?texte=268701&action=new&select=auteur) *1991. Broche*

**Semestre : 3**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Méthodologique UEM 1.3**

**Intitulé de la matière : Conception des aéronefs.**

**Crédits : 2**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement:**

La conception des aéronefs spécifique au Master Propulsion aéronautique a pour objectif de former les étudiants à la maitrise du logiciel de CAO 3D SOLIDWORKS ou CATIA.

Les parties de la formation :

* La modélisation de pièces avancée apprend aux étudiants à utiliser la fonctionnalité de volumes à corps multiples, les fonctions de lissage et de balayage et les fonctionnalités SolidWorks les plus avancées pour la définition des formes complexes.
* La formation modélisation de surfaces avancée apprend aux étudiants à utiliser les fonctions de surfaces pour créer des pièces complexes.

**Connaissances préalables recommandées:**

Formation SOLIDWORKS de base ou CATIA

**Contenu de la matière:**

1. **COMPRENDRE LES SURFACES**  **(1 semaine)**

Surface extrudé, surface plane, restreindre une surface, surface cousue.

1. **INTRODUCTION A LA GESTION DE SURFACES**  **(1 semaine)**

Surface avec révolution, surface balayée, surface rayonnée, Prolongé une surface.

1. **REPARATION ET MODIFICATION DE LA GEOMETRIE IMPORTEE**   **(1 semaine)**

Importer les données et réglage des options d’import, Réparer et modifier une géométrie importée,

1. **TECHNIQUES AVANCEES DE MODELISATION DES SURFACES**  **(2 semaines)**

Surfaces réglées, Lissage de surfaces, Analyse de déviation entre deux surfaces.

1. **ESQUISSE AVEC LES SPLINES**  **(2 semaines)**

Spline et outils de spline, Evaluation des champs de courbure, Polygone de contrôle, Poignées de spline Analyse d’une géométrie volumique, courbure, Zébrures, Spline de style, Ajuster la spline

1. **TECHNIQUES DE CONCEPTION DE CORPS MULTIPLES** **(3 semaines)**

Techniques de modélisation de volumes à corps multiple, Insérer une pièce dans une autre, Répétition de corps, déplacer copier les corps, Combiner les corps volumiques, Embouti, Suppression d’un corps,   Opération localisées sur un corps.

1. **INTRODUCTION AU BALAYAGE** **(2 semaines)**

Composants requise pour le balayage, Balayage avec des courbes guides, Relation point de rencontre, Sélection manager.

1. **CONCEPTION 3D D’UN AERONEF** **(3 semaines)**

Application des différentes techniques de modélisation afin de faire une conception d’un aéronef complet ou d’un élément (aube, coque, Aile, fuselage,roue…)

**Mode d’évaluation:**

Contrôle continu : 100% .

**Références bibliographiques**:

1. *Site officiel du logiciel SolidWorks (consulter le Help)*
2. *Site officiel du logiciel CATIA (consulter le Help)*
3. [*http://perso.univ-lemans.fr/~fcalvay/projetsmnrv/model\_crash\_abaqus.htm*](http://perso.univ-lemans.fr/~fcalvay/projetsmnrv/model_crash_abaqus.htm)

**Semestre : 3**

**VHS: 22h30 (TP: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Méthodologique UEM 1.3**

**Intitulé de la matière : Ecoulements compressibles et supersoniques.**

**Crédits : 2**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement** :

(- Être capable d'identifier les notions du cours écoulements compressibles et supersoniques. dans des expériences,

* de produire des courbes de résultats expérimentaux convaincantes,
* d'interpréter les mesures et les observations).

**Connaissances préalables recommandées :**

(Il est recommandé de maîtriser l’aérodynamique, écoulements compressibles, la mécanique des fluides, les bases de thermodynamique).

**Contenu de la matière:**

**T.P. N°1 : SILLAGE**

Dans un tunnel aérodynamique, on étudie les régions de production de sillage provoquées par les dépressions de l'écoulement autour d'un cylindre **AF101** et ail d’avion NACA **AF102** à grand nombre de Reynolds. Des visualisations permettront d'établir la relation entre la taille de la poche de sillage d'air et le coefficient de traînée du cylindre.

**T.P. N°2 : AILE D'AVION**

On se propose de déterminer les caractéristiques d'un profil d'aile (traînée, portance et finesse) dans une soufflerie de type **AF100**. Pour ce faire, nous utiliserons successivement deux procédés. Une mesure globale des efforts à l'aide d'une balance aérodynamique deux axes en vue de tracer la polaire de l'aile. Pour une incidence déterminée, un relevé des pressions autour du profil afin de calculer les **Cx** et **Cz** dus aux seuls efforts de pression.

**T.P. N°3 : COUCHE LIMITE LAMINAIRE ET TURBULENTE**

On relèvera des profils de vitesse dans une couche limite se développant sur une plaque plane placée dans une soufflerie **AF10, AF14**. On étudiera successivement les régimes laminaire et turbulent. Les différentes épaisseurs caractéristiques de la couche limite seront comparées aux épaisseurs théoriques déduites des approches de Blasius et de Prandtl.

**T.P. N°4 : TRAINEE D'UN OBSTACLE**

On s'intéresse à l'origine de la traînée aérodynamique pour un corps simplifié de voiture. Dans une soufflerie de type Eiffel, on mesure la pression autour du profil pour estimer les efforts sur le corps. On regarde comment ces grandeurs évoluent par des modifications de la géométrie du corps.

**T.P. N°5 : JET LAMINAIRE ET TURBULENT**

Technique de visualisation de jet dans les régimes laminaire, transitoire et turbulent. Une mesure locale de la vitesse par (tube de Pitot, anémométrie à fil chaud) est utilisée pour explorer l'écoulement, notamment pour mettre en évidence les propriétés de similitude des champs de vitesses, les modes périodiques de la transition et la gamme d'échelles inertielles de la turbulence développée.

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. [*http://www.tecquipment.com/#*](http://www.tecquipment.com/)
2. [*http://www.deltalab-smt.com/teaching-mechanical-engineering/fluid-mechanics-aerodynamics/aerodynamics/subsonic-suction-wind-tunnel-ea600*](http://www.deltalab-smt.com/teaching-mechanical-engineering/fluid-mechanics-aerodynamics/aerodynamics/subsonic-suction-wind-tunnel-ea600)
3. *Livres et polycopiés existants au niveau des laboratoires de pédagogique (Laboratoire MDF, Laboratoire Aérodynamique) et des bibliothèques du département et*
4. *Sites Internet et autres.*

**Semestre : 3**

**VHS: 22h30 (cours: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Transversale UET 1.3**

**Intitulé de la matière : Recherche documentaire et conception de mémoire.**

**Crédits : 1**

**Coefficients : 1**

**Objectif du cours:**

**Connaissances préalables recommandées:**

**Contenu de la matière :**

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : Examen : *100%*.

**Références bibliographiques**:

**Semestre : 1**

**Unité d’enseignement: (Panier au choix)**

**VHS: 22h30 (cours: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Découverte UED 1.1**

**Intitulé de la matière : traitement du signal.**

**Crédits : 1**

**Coefficients : 1**

**Objectif du cours:**

(Savoir étudier les signaux et les traiter, ce qui permettra d'étudier les vibrations dans les moteurs).

**Connaissances préalables recommandées:**

(Il est recommandé de maîtriser les outils mathématiques : dérivation, différentiation, les bases de l’électronique).

**Contenu de la matière :**

1. **Introduction au traitement du signal (6 semaines)**
2. Types de signaux: analogique, numérique, aléatoire, bruit ...
3. Représentations d'un signal: temporelle, complexe, fréquentielle, spectrale ...
4. Energie, puissance, corrélation, convolution ...
5. Principe d'un système de transmission de l'information...
6. Principe d'une chaîne d'acquisition et de traitement, des données...
7. Principe d'une chaîne de numérisation...
8. **Analyse spectrale: série de Fourier, transformée de Fourier, distribution..(8 semaines)**
9. Echantillonnage, quantification, théorème de Shannon ...
10. Transformée de Laplace, Transformée en Z ...
11. Transformée de Fourier numérique: TFD, FFT ...
12. Filtrage analogique: passif, actif ...
13. Filtrage numérique: FIR, IIR ...

Selon les moyens (temps, labo ...):

TP sur les filtres actifs à amplificateurs opérationnels

TP sur les filtres numériques (avec Matlab ou autre ...)

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : Examen : *100%*.

**Références bibliographiques**:

1. *BEKKA Rais El Hadi OPU Fondements du traitement du signal.*
2. *BELLOULATA Kamel OPU Introduction au traitement numérique du signal sous Matlab.*
3. *GAZIN J.F. Sescosem Filtres actifs.*
4. *BEAUFILS & RAMI Sybex Le filtrage numérique.*
5. *https://moodle.insa-rouen.fr/course/*
6. *http://www.rennes.supelec.fr/ren/perso/ghiet/TDS/*
7. *https://openclassrooms.com/courses/bases-de-traitement-du-signal*
8. *Bellanger M. Dunod, Traitement numérique du signal.*
9. *Picinbono B. Dunod, Théorie des signaux et des systèmes.*
10. *Cottet F. Dunod Traitement des signaux et acquisition de données....*

**Semestre : 1**

**Unité d’enseignement: (Panier au choix)**

**VHS: 22h30 (cours: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Découverte UED 1.1**

**Intitulé de la matière : Algorithmique et programmation.**

**Crédits : 1**

**Coefficients : 1**

**Objectif du cours:**

(-Acquérir les concepts de base du langage Fortran afin d'être capable d'écrire des s programmes de calcul et de maintenir des codes existants.

- Une fois consolidées par la pratique, ces notions permettent alors d'aborder avec profit le

cours Fortran F90).

**Connaissances préalables recommandées:**

(Il est recommandé de maîtriser les outils informatiques).

**Contenu de la matière :**

1. **Généralités**

-Qu'est-ce qu'un programme informatique ?. -Structure d’un programme. - Les éléments du langage Fortran. Les formats du code source fortran. –Compilation et exécution.

1. **Types, constantes et variables**

- Les types intrinsèques. - La représentation des types numériques.- Déclaration. - Les constantes. - Fonctions de conversion de type.

1. **Opérateurs et expressions**

-Boucles DO. - Construction SELECT-CASE.- Sous-programmes.

1. **Extensions tableaux**

- Les opérateurs numériques. - Les opérateurs de comparaison. - Les opérateurs booléens. -Opérateur de concaténation des chaînes de caractères.

1. **Structures de contrôle**

-Structures IF.- Structure SELECT CASE. -Structures de boucles. La structure BLOCK. - Autres instructions de contrôle.

1. **Entrées–sorties, fichiers**

-Introduction : entrées et sorties standard. - Généralités et terminologie. Instructions d’entrées-sorties. - Descripteurs de format.

1. **Procédures**

-Introduction. - Sous-programmes et fonctions. - Procédures internes et procédures externes. - Les modules. - Fonctionnalités avancées.

1. **Gestion mémoire et Tableaux**

-Opérations sur les tableaux. -Tableaux automatiques. -Tableaux dynamiques (ALLOCATABLE, profil différé)-

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : Examen : *100%*.

**Références bibliographiques**:

1. *ADAMS, BRAINERD, MARTIN, SMITH et WAGENER, Fortran 95 Handbook, MIT PRESS, 1997, (711 pages), ISBN 0-262-51096-0.*
2. *CHAMBERLAND Luc, Fortran 90 : A Reference Guide, Prentice Hall, ISBN 0-13-397332-8.*
3. *DELANNOY Claude, Programmer en Fortran 90 – Guide complet, Eyrolles, 1997, ISBN 2-212-08982-1.*
4. *DUBESSET M., VIGNES J., Les spécificités du Fortran 90, Éditions Technip, 1993, ISBN 2-7108-0652-5.*
5. *ELLIS, PHILLIPS, LAHEY, Fortran 90 Programming, Addisson-Wesley, 1994, ISBN 0-201-54446-6.*
6. *HAHN B.D., Fortran 90 for the Scientist & Engineers, Edward Arnold, London, 1994, ISBN 0-340-60034-9.*
7. *KERRIGAN James F., Migrating to Fortran 90, O’REILLY & Associates Inc., 1994,ISBN 1-56592-049-X.*
8. *LIGNELET P., Fortran 90 : approche par la pratique, Éditions Studio Image (série informatique), 1993, ISBN 2-909615-01-4.*
9. *LIGNELET P., Manuel complet du langage Fortran 90 et Fortran 95, calcul intensif et génie logiciel, Col. Mesures physiques,MASSON, 1996, ISBN 2-225-85229-4.*
10. [*http://www.pgroup.com/*](http://www.pgroup.com/)
11. [*http://www.idris.fr/data/cours/lang/fortran/fortran\_base/IDRIS\_Fortran\_cours.pdf*](http://www.idris.fr/data/cours/lang/fortran/fortran_base/IDRIS_Fortran_cours.pdf)
12. [*http://www.idris.fr/data/cours/lang/fortran/f90/IDRIS\_Fortran\_cours.pdf*](http://www.idris.fr/data/cours/lang/fortran/f90/IDRIS_Fortran_cours.pdf)

**Semestre : 2**

**Unité d’enseignement: (Panier au choix)**

**VHS: 22h30 (cours: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Découverte UED 1.2**

**Intitulé de la matière :** **Utilisation des Logiciels CFD.**

**Crédits : 1**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement:**

 (Ce cours a pour but de familiariser l’étudiant à des logiciel utilisées en aérodynamique ‘CFD’ et de l’initier à l’utilisation des codes commerciaux dans ce domaine. Ces outils sont incontournables pour le calcul de problèmes industriels et leur compréhension (Algorithmes numériques, maillage, stabilité, convergence,…).

**Connaissances préalables recommandées :**

 (Méthodes numériques, informatique, Mécanique des fluides et aérodynamique).

**Contenu de la matière :**

1. Modélisation par le pré-processeur **Gambit**, des géométries complexe 2D, 3D (Aile d’avion NACA, fuselage, chambre de combustion,…)
2. Application du **Solver Fluent** (Flux 2D, 3D, problème stationnaire ou instationnaire, écoulement derrière une marche descendante, écoulement autour des obstacles : Ail d’avion de type NACA, cylindre, écoulement compressible dans les tuyères converge-diverge...). **( semaines)**
3. Utilisation des logiciels CFD Open-source (Gratuit) : **GMESH**, **SATURNE**, **SALOME**.

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *100%*.

**Références bibliographiques**:

1. *John D. Anderson, JR. Computational Fluid Dynamics The Basics With Applications. (1995).*
2. *T.Cebeci J.RShao F. Kafyeke E. Laurendeau. Computational Fluid Dynamics for Engineers. (2000).*
3. *http://www.idris.fr/formations/mpi/*
4. *Fluent 5.4.8 Copyright 1999 Fluent Inc.*
5. [*http://www.tecplot.com/products/tecplot-360/*](http://www.tecplot.com/products/tecplot-360/)
6. [*http://www.originlab.com/*](http://www.originlab.com/)

**Semestre : 2**

**Unité d’enseignement: (Panier au choix)**

**VHS: 22h30 (cours: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Découverte UED 1.2**

**Intitulé de la matière : Carburants des avions et Pollution**

**Crédits : 1**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement**

(Le contenu de ce cours destiné aux étudiants de Master en technologie de l’aéronautique, complète les autres contenus de la formation de ce parcours , permet aux étudiants de compléter leurs connaissances dans le domaine aéronautique en ayant un aperçu des différents carburants utilisés en propulsion et particulièrement dans l’aéronautique, En outre un environnemental a été inclus pour prendre conscience aux étudiants des problèmes de pollution engendré par ces carburants qui sont d’actualité avec des projections vers l’avenir (nouveaux moteurs et nouveaux carburants).

**Connaissances préalables recommandées**

(Aucun pré-requis n’est demandé pour assimiler le contenu de ce module..).

**Contenu de la matière :**

1. **Les Carburants (3 semaines)**

**Prise de vue**

**Les essences**

-Propriétés physiques. - Chimiques & thermiques. - Définition des indices d'octane. - Types d'essences et leur Formulation. -Additifs de finition. -Les essences d’aviation,

**Le gazole**

-Propriétés physiques. - chimiques & thermiques. - l'indice de cétane. -Formulation du gazole. -Traitements complémentaires du gazole.

1. **Le carburéacteur Propriétés physiques, chimiques & thermiques (3 semaines)**

- Mode de combustion. - Caractéristiques exigées. - Formulation du carburéacteur.

1. **Les carburants lourds (2 semaines)**
2. **Les carburants et la protection de l'environnement (3 semaines)**

-Désulfuration des carburants. - Relations entre les caractéristiques des carburants et les émissions de polluants. -Les carburants et l'effet de serre. - Les carburants et la formation d'ozone troposphérique. - Recherche de nouveaux carburants peu polluants.- Le gaz de pétrole liquéfié. -Le gaz naturel« L'aquazole ». -Les biocarburants

1. **Normes ‘émissions et Systèmes de dépollution’. (4 semaines)**

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : Examen : *100%*.

**Références bibliographiques**:

1. *W. G. Dukek,* Aviation and Other Gas Turbine Fuels*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co,coll. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology,1992.*
2. *G. J. Bishop,*Aviation Turbine Fuels*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, coll. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry,2000.*
3. *Jean-Luc Goudet,*Le biocarburant pour avions décolle*, sur* [*http://www.futura-sciences.com*](http://www.futura-sciences.com/) *, Futura-Sciences,‎ novembre 2012**, H*[*oneywell’s UOP and PetroChina Produce Green Jet Fuel for China’s First Biofuel Flight*](http://www.uop.com/honeywells-uop-collaborate-petrochina-green-jet-fuel-production-china/)*sur UOP.com .*
4. *«Les biocarburants s'envolent»,* [*Air et Cosmos*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Air_et_Cosmos)*, No 2155, 16 janvier 2009*
5. *Paul Kuentzmann (*[*ONERA*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Office_national_d%27%C3%A9tudes_et_de_recherches_a%C3%A9rospatiales)*), «Les carburants alternatifs aéronautiques: Une solution pour le développement durable? », dans* [***La Lettre AAAF***](https://fr.wikipedia.org/wiki/La_Lettre_AAAF)*Côte d'Azur, no 172 janvier 2009,[PDF].*
6. *J,C, Guibert, Carburants et Moteurs , Ed Technip,*
7. *Automobiles et pollutionmoteurs  ,Ipp publications ,Ed technip.*

avgas: abréviation de aviation gasoline,

**Semestre : 2**

**Unité d’enseignement: (Panier au choix)**

**VHS: 22h30 (cours: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Découverte UED 1.2**

**Intitulé de la matière : Propulsion des fusées.**

**Crédits : 1**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement**

(Permettre aux étudiants de ce parcours d’avoir un aperçu de connaisseur dans le domaine de la propulsion spatiale qui est différent à plus d’un titre de la propulsion aéronautique qu’ils ont étudiée en licence. Une place importante a été donnée aux carburants qui sont eux aussi différents des carburants d’aviation).

**Connaissances préalables recommandées**

(Les connaissances de thermodynamique et de mécanique des fluides faciliteront la compréhension et particulièrement la thermodynamique). Mathématique appliqué

**Contenu de la matière :**

**Introduction**

1. **LES MOTEURS DE FUSEES (3 semaines)**
* Fusées à ergols liquides
1. Modes de propulsion chimique
2. Les principaux composants d’un moteur-fusée à propergols liquides
3. Moteurs SSME
* Fusées propelgols solides
1. **DEFINITION ET CALCUL DES PERFORMANCES (3 semaines)**
* Poussée et impulsion spécifique
* Accélération d’une fusée
* Performances d’un moteur-fusée
1. **THERMOCHIMIE DE LA CHAMBRE DE COMBUSTION (2 semaines)**
2. **ÉCOULEMENT AVEC REACTION CHIMIQUE DANS LA TUYERE (3 semaines)**
* Écoulement à l’équilibre chimique
* écoulement figé.
1. **CHOIX DES PROPERGOLS.** **(1 semaine)**
2. **AUTRES TYPES DE MOTEURS DE FUSEES. (1 semaine)**

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : Examen : *100%*.

**Références bibliographiques**:

* 1. *Théorie et applications de la thermodynamique, par Michael M. Abbott , série Schaum, éditions Mc Graw Hill*
	2. *Mechanics and thermodynamics of propulsion, par Philip Hill ,éditions Wesley*
	3. *Réacteurs - Fusées : les propulseurs à poudre, par J. Dardare, éditions ENSAE*
	4. *Principles of combustion, par Kenneth K. Kuo ,éditions John Wiley*
	5. *Encyclopédie libre Wikipedia o Sur le net : www.wikipedia.fr*

**Semestre : 3**

**Unité d’enseignement: (Panier au choix)**

**VHS: 22h30 (cours: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Transversale UET 1.2**

**Intitulé de la matière : Management et sécurisation des aéroports.**

**Crédits : 1**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement**

(Permettre aux étudiants de connaître la politique de sécurité et les normes sur la gestion de la sécurité et du risque).

**Connaissances préalables recommandées**

(Aucun pré-requis n’est demandé pour assimiler le contenu de ce module..).

**Contenu de la matière :**

1. **POLITIQUE DE SECURITE ET ORGANISATION** **(2 semaines)**

- Engagement et responsabilité de la direction. - Responsabilités des personnels. - encadrement en matière de sécurité. - Nomination du personnel affecté aux fonctions liées au SGS. - Plan de mise en œuvre du SGS. - Coordination de la planification des interventions d’urgence.

1. **GESTION DU RISQUE** **(2 semaines)**

-Processus de détermination des dangers. - Processus d’évaluation et d’atténuation du risque.

1. **ASSURANCE DU NIVEAU DE LA SECURITE (2 semaines)**

- Surveillance et mesure des performances en matière de sécurité. - La gestion du changement. - Amélioration continue du SGS.

1. **CULTURE DE LA SECURITE** **(3 semaines)**

-Formation et sensibilisation. - Communication interne en matière de sécurité. - échanges en matière de sécurité entre organismes de formation pn et autorite.

1. **Responsabilités de l’État en matière de gestion de la sécurité (3 semaines)**

-Programme national de sécurité. - Niveau acceptable de Performance de la Sécurité. - Supervision de la sécurité

1. **Système de gestion de la sécurité (3 semaines)**

- Aviation générale internationale—avions. - Collecte des données sur la sécurité. - Analyse des données sur la sécurité. - Protection des données sur la sécurité. - Échange des renseignements sur la sécurité

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : Examen : *100%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Arrêté du 20 mai 2011 relatif à la mise en oeuvre de systèmes de gestion de la sécurité pour les*
2. *organismes de formation de pilotes et l’instruction associée(ci-dessous [e]).*
3. *Guide de l'OACI publié sous référence n° 9859/AN 460, intitulé "Manuel de Gestion de la Sécurité*
4. *(MGS)" (http://www.icao.int/anb/safetymanagement/DOC\_9859\_FULL\_EN.pdf).*
5. *Cours de l’OACI sur les Systèmes de Gestion de la Sécurité (SMS)*
6. [*http://www.icao.int/anb/safetymanagement/training/training.html*](http://www.icao.int/anb/safetymanagement/training/training.html)
7. *OACI - Safety Management – Standards : http://www2.icao.int/en/ism/Pages/Standards.aspx*
8. *Instruction du 20 mai 2011 prise en application de l’arrêté du 20 mai 2011 relatif à la mise en œuvre de systèmes de gestion de la sécurité pour les organismes de formation de pilotes.*
9. *La loi n° 2011-020 du 27 Février 2011 portant Code de l’Aviation Civile et ses textes d’application afférents à la gestion de la sécurité (Programme National De Securite)*
10. *Annexes 1, 6, 8 11, 13 et 14 à la Convention de l’Aviation Civile Internationale, signée à Chicago le 7 décembre 1944.*
11. [*enna.dz | Etablissement National de la Navigation Aérienne*](http://www.enna.dz/)
12. [*Système de Gestion de la Sécurité (SGS)*](http://www.enna.dz/SGS.html)

**Semestre : 1**

**Unité d’enseignement: (Panier au choix)**

**VHS: 22h30 (cours: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Découverte UED 1.1**

**Intitulé de la matière : Mécanique des orbites.**

**Crédits : 1**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de cours :**

(L’objectif de ce module est d’initier l’étudiant avec la mécanique spatiale, la mécanique des orbites, l’astronomie et la mécanique des mouvements dans l’espace. La mécanique des orbites est liée particulièrement à la mécanique céleste qui a notamment pour but de prévoir les trajectoires des objets spatiaux tels que les fusées ou les engins spatiaux y compris les manœuvres orbitales, les changements de plan d'orbite et les transferts interplanétaires).

**Connaissances préalables recommandées :**

 (Opérations aériennes, Circulation et contrôle aériens).

**Contenu de la matière :**

**-**Introduction à la mécanique des orbites

-Historique de l’univers et lois de base des orbites.

-Théorie lunaire et interprétation des orbites

- Equation des trajectoires : Trajectoire Elliptique, Trajectoire Circulaire, Trajectoire Parabolique, Trajectoire Hyperbolique

-Détermination des trajectoires à partir des observations

-Système des coordonnées, Transformation des coordonnées

-Eléments fondamentaux d’une trajectoire

-Trajectoires à basse moyenne et haute altitude à base d’un observateur de radar

-Détermination du facteur temps

-Manœuvres de base d’une orbite

-Détermination de trajets de satellites proche de la terre

-Effet de la latitude et les perturbations

-Mécanique céleste et Gravitation des corps célestes

-Orbites : définitions, calcul et vitesses

-Orbites terrestres et Orbites des satellites

-Energie mécanique des satellites

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : Examen : *100%*.

**Références bibliographiques**:

* Livres et polycopiés existants au niveau des bibliothèques du département et des laboratoires de recherche **LESEI, Lamsm**
* Sites Internet.

**Semestre : 2**

**Unité d’enseignement: (Panier au choix)**

**VHS: 22h30 (cours: 1h30)**

**Intitulé de l’UE : Unité Découverte UED 1.2**

**Intitulé de la matière :** **Méthodes numériques2.**

**Crédits : 1**

**Coefficients : 1**

**Objectifs de l’enseignement**

().

**Connaissances préalables recommandées**

(Les connaissances de).

**Contenu de la matière :**

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : Examen : *100%*.

**Références bibliographiques**:

**Semestre : 3**

**Unité d’enseignement: (Panier au choix)**

**VHS: 45h00 (cours: 1h30, TD : 1h30)**

**Intitulé de la matière : Dynamique et Modélisation de la Turbulence.**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de cours :**

(L'objet de ce cours est de présenter un panorama des connaissances, des interrogations et des recherches actuelles concernant les écoulements turbulents).

**Connaissances préalables recommandées :**

 (CFD, Mécanique des fluides, Méthodes numériques, Mathématique appliqué).

**Contenu de la matière :**

1. **MODELISATION DE LA TURBULENCE EN VUE D’UNE APPLICATION A LA CFD**

 **(4 semaines)**

1. **EQUATIONS DE LA MECANIQUE DES FLUIDES (3 semaines)**
2. **MODELISATION DE LA TURBULENCE (4 semaines)**
3. **APPLICATION DE LA MODELISATION DE LA TURBULENCE A LA CFD (4 semaines)**

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Bailly, C., Comte-Bellot, G. (2003) Turbulence, CNRS Editions*
2. *Chassaing, P. (2000) La turbulence en mécanique des fluides, CEPADUES Editions.*
3. *Cousteix, J. (1989) Turbulence et couche limite, CEPADUES Editions*
4. *Huerre, P., Mécanique des fluides (MEC432), Ecole Polytechnique*
5. *Lesieur, M. (2008) Turbulence in fluids, 4th edition, Springer*
6. *Tennekes, H., Lumley, J.L. (1994) A \_rst course in turbulence, MIT Press*

**Semestre : 1**

**Unité d’enseignement: ()**

**VHS: 65h00 (cours: 1h30, TD : 1h30)**

**Intitulé de la matière : Mécanique des fluides approfondie.**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de cours :**

(L’objectif de ce module est d’initier l’étudiant avec la mécanique spatiale, la mécanique des orbites, l’astronomie et la mécanique des mouvements dans l’espace. La mécanique des orbites est liée particulièrement à la mécanique céleste qui a notamment pour but de prévoir les trajectoires des objets spatiaux tels que les fusées ou les engins spatiaux y compris les manœuvres orbitales, les changements de plan d'orbite et les transferts interplanétaires).

**Connaissances préalables recommandées :**

 (Opérations aériennes, Circulation et contrôle aériens).

**Contenu de la matière :**

1. **LOIS DE CONSERVATION (4 semaines)**

Tenseur des contraintes de Cauchy. - Formulations intégrale et différentielle des équations de la quantité de mouvement linéaire. - Loi de Stokes. - Formes conservatives et non conservatives des équations de Navier-Stokes et d’Euler.

1. **ÉCOULEMENTS INCOMPRESSIBLES VISQUEUX (4 semaines)**

Fluides Newtoniens et non-Newtoniens. -Équations de Navier-Stokes incompressibles. - Forme adimensionnelle. - Quelques solutions exactes. - Théorie de la couche limite.

1. **DYNAMIQUE DES ECOULEMENTS COMPRESSIBLES (4 semaines)**

Écoulements isentropiques unidimensionnels. - Équations d’Euler et de N-S compressibles sous forme conservative. - Jacobéennes des flux de convection.

1. **INTRODUCTION AUX ECOULEMENTS TURBULENTS (3 semaines)**

Équations de Navier-Stokes moyennées. - Couche limite turbulente : lois de paroi. - Modélisation de la turbulence : modèles à zéro, une et deux équations.

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Mc Graw-Hill Engineering, Viscous Fluid Flow, F. M. WHITE, 3rd Edition, USA, (2005).*
2. *Munson and Young, John Wiley, Fundamental of Fluid Mechanics, and Sons,5th edition, USA (2006)*
3. *Inge L. RYHMING, Dynamique Des Fluides, 2ème édition Presses Polytechniques et universitaires Romandes, France (2004).*
4. *Z.U.A. WARSI, Fluid Dynamics, Theoretical and Computational approaches, , 2nd edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, USA, (2005).*
5. *Bailly, C., Comte-Bellot, G. (2003) Turbulence, CNRS Editions*
6. *Chassaing, P. (2000) La turbulence en mécanique des fluides, CEPADUES Editions.*
7. *Cousteix, J. (1989) Turbulence et couche limite, CEPADUES Editions*
8. *Huerre, P., Mécanique des fluides (MEC432), Ecole Polytechnique*

**Semestre : 2**

**Unité d’enseignement: (Panier au choix)**

**VHS: 45h00 (cours: 1h30, TD : 1h30)**

**Intitulé de la matière : Initiation a la Turbulence.**

**Crédits : 4**

**Coefficients : 2**

**Objectifs de cours :**

 (L'objet de ce cours est de présenter un panorama des connaissances, des interrogations et des recherches actuelles concernant les écoulements turbulents).

**Connaissances préalables recommandées :**

 (Mathématique appliqué, Mécanique des fluides).

**Contenu de la matière :**

1. **DESCRIPTION STATISTIQUE DES ECOULEMENTS TURBULENTS (4 semaines)**

- Turbulence : illustration et tentative de définition. - Moyenne d'ensemble et corrélations. - moyenne et grandeurs macroscopiques. - Décomposition de Reynolds. - énergie cinétique et variance d'un scalaire passif. - Symétries, homogénéité et isotropie

1. **TURBULENCE ISOTROPE (3 semaines)**

Définition, observations expérimentales et numériques. - Analyse dimensionnelle, échelles caractéristiques et théorie de Kolmogorov. - Analyse spectrale et cascade d'énergie cinétique

1. **EFFETS LINEAIRES : TURBULENCE HOMOGENE CISAILLÉE (3 semaines)**

Définition et observations. - Analyse des mécanismes physiques rapides. - Lien avec la dynamique tourbillonnaire

1. **COUCHE LIMITE TURBULENTE (3 semaines)**

- Rappel : la couche limite laminaire. - La couche limite turbulente : un problème multi-échelles. - Analyse des lois de bilan statistique. - Analyse théorique classique du champ moyen turbulent. - Solutions analytiques approchées pour la couche limite turbulente

1. **MODELISATION STATISTIQUE DE LA TURBULENCE (2 semaines)**

**-** Problème de fermeture. - le modèle  - Fermetures algébriques

**Mode d’évaluation :**

Contrôle continu : *40%* ; Examen : *60%*.

**Références bibliographiques**:

1. *Bailly, C., Comte-Bellot, G. (2003) Turbulence, CNRS Editions*
2. *Chassaing, P. (2000) La turbulence en mécanique des fluides, CEPADUES Editions.*
3. *Cousteix, J. (1989) Turbulence et couche limite, CEPADUES Editions*
4. *Huerre, P., Mécanique des fluides (MEC432), Ecole Polytechnique*
5. *Lesieur, M. (2008) Turbulence in fluids, 4th edition, Springer*
6. *Tennekes, H., Lumley, J.L. (1994) A \_rst course in turbulence, MIT Press*