

Code UE : ENGI	Titre UE : <b>Energétique (Intermédiaire)</b>		
Responsable national	X Y – campus de ... <a href="mailto:x.y@ensam.eu">x.y@ensam.eu</a>		
ECTS	Heures FFP	Heures OH	Semestre
5	65	8	GIE1

### 1. Acquis d'apprentissage généraux visés :

1. **Analyser, modéliser et résoudre** : A l'issue de sa formation, l'ingénieur AM se sera approprié un corpus de connaissances en sciences fondamentales et sciences de l'ingénieur, lui assurant une rigueur de raisonnement et une intelligence pratique en ingénierie mécanique, énergétique et industrielle.  
(à compléter par les éventuels « sous-items »)

### 2. Disciplines/Matières impliquées dans la discipline :

1. Mécanique des fluides : MF
2. Transfert thermique : TT

### 3. Prérequis :

1. A compléter...
2. A compléter...

### 4. Acquis d'apprentissage disciplinaires visés :

L'étudiant doit être capable de :

#### AA1

Distinguer les différents modes de transfert thermique et les différents régimes d'écoulement dans les systèmes énergétiques, et en particulier :

- Utiliser précisément le vocabulaire des disciplines énergétiques
  - Identifier les transferts conductifs, convectifs et radiatifs
  - Distinguer les régimes laminaires, transitoires et turbulents
  - Distinguer les écoulements subsoniques et supersoniques
- Estimer des ordres de grandeur pertinents

#### AA2

Etablir des équations locales et globales de bilan, les manipuler en estimant l'ordre de grandeur et les effets physiques associés aux différents termes, et les mettre en application dans les différents composants des systèmes énergétiques, et en particulier :

- Résoudre analytiquement et au moyen de codes de calcul formel des problèmes simples de transferts thermiques
- Résoudre analytiquement et au moyen de codes de calcul formel des problèmes simples d'écoulements
- Formuler des équations de conservations locales et globales
- Réaliser des bilans sur les machines à conversion d'énergie
- Utiliser l'analyse dimensionnelle et les similitudes

### 5. Contenu – programme national :

1. Généralités sur la physique des fluides
2. Cinématique des fluides et lois de comportement

3. *Analyse dimensionnelle et similitude*
4. *Dynamique des fluides parfaits incompressibles*
5. *Dynamique des fluides visqueux*
6. *Notions générales d'aéro et d'hydrodynamique*
7. *Ecoulements industriels*
8. *Généralités sur les transferts de chaleur*
9. *Transfert de chaleur radiatif*
10. *Transfert de chaleur par conduction*
11. *Transfert de chaleur par convection*
12. *Echangeurs*

## Fiche d'exploitation locale – campus de ...

Code UE : <b>ENGI</b>	Titre UE : <b>Energétique (Intermédiaire)</b>		
Responsable local campus de ...	<b>X Y</b> <a href="mailto:x.y@ensam.eu">x.y@ensam.eu</a>		
ECTS	Heures FFP	Heures OH	Semestre
<b>5</b>	<b>65</b>	<b>8</b>	<b>GIE1</b>

### 1. Equipe pédagogique

<b>Mécanique des fluides – MF</b>	
1. A A – CM, ED <a href="mailto:a.a@ensam.eu">a.a@ensam.eu</a>	
2. B B – TP <a href="mailto:b.b@ensam.eu">b.b@ensam.eu</a>	
<b>Transfert thermique – TT</b>	
1. C C – CM, ED <a href="mailto:c.c@ensam.eu">c.c@ensam.eu</a>	
2. A A – TP <a href="mailto:a.a@ensam.eu">a.a@ensam.eu</a>	

### 2. Cadrage horaire, rendus et évaluations

Heures CM	Heures ED	Heures TP	Heures OH	Rendus écrits	Evaluations
<b>Mécanique des fluides – MF</b>					
<b>1</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
<b>Transfert thermique – TT</b>					
<b>2</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>3</b>

### 3. Contenu pédagogique et séquençement

<b>Mécanique des fluides – MF</b>	
CM1 CM1 ED1	<b>Généralités sur la physique des fluides :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition d'un fluide (gaz, liquide, newtonien, non-newtonien) ;</li> <li>• Schéma et échelles du milieu continu (particule fluide, grandeurs locales) ;</li> <li>• Viscosités dynamiques et cinématiques (unités, expérience de Couette, exemples et ordres de grandeurs).</li> </ul>
CM1 CM1 ED1 ED1 ED2 ED2 ED2 ED3 ED3	<b>Cinématique des fluides et lois de comportement :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulation lagrangienne et eulérienne ;</li> <li>• Notions de régimes permanents et non-permanents ;</li> <li>• Lignes de courant, d'émission et trajectoires ;</li> <li>• Dérivée particulaire d'un scalaire, théorème de transport de Reynolds ;</li> <li>• Equation de continuité (locale et globale) ;</li> <li>• Décomposition du mouvement, tenseurs taux de déformation et vorticité ;</li> <li>• Fonction de courant, exemples de base ;</li> <li>• Forces de volume et de surface (tenseur des contraintes) ;</li> <li>• Lois de comportement d'un fluide newtonien incompressible.</li> </ul>
CM1 CM1 CM1 ED4	<b>Analyse dimensionnelle et similitude :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes d'unités et dimensions d'une grandeur ;</li> <li>• Vecteur dimension, matrice dimension d'un problème ;</li> <li>• Théorème de Vashy-Buckingham ;</li> <li>• Similitude des écoulements en charge (Reynolds) et à surface libre (Froude).</li> </ul>
<b>Dynamique des fluides parfaits incompressibles :</b>	

CM1 ED4 ED4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equation d'Euler, de Bernoulli ;</li> <li>Théorème de la quantité de mouvement ;</li> <li>Ecoulements potentiels, exemples de base.</li> </ul>
CM1+ED4 ED5 ED5 ED6 ED6 ED6	<b>Dynamique des fluides visqueux :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Equation de Navier-Stokes ;</li> <li>Expérience de Reynolds : régimes laminaire et turbulent ;</li> <li>Adimensionnalisation des équations des écoulements en charge, nombre de Reynolds ;</li> <li>Exemples d'écoulements laminaires : Poiseuille, Couette ;</li> <li>Equation de diffusion de la quantité de mouvement ;</li> <li>Analogies avec la diffusion massique, thermique (coefficients de diffusion).</li> </ul>
ED7	<b>Notions générales d'aéro et d'hydrodynamique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ecoulement autour d'un profil isolé : portance, traînée, polaire d'Eiffel, coefficients aérodynamiques</li> </ul>
ED7 ED7 ED8 ED8 ED8	<b>Ecoulements industriels :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Couches limites laminaire et turbulente ;</li> <li>Calcul des pertes de charge régulières : Colebrook, Moody, Karman-Nikuradse ;</li> <li>Pertes de charge singulières ;</li> <li>Relation de Bernoulli généralisée ;</li> <li>Adaptation machine/circuit.</li> </ul>
TP1 : Etude d'une pompe et des connexions série et parallèle de deux pompes TP1bis : Etude de la viscosité des fluides TP2 : Aérodynamique (soufflerie – cas d'un écoulement autour d'un cylindre) TP3 : Pertes de charge	
<b>Transfert thermique – TT</b>	
CM1	<b>Généralités sur les transferts de chaleur :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Différents modes de transport de chaleur (conduction, convection et rayonnement)</li> </ul>
CM1 ED1 ED1 ED2	<b>Transfert de chaleur radiatif:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nature spectrale et directionnelle, principales définitions (luminance, éclairement...);</li> <li>Lois de Planck, Wien et Stefan, le corps noir, notions de corps gris ;</li> <li>Rayonnement en enceintes fermées (méthode matricielle, analogie électrique) ;</li> <li>Linéarisation, coefficient d'échange radiatif.</li> </ul>
CM1 ED2 ED2 ED2	<b>Transfert de chaleur par conduction :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Loi de Fourier et définition de la conductivité thermique, analogie avec la loi de Newton ;</li> <li>Equation de l'énergie ;</li> <li>Régime permanent ;</li> <li>Régime transitoire et notion de diffusivité.</li> </ul>
ED3 ED3 CM1 ED4 ED5	<b>Transfert de chaleur par convection :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Complexité des transferts couplés ;</li> <li>Champs de vitesse et de température ;</li> <li>Grandeurs mises en jeu (viscosité dynamique/cinématique, conductivité thermique, dilatation...);</li> <li>Nombres sans dimensions (<math>Re</math>, <math>Nu</math>, <math>Pr</math>, <math>Gr</math>,...) et utilisation de la similitude ;</li> <li>Corrélations en convection forcée et naturelle, en régime laminaire et turbulent, en écoulement internes et externes.</li> </ul>
CM1 ED6 ED6 ED7 ED7	<b>Echangeurs :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Généralités ;</li> <li>Différents types d'échangeurs (co-courant, contre-courant, à courants croisés, ...);</li> <li>Compacité, coefficient global d'échange, encrassement ;</li> <li>Bilan et méthode DTLM ;</li> <li>Méthode NUT.</li> </ul>
TP1 : Simulation Numérique (calibration de simulation sur COMSOL Multiphysics) TP2 : Mesure de Température (Sonde résistive, Thermistance et Thermocouple) TP3 : Echangeur de Chaleur (méthode DTLM, corrélations de Nusselt)	

#### 4. Organisation de l'apprentissage et des évaluations :

<b>Mécanique des fluides – MF</b>
Le CM précède les ED. Les TP commencent en milieu de semestre.
<b>Evaluations :</b>

- Deux tests, à partir du milieu de semestre (test 1h ou 2h) : N1, N2
- Evaluation orale à chaque séance de TP + Test TP (20min) : N3

**Transfert thermique – TT**

Le CM précède les ED. Les TP commencent en milieu de semestre.

**Evaluations :**

- Deux tests, à partir du milieu de semestre (test 1h ou 2h) : N4, N5
- Evaluation orale à chaque séance de TP : N6

**Notes et coefficients associés :** Les 6 notes (N1 à N6) ont un poids identique dans la note finale de l'UE (Energétique – Intermédiaire)

**Revalidation :** examen unique (TT+MF) de 2h

**5. Méthodes (APP, MOOC, CM, e-learning,...) et moyens pédagogiques (bibliographie, cours, salles, moyens informatiques, moyens matériels,...) :**

**Mécanique des fluides – MF**

Documents à disposition en salle et sur un espace informatique partagé (dispo 24h/24)

Salle de TP dédié

Un PC par stand (avec possibilité de travailler sur ordinateur personnel)

**Transfert thermique – TT**

Documents à disposition en salle et sur un espace informatique partagé (dispo 24h/24)

Salle de TP dédié

Un PC par stand (avec possibilité de travailler sur ordinateur personnel)

**6. Acquis d'apprentissage spécifiques visés :**

AA0	<p><b>Utiliser précisément le vocabulaire des disciplines énergétiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Niveau : 2</li> <li>• Modes d'évaluation spécifiques au campus : Type : évaluation de groupe en fin de séance (formatif) Désignation : interrogation orale</li> </ul>
AA1	<p><b>Identifier les transferts conductifs, convectifs et radiatifs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Niveau : 3</li> <li>• Modes d'évaluation spécifiques au campus : Type : évaluation de groupe en fin de séance (formatif) Désignation : interrogation orale</li> </ul>
AA2	<p><b>Résoudre analytiquement et au moyen de codes de calcul formel des problèmes simples de transferts thermiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Niveau : 4</li> <li>• Modes d'évaluation spécifiques au campus : Type : évaluation individuelle en fin de semestre (sommatif) Désignation : test écrit</li> </ul>
AA...	<p>...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Niveau : ...</li> <li>• Modes d'évaluation spécifiques au campus : Type : ... Désignation : ...</li> </ul>

**7. Détails niveau des acquis d'apprentissage (voir tableau page suivante) :**

Document adapté de LEGENDRE, R. (1993). *Dictionnaire actuel de l'éducation*, Montréal, Guérin, pp. 1316-1320 et PRÉGENT, R. (1990). *La préparation d'un cours*, Montréal, Éditions de l'École Polytechnique.

Taxonomie des objectifs d'apprentissage du domaine cognitifs <sup>1</sup>				
	Niveaux taxonomiques	Types de comportements	Verbes d'action	Objet direct
concret	1. Acquisition de connaissances	Être capable de se rappeler de mots, de faits, de dates, de conventions, de classifications, de principes, de théories, etc.	Définir, distinguer, identifier, rappeler, reconnaître	vocabulaire, terminologie, définitions, faits, propriétés, exemples, conventions, règles, caractéristiques, causes, catégories, critères, procédés, principes, lois, théories, structures
	2. Compréhension	Être capable de transposer, d'interpréter et d'extrapoler à partir de certaines connaissances.	Traduire, transformer, paraphraser, illustrer, représenter, interpréter, différencier, expliquer, réécrire	signification, représentation, mots, phrases, relations, faits essentiels, conclusions, implications, facteurs, effets, ramifications
	3. Application	Être capable de se rappeler de connaissances ou de principes pour résoudre un problème ou pour accomplir une tâche.	Appliquer, généraliser, relier, choisir développer, organiser, utiliser, employer, transférer, restructurer, classer	principes, lois, conclusions, méthodes, situations, généralisations, processus, phénomènes, procédures, abstractions
	4. Analyse	Être capable d'identifier les éléments, les relations et les principes d'organisation d'une situation.	Distinguer, identifier, classer, discriminer, catégoriser, déduire, analyser, contraster, comparer, détecter	éléments, hypothèses, conclusions, arguments, énoncés (de fait), énoncés (d'intention), interrelations, pertinence, thèmes, erreurs, causes-effets, parties, idées, formes, patterns, buts, points de vue, biais, structures
	5. Synthèse	Être capable de produire une oeuvre personnelle après avoir conçu un plan d'action.	Écrire, raconter, relater, produire, constituer, transmettre, créer, modifier, documenter, proposer, planifier, projeter, développer, combiner, organiser, synthétiser, classer, déduire, formuler	structure, produit, performance, projet, communication, plan, objectifs, manière, solution, moyens, concept, schème, théorie, relations, abstractions, généralisations, hypothèses, perceptions, manières, découverte
abstrait	6. Évaluation	Être capable de porter un jugement critique fondé sur des critères internes ou externes.	Juger, argumenter, valider, évaluer, décider, considérer, comparer, contraster, standardiser	exactitude, pertinence, erreur, véracité, défaut, sophisme, précision, fins, moyens, efficacité, économie, utilité, plan d'action, standards, théorie, généralisations