

PÉRIODE D'ACCRÉDITATION : 2016 / 2021

UNIVERSITÉ PAUL SABATIER

SYLLABUS MASTER

Mention Mécanique

M1 mécanique énergétique

<http://www.fsi.univ-tlse3.fr/>
<http://www.mecanique-energetique.ups-tlse.fr/>

2020 / 2021

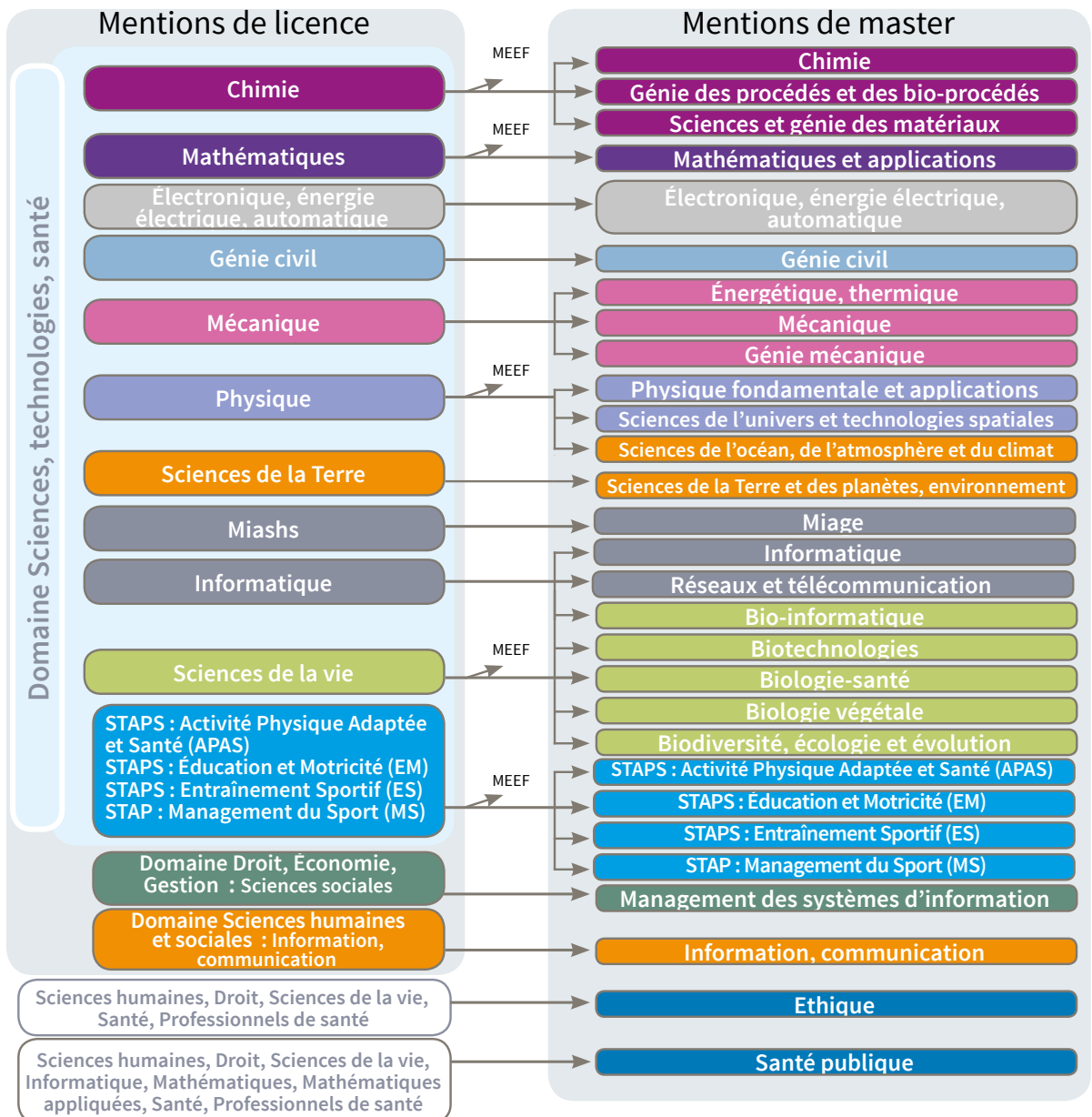
26 MAI 2021

SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| SCHÉMA ARTICULATION LICENCE MASTER | 3 |
| PRÉSENTATION | 4 |
| PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS | 4 |
| Mention Mécanique | 4 |
| Parcours | 4 |
| PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M1 mécanique énergétique | 4 |
| RUBRIQUE CONTACTS | 6 |
| CONTACTS PARCOURS | 6 |
| CONTACTS MENTION | 6 |
| CONTACTS DÉPARTEMENT : FSI.Méca | 6 |
| Tableau Synthétique des UE de la formation | 7 |
| LISTE DES UE | 9 |
| GLOSSAIRE | 36 |
| TERMES GÉNÉRAUX | 36 |
| TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES | 36 |
| TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS | 36 |

SCHÉMA ARTICULATION LICENCE MASTER

Articulation Licence - Master



PRÉSENTATION

PRÉSENTATION DE LA MENTION ET DU PARCOURS

MENTION MÉCANIQUE

La mention de master *Mécanique* propose une formation scientifique pluridisciplinaire dans les domaines de la mécanique des fluides et des solides, de l'énergétique et des transferts thermiques, en couvrant un large éventail de domaines d'application, depuis l'aéronautique, l'espace et les transports jusqu'à l'environnement, la santé, le bâtiment et le secteur de l'énergie. Les deux années de master permettent aux étudiants d'acquérir les compétences opérationnelles, scientifiques et techniques dans les domaines de la mécanique et de l'énergétique en maîtrisant à la fois les connaissances fondamentales (théories et concepts) du domaine et les méthodes (démarche et outils) à mettre en œuvre pour la résolution de problématiques issues de l'industrie ou de la recherche académique. Les diplômés ont accès à des postes d'ingénieur ou de cadre dans l'industrie, en bureau d'études ou en recherche et développement (R&D), ou poursuivent leur projet professionnel dans le cadre d'une thèse de doctorat avec en perspective les métiers de la recherche, dans un cadre académique (chercheur, enseignant-chercheur) ou industriel (ingénieur-chercheur, ingénieur R&D).

PARCOURS

Cette première année de Master de Mécanique-Energétique constitue un ensemble d'enseignements de mécanique, de mathématiques et de physique qui couvre un domaine scientifique pluridisciplinaire centré sur la mécanique. La part de la mécanique des fluides et des structures y est importante mais y figurent également l'énergétique, les méthodes de calcul scientifique et la simulation numérique.

PRÉSENTATION DE L'ANNÉE DE M1 MÉCANIQUE ÉNERGÉTIQUE

Le Département de Mécanique propose des formations professionnalisantes et généralistes préparant aux métiers de l'ingénieur et de la recherche. Elles sont centrées sur la mécanique des fluides et des structures, la thermique et l'énergétique. L'objectif est d'acquérir des compétences opérationnelles, scientifiques et techniques, en modélisation, en simulation numérique et en techniques expérimentales appliquées à des problématiques industrielles, environnementales, géophysiques ou relevant du vivant (santé, systèmes biologiques). Les formations proposées (Licence mention Mécanique et Master mention Mécanique et Energétique) ouvrent sur un spectre très large d'applications relevant des sciences fondamentales et appliquées dans les domaines de l'aéronautique, de l'espace, des transports, de la propulsion, de l'énergétique, de la santé et de l'environnement. Elles sont pilotées par le Département de Mécanique de l'Université Paul Sabatier. Certaines des spécialités de Master sont co-habilitées avec les écoles d'ingénieurs du site toulousain (INPT, ISAE-SUPAERO-ENSICA, ENSTIMAC, INSA). L'offre de formation a reçu de la part de l'Agence d'Evaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur (AERES) de très bonnes évaluations.

La mécanique et l'énergétique bénéficient d'un contexte régional industriel et de recherche très favorable. L'industrie aéronautique dans la région Midi-Pyrénées représente une vingtaine de constructeurs et d'équipementiers (20 000 salariés directs) et près de 550 établissements régionaux. Implanté dans la région, le pôle de compétitivité « Aéronautique, espace et systèmes embarqués » comprend plusieurs dizaines de laboratoires de recherche dont l'IMFT (Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse) duquel sont membres la plupart des enseignants-chercheurs du Département, est l'élément essentiel pour la recherche en mécanique des fluides. C'est le premier pôle national d'enseignement supérieur dans son domaine d'activité avec près d'un tiers des effectifs du secteur aéronautique en France. La région est aussi l'un des pôles européens de la recherche spatiale (Alcatel, Astrium, CNES, ONERA et près de 200 sociétés régionales) et accueille le pôle de compétitivité « Cancer Bio-Santé » qui regroupe des industries pharmaceutiques (Fabre, Sanofi) et plusieurs dizaines de laboratoires de recherche. En-

fin, l'environnement n'est pas en reste. La région toulousaine regroupe en effet plus de 20 laboratoires liés aux sciences de l'environnement à travers le pôle régional « Terre vivante et espace » (800 chercheurs et 450 doctorants), dont une grande partie est par ailleurs fédérée au sein de l'observatoire de Midi-Pyrénées (OMP). Les formations du Master mention « Mécanique et Energétique » sont historiquement adossées à un fort potentiel de recherche bien implanté sur le site toulousain avec, en premier lieu, l'IMFT (UMR 5502 CNRS/INP/UPS, classé A+) et l'Institut de Mathématiques de Toulouse (UMR 5219, CNRS / INSA / UT1 / UT2 / UPS, classé A+). La qualité des interactions avec d'autres disciplines est garantie par les liens d'enseignement (ISAE-ENSAE/ENSICA, INPT-N7, ENAC, Ecole Nationale de la Météorologie, STAPS) et par des liens de recherche fondamentales ou appliquées à travers les laboratoires de recherche mixte (UMR), l'ONERA ou encore le CERFACS (centre d'études et de recherches européen).

RUBRIQUE CONTACTS

CONTACTS PARCOURS

RESPONSABLE M1 MÉCANIQUE ÉNERGÉTIQUE

LO JACONO David

Email : david.lojacono@imft.fr

Téléphone : 6795

MASI Enrica

Email : enrica.masi@imft.fr

Téléphone : 8226

SCHULLER Thierry

Email : Thierry.Schuller@imft.fr

BERGEON Alain

Email : abergeon@imft.fr

SECRÉTAIRE PÉDAGOGIQUE

BERGOGLIO Sarah

Email : sarah.bergoglio@univ-tlse3.fr

CONTACTS MENTION

RESPONSABLE DE MENTION MÉCANIQUE

BERGEON Alain

Email : abergeon@imft.fr

CONTACTS DÉPARTEMENT: FSI.MÉCA

DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT

FERRERO Jean-François

Email : jean-francois.ferrero@univ-tlse3.fr

SECRETARIAT DU DÉPARTEMENT

BOUTEILLIER Catherine

Email : amig11@adm.ups-tlse.fr

Téléphone : 0561556992

Université Paul Sabatier

118 route de Narbonne

31062 TOULOUSE cedex 9

TABLEAU SYNTHÉTIQUE DES UE DE LA FORMATION

| page | Code | Intitulé UE | ECTS | Obligatoire Facultatif | Cours | Cours-TD | TD | TP | TP DE | Projet | Stage | Stage ne |
|-------------------------|----------|--|------|---------------------------|-------|----------|----|----|-------|--------|-------|----------|
| Premier semestre | | | | | | | | | | | | |
| 10 | EMMKT1AM | MATHÉMATIQUES POUR LA MÉCANIQUE | 6 | O | 24 | | 36 | | | | | |
| ?? | EMMKT1BM | MÉCANIQUE DES FLUIDES | 6 | O | | | | | | | | |
| ?? | EMMKT1B1 | Mécanique des fluides | | | 24 | | 24 | | 6 | | | |
| ?? | EMMKT1B2 | Mécanique des fluides numérique | | | | | | 9 | | | | |
| 13 | EMMKT1CM | MÉCANIQUE DES SOLIDES | 6 | O | 24 | | 24 | | 6 | | | |
| 14 | EMMKT1DM | ENERGÉTIQUE ET TRANSFERTS | 6 | O | 24 | | 24 | | 6 | | | |
| 15 | EMMKT1EM | MÉTHODES NUMÉRIQUES | 6 | O | 24 | | 24 | 20 | | | | |
| 16 | EMMKT1TM | STAGE FACULTATIF | 3 | F | | | | | | | | 0,5 |
| Second semestre | | | | | | | | | | | | |
| ?? | EMMKT2AM | APPROFONDISSEMENTS | 15 | O | | | | | | | | |
| ?? | EMMKT2A1 | Ondes et turbulence | | | 18 | | 24 | | 6 | | | |
| ?? | EMMKT2A2 | Modélisation des structures | | | 18 | | 24 | | 6 | | | |
| ?? | EMMKT2A3 | Energétique avancée | | | 18 | | 24 | | 6 | | | |
| ?? | EMMKT2BM | COLORATION | 3 | O | | | | | | | | |
| ?? | | Choisir 1 sous-UE parmi les 4 sous-UE suivantes : | | | | | | | | | | |
| ?? | EMMKT2B1 | Ecoulements géophysiques | | | | | 30 | | | | | |
| ?? | EMMKT2B2 | Instabilités et systèmes dynamiques | | | | | 30 | | | | | |
| ?? | EMMKT2B3 | Simulation numérique | | | | | 30 | | | | | |
| ?? | EMMKT2B4 | Physique du vivant | | | | | 30 | | | | | |
| ?? | EMMKT2CM | OUVERTURE | 3 | O | | | | | | | | |
| ?? | | Choisir 1 sous-UE parmi les 4 sous-UE suivantes : | | | | | | | | | | |
| ?? | EMMKT2C1 | Aérodynamique | | | | | 30 | | | | | |
| ?? | EMMKT2C2 | Milieux poreux | | | | | 30 | | | | | |
| ?? | EMMKT2C3 | Mécanique des phénomènes aléatoires | | | | | 30 | | | | | |
| ?? | EMMKT2C4 | Combustion | | | | | 30 | | | | | |
| ?? | EMMKT2DM | IMMERSION | 6 | O | | | | | | | | |
| ?? | EMMKT2D1 | Projet recherche | | | | | | | | 75 | | |

| page ?? | Code | Intitulé UE | ECTS | Obligatoire Facultatif | Cours | 12 Cours-TD | TD | TP | TP DE | Projet | Stage | Stage ne |
|--|----------|---------------------------|------|---------------------------|-------|----------------|----|----|-------|--------|-------|----------|
| | EMMKT2D2 | Conférences | | | | | | | | | | |
| Choisir 1 UE parmi les 4 UE suivantes : | | | | | | | | | | | | |
| 31 | EMMKT2VM | ANGLAIS | 3 | O | | | 24 | | | | | |
| 32 | EMMKT2WM | ALLEMAND | 3 | O | | | 24 | | | | | |
| 33 | EMMKT2XM | ESPAGNOL | 3 | O | | | 24 | | | | | |
| 34 | EMMKT2YM | FRANÇAIS GRANDS DÉBUTANTS | 3 | O | | | 24 | | | | | |
| 35 | EMMKT2ZM | ANGLAIS GRANDS DÉBUTANTS | 0 | F | | | 24 | | | | | |
| ?? | EMMKT2EM | INITIATION JURIDIQUE | 3 | F | | | 24 | | | | | |

LISTE DES UE

| | | | |
|-----------------|--|---------------|--------------------------------|
| UE | MATHÉMATIQUES POUR LA MÉCANIQUE | 6 ECTS | 1^{er} semestre |
| EMMKT1AM | Cours : 24h , TD : 36h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

VAN COSTENOBLE Judith

Email : vancoste@math.univ-toulouse.fr

Téléphone : (poste) 88.55

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Etude des méthodes mathématiques fondamentales pour la résolution des problèmes issus de la thermomécanique des milieux continus.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Introduction aux espaces de Hilbert : généralités sur les espaces préhilbertiens, inégalité de Cauchy-Schwarz.

Espaces de Hilbert, Théorème de Lax-Milgram.

Modèles Stationnaires :

- Espaces de Sobolev et formulation variationnelle de problèmes stationnaires.
- Quelques méthodes de résolution (fonction de Green, séparation des variables)

Modèles d'évolution

- Résolution des EDP d'ordre un par la méthode des caractéristiques
- L'équation des ondes avec et sans source, réflexion des ondes.
- L'équation de la chaleur avec et sans source, cas du demi axe.

Propriétés qualitatives des problèmes aux dérivées partielles

- Vitesse de propagation
- Propriétés de conservation

PRÉ-REQUIS

Topologie de R^n , dérivation des fonctions à plusieurs variables, dérivation au sens des distributions.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- G. Allaire : *Analyse numérique et optimisation*.
- J. D. Logan : *Applied partial differential equations*.
- W. A. Strauss : *Partial differential equations*.

MOTS-CLÉS

Equations aux dérivées partielles, formulation variationnelle, méthode des caractéristiques, de séparation des variables, transformations intégrales.

| | | | |
|-----------------|-------------------------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | MÉCANIQUE DES FLUIDES | 6 ECTS | 1^{er} semestre |
| EMMKT1BM | Cours : 24h , TD : 24h , TP DE : 6h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MOULIN Frédéric
 Email : moulin@imft.fr

Téléphone : 0534325816

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Analyser un problème d'hydrodynamique, savoir énoncer les bonnes hypothèses simplificatrices, et mettre en œuvre la bonne méthode de résolution. Comprendre les concepts fondamentaux d'écoulement potentiel, de vorticité et de couche limite.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Ecoulements potentiels : développement multipolaire, transformations conformes, forces sur un obstacle, théorie des ailes.
- Couche limite laminaire : équations de Prandtl, couches limites de Blasius et de Falkner-Skan, méthode intégrale de résolution, décollement.
- Vorticité : advection et diffusion, équation de Helmholtz, dynamique des tourbillons.
- Ecoulements en rotation : écoulement géostrophique, théorème de Taylor-Proudman.

PRÉ-REQUIS

Notions élémentaires de mécanique des fluides, analyse dimensionnelle, écoulements visqueux et écoulements inertiels.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- E. Guyon, J.-P. Hulin & L. Petit : *Hydrodynamique physique*. EDP Sciences/CNRS Editions (2001).

| | | | |
|-----------------|------------------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | MÉCANIQUE DES FLUIDES | 6 ECTS | 1^{er} semestre |
| EMMKT1BM | TP : 9h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MOULIN Frédéric
Email : moulin@imft.fr

Téléphone : 0534325816

| | | | |
|-----------------|-------------------------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | MÉCANIQUE DES SOLIDES | 6 ECTS | 1^{er} semestre |
| EMMKT1CM | Cours : 24h , TD : 24h , TP DE : 6h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ESTIVALEZES Erik

Email : Erik.Estivalezes@imft.fr

SWIDER Pascal

Email : pascal.swider@univ-tlse3.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Parallèlement à la présentation traditionnelle des problèmes de la mécanique des solides déformables (élasticité et RDM), l'accent est mis sur l'utilisation des méthodes basées sur une approche énergétique permettant de calculer des solutions exactes voire approchées.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Résistance des matériaux :

- Flexion déviée, complément sur le cisaillement.
- Sollicitations composées, flambement.
- Méthodes énergétiques, théorèmes de Castigliano et de Ménabréa.
- Méthodes des déplacements pour des structures simples.
- Matrices de raideurs pour des systèmes discrets.

Dynamique des vibrations linéaires :

- Mise en équation des systèmes continus.
- Calcul des modes et pulsations propres, propriétés des modes.
- Approche par Rayleigh-Ritz.
- Réponse dans la base modale et méthodes d'intégration pas-à-pas.

Notions sur les systèmes dynamiques non linéaires.

Introduction à l'étude du comportement statique des plaques et des coques.

PRÉ-REQUIS

Mécanique des milieux continus, élasticité linéaire.

MOTS-CLÉS

Méthodes énergétiques, sollicitations composées dans les milieux curvilignes, flambement, dynamique des vibrations, plaques et coques.

| | | | |
|-----------------|-------------------------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | ENERGÉTIQUE ET TRANSFERTS | 6 ECTS | 1^{er} semestre |
| EMMKT1DM | Cours : 24h , TD : 24h , TP DE : 6h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BEDAT Benoit
 Email : bedat@imft.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Modélisation physique et mise en œuvre des méthodes fondamentales de résolution des problèmes de transfert de chaleur. Illustration sur des exemples simples et concrets des différents modes de transferts et leur couplage.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Conduction thermique en régime variable
- Convection forcée, naturelle et mixte en régime laminaire
- Rayonnement thermique : échanges radiatifs entre surfaces diffuses.

PRÉ-REQUIS

Equations de la chaleur, notion de résistance thermique, coefficient d'échange, angle solide, Luminance, Emittance, Eclairage, rayonnement du corps noir

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- J. Taine & J.P. Petit : *Transferts thermiques - mécanique des fluides anisothermes*. Dunod (1998).
- A. Giovannini & B. Bédât : *Transfert de Chaleur*. Cépadués (2003)

MOTS-CLÉS

Couplage convectif, diffusion thermique, échanges radiatifs

| | | | |
|-----------------|-----------------------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | MÉTHODES NUMÉRIQUES | 6 ECTS | 1^{er} semestre |
| EMMKT1EM | Cours : 24h , TD : 24h , TP : 20h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BERGEON Alain

Email : abergeon@imft.fr

BESSE Christophe

Email : Christophe.Besse@math.univ-toulouse.fr

Téléphone : 7587

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Présenter les méthodes et algorithmes numériques les plus utilisées pour la résolution des équations de la mécanique dans les applications des sciences de l'ingénieur.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Problèmes elliptiques, paraboliques, hyperboliques
- Méthode des éléments finis
- Calcul numérique des valeurs et vecteurs propres
- Inversion des systèmes linéaires par méthodes de gradient
- Méthodes des différences finies appliquées aux problèmes 2D et 3D

PRÉ-REQUIS

Equations aux dérivées partielles, analyse numérique de base.

MOTS-CLÉS

Différences finies, éléments finis, volumes finis, advection, diffusion, méthodes de gradients, valeurs et vecteurs propres.

| | | | |
|-----------------|-------------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | STAGE FACULTATIF | 3 ECTS | 1^{er} semestre |
| EMMKT1TM | Stage ne : 0,5h | | |

| | | | |
|-----------------|-------------------------------------|----------------|--------------------------------|
| UE | APPROFONDISSEMENTS | 15 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2AM | Cours : 18h , TD : 24h , TP DE : 6h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

CHARRU François
 Email : charru@imft.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette unité d'enseignement regroupe deux thèmes distincts. Pour les ondes, des outils communs à toutes les ondes en mécanique sont proposés dans le prolongement de la formation initiale : approche spectrale, ondes libres et modes propres, propagation libre ou guidée à travers une discontinuité et dans un milieu faiblement inhomogène, interférences et sillage 2D pour les ondes de surface. Pour la turbulence, il s'agit d'un cours d'introduction très phénoménologique visant à présenter les outils de description (approche statistique), le mécanisme de la cascade turbulente (théorie de Kolmogorov) et la modélisation la plus simple, algébrique à 0 équation, appliquée à deux classes d'écoulement, internes (couche limite) et externes (jet libre).

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Ondes :

- Obtention des équations des ondes (ondes acoustiques, élastiques et de surface dans un fluide)
- Problèmes linéaires 1D libres ou guidés : discontinuité, lois de Descartes, impédance et admittance en acoustique, modes propagatifs et modes propres, amortissement par émission
- Problèmes linéaires 1D dispersifs : vitesse de groupe (approche cinématique et énergétique), théorie des rais pour la propagation dans un milieu faiblement inhomogène
- Interférences et sillages : traînée d'un bateau (sillage 1D) et sillages 2D

Turbulence :

- Description de la turbulence : moyennes, fonctions de corrélation, longueur intégrale, etc...
- Modèle de turbulence homogène isotrope (THI) : cascade turbulente, hypothèses de kolmogorov, spectre en $k^{-5/3}$ et dimensionnements de simulations directes numériques (DNS)
- Equations de Reynolds (R.A.N.S. equations) et modèles algébriques à 0 équation : viscosité turbulente, modèle de Prandtl-Reichardt pour les écoulements libres, et modèles de longueur de mélange pour les écoulements en proche paroi (couche limite turbulente).

PRÉ-REQUIS

Cours de mécanique des fluides et des solides du premier semestre de M1 MEC ME.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- J. Lighthill : *Waves in Fluids*. Cambridge Mathematical Library
- P. Chassaing : *Turbulence en mécanique des fluides*. Editions Cepadues
- H. Tennekes & J.L. Lumley : *A first course in turbulence*. MIT press

MOTS-CLÉS

Ondes acoustiques, élastiques, de surface, monochromatiques, interférences, dispersion, turbulence, cascade turbulente, jet libre et couche limite turbulente

| | | | |
|-----------------|-------------------------------------|----------------|--------------------------------|
| UE | APPROFONDISSEMENTS | 15 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2AM | Cours : 18h , TD : 24h , TP DE : 6h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ESTIVALEZES Erik

Email : Erik.Estivalezes@imft.fr

SWIDER Pascal

Email : pascal.swider@univ-tlse3.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette unité est le prolongement du module de mécanique des solides du premier semestre. Il comporte un aspect important concernant la modélisation des structures mécaniques non analytiquement descriptibles. Les techniques modernes courantes pour les applications aux sciences de l'ingénieur sont présentées.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Méthodes des éléments finis en dynamique
- Calcul au niveau élémentaire, au niveau global
- Éléments finis en 2D et 3D
- Résolution et techniques numériques
- Introduction à la dynamique non-linéaire
- Présentation d'un code de calcul

MOTS-CLÉS

Éléments finis en dynamique, techniques numériques, dynamique non-linéaire.

| | | | |
|-----------------|-------------------------------------|----------------|--------------------------------|
| UE | APPROFONDISSEMENTS | 15 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2AM | Cours : 18h , TD : 24h , TP DE : 6h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

CHARRU François
 Email : charru@imft.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce cours est une ouverture vers l'analyse du fonctionnement et le dimensionnement des machines thermiques industrielles. Ce cours s'appuie essentiellement sur les connaissances acquises en thermodynamique et en mécanique des fluides.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Compresseurs et turbines
 Moteurs à combustion interne, turbines à gaz et à vapeur
 Machines frigorifiques et pompes à chaleur
 Installations de climatisation et de conditionnement d'air.

PRÉ-REQUIS

Cours de thermodynamique et de mécanique des fluides de niveau L3

| | | | |
|-----------------|-------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | COLORATION | 3 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2BM | Cours-TD : 30h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MOULIN Frédéric
 Email : moulin@imft.fr

Téléphone : 0534325816

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette UE a pour objectif d'appliquer les équations de la mécanique des fluides à des mouvements de fluides naturels, atmosphère et océan essentiellement, en introduisant deux effets fondamentaux : rotation de fond (celle de la Terre) et stratification stable en densité (gradients verticaux de température et/ou de sel). Il s'agit de mettre en évidence quelques mécanismes fondamentaux et d'illustrer leur pertinence pour expliquer certains phénomènes atmosphériques et/ou océaniques. On étudie essentiellement les écoulements instationnaires en présence de forces extérieures (mouvement relatif, force de Coriolis, pesanteur . . .)

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Introduction :

Quelques éléments sur la dynamique de l'atmosphère et de l'océan. Quantification de la rotation (paramètre de Coriolis) et de la stratification stable (fréquence de flottaison ou de Brünt-Vassaila). Equations du mouvement pour une couche fine sur une sphère, adimensionnement (nombres de Rossby Ro et Froude Fr). Approximations successives pour arriver aux équations du plan f et du plan β .

Dynamique du fluide homogène en rotation :

Théorème de Taylor-Proudman et équilibre géostrophique dans la limite de $Ro=0$. Couche limite d'Ekman. Ondes de surface avec rotation (Poincaré) et problème de l'ajustement géostrophique. Effet d'un confinement horizontal : ondes de Kelvin et modes propres. Approximation quasi-géostrophique pour décrire les mouvements lents et lien avec la conservation de la vorticité potentielle. Ondes de Rossby.

Effets d'une stratification stable :

Ondes de gravité interne et ondes d'inertie - gravité. Génération par une topographie. Confinement par une surface libre : construction des modes propres. Approximation quasi-géostrophique en stratifié, équation du vent thermique et instabilité barocline

PRÉ-REQUIS

Equations de Navier-Stokes, écoulements potentiels et tourbillonnaires

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Pedelosky J., Geophysical Fluid Dynamics, Springer, 1987
 Vallis G., Atmospheric and oceanic fluid dynamics, Cambridge University Press, 2006
 Cushman-Roisin B., Introduction to Geophysical Fluid Dynamics, Prentice-Hall, 1994

MOTS-CLÉS

GFD, nombre de Rossby et de Froude, équilibre géostrophique, approximation d'eau peu profonde, ondes de Poincaré et de Kelvin, marées barotropes et baroclines

| | | | |
|-----------------|-------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | COLORATION | 3 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2BM | Cours-TD : 30h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

CHARRU François
Email : charru@imft.fr

FABRE David
Email : david.fabre@imft.fr

Téléphone : 62 53

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

L'objectif de cet enseignement est une introduction aux concepts et techniques de la dynamique non linéaire. Ce module vise à donner les notions de bases relatives à la transition vers le chaos des systèmes dynamiques et des écoulements. Des éléments d'études des systèmes dynamiques seront introduits dans une première partie, suivie des différents concepts de stabilité. La stabilité d'exemples simples de mécanique classique ainsi que celle des écoulements hydrodynamiques et thermiques sera étudiée.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Concepts et définitions relatives aux systèmes dynamiques (notions de base relative au chaos déterministe, espace des phases, systèmes autonomes et forcés, systèmes dynamiques conservatifs et dissipatifs, portrait de phase, points fixes et stabilité linéaire, bifurcation nœud-col, bifurcations fourches, de Hopf, méthode de Poincaré- Lindstedt, modèle de Lorentz)
- Instabilités
- Stabilité au sens de Lyapounov, stabilité temporelle et spatiale, stabilité convective
- Stabilité des écoulements (écoulement de Poiseuille et Couette, Equations d'Orr-Sommerfeld, équation de Rayleigh, instabilité de Kelvin-Helmholtz, croissance transitoire)
- Différents types d'instabilités (centrifuge, thermoconvective, inflexionnelle)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

F. Charru, Instabilités hydrodynamiques, EDP Sci. Cnrs Ed, 2007
P. Manneville , Instabilités, chaos et turbulence, Ed. de l'Ecole polytechnique ISBN : 978-2-302-0913-7
M. Rabaud, <http://www.fast.u-psud.fr/~rabaud/>

MOTS-CLÉS

Systèmes non linéaires, chaos, stabilité linéaire, temporelle et spatiale, analyse modale, croissance transitoire, Lyapounov, Squire, Orr-Sommerfeld, Hopf.

| | | | |
|-----------------|-------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | COLORATION | 3 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2BM | Cours-TD : 30h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

TANGUY Sébastien
 Email : tanguy@imft.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette mineure a pour objectif de présenter les différentes méthodes de discrétisation et les algorithmes les plus couramment utilisés en simulation numérique appliquée à la mécanique des fluides.

Une attention particulière est portée à la méthode des volumes finis pour la résolution numérique des équations de Navier-Stokes incompressibles et compressibles. A travers des exemples simplifiés nous illustrerons les différences fondamentales existant entre les algorithmes de résolution pour les écoulements incompressibles et les écoulements compressibles.

Cette option vise à mettre en œuvre les acquis du cours au travers de nombreux TP. Ces séances de TP conduiront l'étudiant au développement d'un code de résolution numérique des équations de Navier-Stokes incompressibles ou compressibles.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Introduction et rappels d'analyse numérique
- La méthode des volumes finis
- Résolution numérique des équations de Navier-Stokes incompressible
- Résolution numérique des équations de Navier-Stokes compressible
- Introduction aux problèmes aux interfaces

PRÉ-REQUIS

Résolution d'équations différentielles ordinaires, résolution de systèmes linéaires, méthodes directes et méthodes itératives, différences finies

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Computational methods for fluid dynamics, Ferziger & Peric
 Finite Volume methods for hyperbolic problems, Randall J. Leveque
 High Resolution methods for incompressible and low speed flows, Drikakis & Rider

MOTS-CLÉS

Equation aux dérivées partielles, Volumes finis, écoulements incompressibles et compressibles, méthode de projection

| | | | |
|-----------------|-------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | COLORATION | 3 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2BM | Cours-TD : 30h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

ZAGZOULE Mokhtar

Email : mokhtar.zagzoule@univ-tlse3.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

La vie c'est le mouvement. Il est naturel que la mécanique, science du mouvement par définition, explore donc le vivant. Ce cours abordera l'analyse du mouvement du vivant depuis l'échelle microscopique (plancton, spermatozoïdes) jusqu'à l'échelle macroscopique (écoulements internes, vol des oiseaux). Il illustrera par des exemples vivants comment la mécanique des fluides et des structures déformables, avec ses outils et ses méthodes en élabore la modélisation, la simulation et l'analyse. Ce cours d'initiation à la modélisation du vivant traitera des écoulements internes instationnaires liés à la circulation sanguine dans le réseau vasculaire déformable humain mais abordera aussi le monde micro-organismes, des insectes, des oiseaux et des poissons.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Macro circulation : Ecoulements artériels et veineux , Rhéologie des parois vasculaires et des fluides biologiques, mise en équations, illustration de l'interaction fluides - structures, propagation des ondes de pression et de débit, approches locales et approches globales de l'écoulement dans une artère ou une veine, notion sur le collapsus des veines, extension au cas de tout un réseau, Micro versus Macro circulation, application à l'hémodynamique cérébrale.
- La vie à bas nombre de Reynolds : Ecoulements de Stokes, Stokelets, rotlets : application aux stratégies de déplacement et de prédation des micro-organismes. Modélisation des écoulement autour de corps allongés : théorie de Lighthill, application à la locomotion des spermatozoïde.
- Ecoulement dans les voies aériennes pulmonaire, convection / diffusion, tests fonctionnels.
- Péristaltisme sans gradient de pression, approche petit Re.
- Dynamique et énergétique des vols d'oiseaux et d'insectes
- Nage des Poissons.

MOTS-CLÉS

Macro-circulations, écoulements internes, effets instationnaires, péristaltisme, nage des micro-organismes, nage des oiseaux.

| | | | |
|-----------------|------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | OUVERTURE | 3 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2CM | Cours-TD : 30h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

AIRIAU Christophe

Email : christophe.airiau@imft.fr

Téléphone : 05 61 55 62 53 / 05 34
32 28 27

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette unité est un approfondissement du module de Mécanique des Fluides de tronc commun de M1. Il concerne l'aérodynamique non visqueuse des profils et des ailes dans toute la gamme des nombres de Mach.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Théorie des profils à pointe par transformation conforme
- Théorie des profils minces et de la ligne portante (aile) en écoulement incompressible
- Similitude transsonique
- Ecoulements compressibles : généralités et évolutions isentropiques
- Ecoulements supersoniques : méthodes des caractéristiques, supersonique linéarisé, choc, détente de Prandtl-Meyer

PRÉ-REQUIS

Théorie des potentiels complexes, écoulements compressibles isentropiques, ondes de choc.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A. Bonnet & J. Luneau : *Aérodynamique - Théories de la dynamique des fluides*

Fundamentals of Aerodynamics, J.D. Anderson, Mac Graw Hill

Aérodynamique fondamentale, A.Giovannini, C. Airiau, cepaduès, 2016

MOTS-CLÉS

Transformation conforme, profils minces, ligne portante, aile, supersonique linéarisé, méthode des caractéristiques, choc-détente.

| | | | |
|-----------------|------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | OUVERTURE | 3 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2CM | Cours-TD : 30h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

MARCOUX Manuel
 Email : marcoux@imft.fr

Téléphone : 05 34 32 28 73 (IMFT)

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Un milieu poreux est un milieu se composant d'une matrice solide et de son complément géométrique, l'espace poreux, ce dernier pouvant être occupé par un ou plusieurs fluides, sous une ou plusieurs phases. Les milieux poreux sont omniprésents dans notre environnement naturel comme dans les systèmes technologiques et industriels.

Ce module vise à présenter dans sa généralité la "science des poreux", à partir des champs d'application visés dans le domaine des sciences de la nature ou de la technologie, donnant une place importante aux méthodes d'investigation expérimentale, en incluant un éventail des phénomènes en jeu.

Il vise à faire intégrer la connaissance des poreux dans une culture scientifique générale.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

- Description géométrique des milieux poreux
- Diffusion en milieu poreux
- Ecoulements monophasiques en milieu poreux
- Dispersion en milieu poreux
- Les fluides à l'équilibre dans l'espace poreux - Hygroscopie
- Comportement capillaire et porométrie
- Ecoulements diphasiques en milieu poreux
- Sorption et porométrie

PRÉ-REQUIS

Connaissances de base en mécanique des fluides et en transferts (thermiques ou massiques)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Éléments de méca des fluides : milieux poreux, Charpentier, Tech. de l'Ingénieur, 1999
 Bories S. et al, Transferts de chaleur dans les milieux poreux, Tech. de l'Ingénieur, 2008

MOTS-CLÉS

Milieux poreux, hétérogénéité, macroscopisation, écoulements interstitiels, transferts de matière, multiphasique, microfluidique.

| | | | |
|-----------------|------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | OUVERTURE | 3 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2CM | Cours-TD : 30h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

PLOURABOUE Franck
 Email : fplourab@imft.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette mineure est une introduction à la modélisation des milieux hétérogènes où interviennent des grandeurs et des champs aléatoires. Après une introduction aux notions probabilistes discrètes et continues, on montrera comment considérer des systèmes mécaniques forcés par des perturbations aléatoires, et comment calculer leurs comportements asymptotiques aux temps longs. Cette introduction aux processus aléatoires montrera le lien avec les notions de auto-similarité, dimension fractales rencontrés dans les milieux hétérogènes.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Notions de probabilité :

- Variables aléatoires, densité et composition de probabilités, fonction caractéristique, théorème central limite, loi stable.
- Processus aléatoires : mouvement Brownien, processus de Levy, densité spectrale et théorème de Wiener-Khinchin, diffusion, auto-affinité fractale, ergodicité

Transport en milieux hétérogènes :

- Equation de Langevin,
- Dispersion de Taylor

PRÉ-REQUIS

Notions de probabilités discrètes, analyse Fourier, éléments sur les distributions ,le calcul intégral. Pratique de l'algèbre linéaire élémentaire.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

J.-M. Morvan : *Bien débiter en probabilité*. Cépaduès.

MOTS-CLÉS

Milieux hétérogènes, probabilités, mélange, chaos.

| | | | |
|-----------------|------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | OUVERTURE | 3 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2CM | Cours-TD : 30h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BEDAT Benoit
 Email : bedat@imft.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

La combustion représente 80 % de l'énergie consommée dans le monde. Ce module permet aux étudiants de rentrer dans cette thématique. Il s'agit ici de définir l'état final (température, polluants) en fonction de l'état initial et des paramètres de fonctionnement.

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Thermodynamique des systèmes réactifs :
 Formalisation d'un système réactif.
 Définition des grandeurs thermodynamiques
 Température de fin de combustion
 Equilibre
 Cinétique de la combustion
 Oxydation du combustible
 Formation de polluants

PRÉ-REQUIS

cours de thermodynamique de niveau L3.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

R. Borghi : *La combustion et les flammes*. Editions Technip.

MOTS-CLÉS

Température adiabatique de fin de combustion, polluants

| | | | |
|-----------------|------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | IMMERSION | 6 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2DM | Projet : 75h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

LO JACONO David

Email : david.lojacono@imft.fr

Téléphone : 6795

MASI Enrica

Email : enrica.masi@imft.fr

Téléphone : 8226

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Ce module a pour objectif de permettre aux étudiants de travailler en binôme sur un sujet précis qu'il s'agira de développer de manière autonome tout au long du semestre. Le sujet du projet est généralement issu d'une liste de propositions émanant des enseignants du département de mécanique. La nature du projet peut varier d'un sujet à l'autre : cela peut correspondre à un travail de type recherche ou d'ingénieur, de type pédagogique (montage et rédaction d'un TP par exemple).

Il s'agit pour les étudiants de développer leur autonomie dans la gestion de projet, ainsi que de s'exercer à la synthèse écrite et à la présentation orale.

MOTS-CLÉS

Gestion de projet, travail en équipe, autonomie, initiative, rédaction de rapport, présentation orale.

| | | | |
|-----------------|------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | IMMERSION | 6 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2DM | Cours-TD : 12h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

BRANCHER Pierre

Email : brancher@imft.fr

Téléphone : 05.61.55.88.82 (Rangueil) / 05.34.32.29.33 (Banlève)

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Sous la forme d'une série de 12 conférences, il s'agit d'informer les étudiants sur les applications et développements récents de la mécanique, de l'énergétique et des procédés susceptibles d'orienter leur projet de formation et leur projet professionnel.

MOTS-CLÉS

Culture scientifique générale, information et orientation, projet professionnel.

| | | | |
|-----------------|-----------------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | INITIATION JURIDIQUE | 3 ECTS | 2nd semestre |
| Sous UE | Initiation juridique | | |
| EMBTU201 | TD : 24h | | |

| | | | |
|-----------------|----------------|---------------|--------------------------------|
| UE | ANGLAIS | 3 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2VM | TD : 24h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

CHAPLIER Claire

Email : claire.chaplier@univ-tlse3.fr

| | | | |
|-----------------|-----------------|---------------|--------------------------------|
| UE | ALLEMAND | 3 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2WM | TD : 24h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

SANTAMARINA Diego

Email : diego.santamarina@univ-tlse3.fr

Téléphone : 05 61 55 64 27

PRÉ-REQUIS

Niveau B2 en anglais

| | | | |
|-----------------|-----------------|---------------|--------------------------------|
| UE | ESPAGNOL | 3 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2XM | TD : 24h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

SANTAMARINA Diego

Email : diego.santamarina@univ-tlse3.fr

Téléphone : 05 61 55 64 27

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Etre capable de travailler en milieu hispanophone ou avec des partenaires hispanophones

DESCRIPTION SYNTHÉTIQUE DES ENSEIGNEMENTS

Activités langagières permettant la maîtrise de l'espagnol général et de la langue de spécialité

PRÉ-REQUIS

Niveau B2 en anglais - Pas de pré-requis particulier en espagnolEspagnol professionnel, le cours prend en compte les différents niveaux

MOTS-CLÉS

Espagnol professionnel

| | | | |
|-----------------|----------------------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | FRANÇAIS GRANDS DÉBUTANTS | 3 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2YM | TD : 24h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

JASANI Isabelle

Email : leena.jasani@wanadoo.fr

Téléphone : 65.29

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette UE est conseillée aux étudiants ayant un niveau très faible en français

PRÉ-REQUIS

Niveau B2 en anglais

MOTS-CLÉS

français scientifique

| | | | |
|-----------------|---------------------------------|---------------|--------------------------------|
| UE | ANGLAIS GRANDS DÉBUTANTS | 0 ECTS | 2nd semestre |
| EMMKT2ZM | TD : 24h | | |

ENSEIGNANT(E) RESPONSABLE

KHADAROO Rashard

Email : rashard.khadaroo@univ-tlse3.fr

Téléphone : 0561558752

ROUZIES Gérard

Email : gerard.rouzies@univ-tlse3.fr

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Cette UE est conseillée aux étudiants ayant un niveau très faible en anglais

GLOSSAIRE

TERMES GÉNÉRAUX

DÉPARTEMENT

Les départements d'enseignement sont des structures d'animation pédagogique internes aux composantes (ou facultés) qui regroupent les enseignants intervenant dans une ou plusieurs mentions

UE : UNITÉ D'ENSEIGNEMENT

Unité d'Enseignement. Un semestre est découpé en unités d'enseignement qui peuvent être obligatoire, optionnelle (choix à faire) ou facultative (UE en plus). Une UE représente un ensemble cohérent d'enseignements auquel est associé des ECTS.

ECTS : EUROPEAN CREDITS TRANSFER SYSTEM

Les ECTS sont destinés à constituer l'unité de mesure commune des formations universitaires de Licence et de Master dans l'espace européen depuis sa création en 1989. Chaque UE obtenue est ainsi affectée d'un certain nombre d'ECTS (en général 30 par semestre d'enseignement). Le nombre d'ECTS est fonction de la charge globale de travail (CM, TD, TP, etc.) y compris le travail personnel. Le système des ECTS vise à faciliter la mobilité et la reconnaissance des diplômes en Europe.

TERMES ASSOCIÉS AUX DIPLOMES

Les diplômes sont déclinés en domaines, mentions et parcours.

DOMAINE

Le domaine correspond à un ensemble de formations relevant d'un champ disciplinaire ou professionnel commun. La plupart de nos formations relèvent du domaine Sciences, Technologies, Santé.

MENTION

La mention correspond à un champ disciplinaire. Elle comprend, en général, plusieurs parcours.

PARCOURS

Le parcours constitue une spécialisation particulière d'un champ disciplinaire choisie par l'étudiant au cours de son cursus.

TERMES ASSOCIÉS AUX ENSEIGNEMENTS

CM : COURS MAGISTRAL(AUX)

Cours dispensé en général devant un grand nombre d'étudiants (par exemple, une promotion entière), dans de grandes salles ou des amphis. Au-delà de l'importance du nombre d'étudiants, ce qui caractérise le cours magistral, est qu'il est le fait d'un enseignant qui en définit lui-même les structures et les modalités. Même si ses contenus font l'objet de concertations entre l'enseignant, l'équipe pédagogique, chaque cours magistral porte la marque de l'enseignant qui le dispense.

TD : TRAVAUX DIRIGÉS

Ce sont des séances de travail en groupes restreints (de 25 à 40 étudiants selon les composantes), animés par des enseignants. Ils illustrent les cours magistraux et permettent d'approfondir les éléments apportés par ces derniers.

TP : TRAVAUX PRATIQUES

Méthode d'enseignement permettant de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant les CM et les TD. Généralement, cette mise en pratique se réalise au travers d'expérimentations. En règle générale, les groupes de TP sont constitués des 16 à 20 étudiants. Certains travaux pratiques peuvent être partiellement encadrés voire pas du tout. A contrario, certains TP, du fait de leur dangerosité, sont très encadrés (jusqu'à 1 enseignant pour quatre étudiants).

PROJET OU BUREAU D'ÉTUDE

Le projet est une mise en pratique en autonomie ou en semi-autonomie des connaissances acquises. Il permet de vérifier l'acquisition des compétences.

TERRAIN

Le terrain est une mise en pratique encadrée des connaissances acquises en dehors de l'université.

STAGE

Le stage est une mise en pratique encadrée des connaissances acquises dans une entreprise ou un laboratoire de recherche. Il fait l'objet d'une législation très précise impliquant, en particulier, la nécessité d'une convention pour chaque stagiaire entre la structure d'accueil et l'université.

