

Document complémentaire au PPN du DUT Génie thermique et énergie (GTE)

Description des parcours de modules complémentaires destinés à la poursuite d'étude

S'appuyant sur l'arrêté du 3 août 2005, les préconisations ci-dessous permettent à l'IUT, selon sa situation, d'élaborer ses propres modalités de mise en oeuvre de parcours différenciés. Les propositions de modules complémentaires de poursuites d'études décrites ici se substituent, en volume horaire et en coefficients, aux modules complémentaires visant l'insertion professionnelle publiés dans le PPN.

1. Préambule

Le parcours de formation conduisant au DUT GTE est constitué d'une majeure, qui garantit le cœur de compétence du DUT, et de modules complémentaires. Ces modules complémentaires sont destinés à compléter le parcours de l'étudiant selon qu'il vise une insertion professionnelle ou qu'il souhaite une poursuite d'études vers d'autres formations de l'enseignement supérieur. Les modules complémentaires, quels que soient le parcours et l'orientation de l'étudiant, font partie intégrante du diplôme universitaire de technologie. Ils sont proposés aux semestres 3 et 4 et représentent un volume horaire total de 15 % de la durée de la formation.

Le parcours Insertion Professionnelle Immédiate (IPI) est totalement décrit dans le PPN paru au Bulletin Officiel du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche n°24 du 13 Juin 2013. Le document présenté ici a donc pour objet de préconiser une organisation pour les parcours préparant à des poursuites d'étude conduisant soit à une certification de niveau II (LP), soit à une certification de niveau I (PEL).

L'arrêté d'Août 2005 prévoit 3 types de modules complémentaires :

- Ouverture scientifique (OS) :

Modules pouvant se trouver dans un parcours généraliste et permettant d'appréhender les concepts scientifiques généraux (dominante des parcours PEL).

- Approfondissement technologique (AT) :

Modules articulés sur les technologies propres aux champs de métiers concernés relevant d'une spécialisation de niveau II ou I (dominante LP et PEL)

- Renforcement des compétences professionnelles (RCP) :

Modules renforçant l'employabilité sur un niveau de qualification visé III ou II (dominante LP)

Les modules complémentaires destinés à favoriser la poursuite d'études sont proposés à l'étudiant dans le cadre de l'adaptation de son parcours en fonction de son projet personnel et professionnel. Elaborés par l'IUT en prenant appui sur les préconisations du présent document, ils présentent les mêmes caractéristiques en termes de volume horaire et de coefficient entrant dans le contrôle des connaissances que les modules visant l'insertion immédiate.

2. Description des parcours

Parcours IPI : Insertion Professionnelle Immédiate

Pour ce parcours, décrit intégralement dans le PPN et conduisant à une insertion professionnelle immédiate, les modules complémentaires ont pour objet d'étendre les connaissances de l'étudiant à un ensemble élargi de systèmes énergétiques (foyers, machines thermiques, échangeurs...) et de renforcer ses compétences pratiques en dimensionnement de systèmes et utilisation d'outils professionnels (réseaux fluides, logiciels métiers...). Les modules complémentaires identifiés dans le PPN pour le parcours IPI sont donc de type RCP ou de type AT et sont reportés dans le tableau ci-dessous avec leur code PPN.

Parcours PEL : Poursuite d'Etude Longue

Les modules complémentaires destinés à favoriser la poursuite d'études sont de type OS ou AT. Les modules complémentaires du parcours PEL se substituent à un volume horaire équivalent de modules complémentaires du PPN. Le nombre de modules inscrits dans ce document est supérieur à celui permettant d'assurer un parcours complet : les départements pourront proposer deux modules à leurs étudiants parmi les quatre modules complémentaires d'ouverture scientifique OS04 à OS07 décrits. Ces modules d'ouverture scientifique sont

associés au module de travaux pratiques OS08 dont l'esprit est d'ouvrir à la démarche scientifique expérimentale. Les TP pourraient ainsi associer différentes matières de façon transversale.

Parcours LP : Licence Professionnelle

Les modules constituant ce troisième parcours sont choisis parmi certains de ceux proposés pour les parcours IPI et PEL ou parmi d'autres modules spécifiques du type RCP ou AT. Les modules complémentaires du parcours LP se substituent à un volume horaire équivalent de modules complémentaires du PPN. Ainsi, les départements disposeront d'un nombre de modules largement supérieur au nombre requis pour composer leur parcours LP, tout en veillant à assurer le même volume horaire global et la même somme de coefficients (suivant les combinaisons, une légère adaptation des volumes horaires ou des coefficients proposés pour les modules pourra être nécessaire).

Préconisation de constitution des parcours

Type	Modules (codes)	Parcours niveau III (IPI)	Parcours niveau II (LP)	Parcours niveau I (PEL)
RCP	M3304C	x	x	
	M4103C	x	x	
	M4104C	x	x	
	M4105C	x	x	
	M4106C	x	x	
	RCP01		x	
	RCP02		x	
	AT	M3203C	x	x
M4201C		x	x	
M4202C		x	x	
AT01			x	x
AT02				x
AT03			x	x
AT04			x	x
AT05			x	
OS	AT06		x	
	AT07		x	
	OS01			x
	OS02		x	x
	OS03			x
	OS04			x(*)
	OS05			x(*)
	OS06			x(*)
OS07			x(*)	
	OS08			x

(*) parcours PEL : choisir deux modules sur 4 associés au module de TP OS08

Quel que soit le parcours, il sera possible de proposer à la place d'un des modules complémentaires décrits dans ce document, un module répondant à une ouverture scientifique ou technologique locale (par exemple : cryogénie et très basses températures, énergies éolienne, marine ou nucléaire...).

Il est de la responsabilité de chaque IUT de définir les parcours LP et PEL en s'appuyant sur ces préconisations. Pour ce faire, l'IUT substituera les modules complémentaires de poursuite d'étude qu'il souhaite aux modules complémentaires IPI décrit dans le PPN, en conservant la même somme de coefficients et le même volume horaire

global par semestre. Un même module mis en place dans deux ou trois parcours doit donner lieu à la même évaluation.

A titre d'exemple, deux propositions de substitution sont présentées en tableaux de synthèse ci-dessous.

3. Description des modules complémentaires non décrits dans le PPN

Tableaux de synthèse

Deux propositions de substitution des modules complémentaires et de répartition horaire sont résumées dans les tableaux ci-dessous sous forme d'exemples. Les modules possibles pour composer chaque parcours, mais non retenus sont affichés barrés.

- 1- Exemple de parcours LP composé de modules spécifiques LP (AT05 à AT07 et RCP01), de modules communs avec le parcours IPI (M3304C, M4106 et M4202C) et de modules communs avec le parcours PEL (AT01 et AT03) :

S3		coef	Nom du module	CM	TD	TP	total
	AT01	2	Thermochimie et applications	14	14	12	40
	M3304C	1	Dimensionnement aéraluque	0	0	14	14
Total	MC S3	3					54
	M3203C	2	Combustion et foyers	12	12	16	40
S4		coef	Nom du module	CM	TD	TP	total
	AT05	1	Analyse énergétique des réseaux de chaleur <i>(avec un ajustement de -2 h)</i>	6 4	10		14
	AT06	1	Evaluation environnementale d'un projet	6	10		16
	RCP01	1	Réglementation thermique	4	0	20	24
	M4106C	2	Études techniques	0	16	36	52
	AT03	3	Thermodynamique des cycles moteurs	22	22	12	56
	M4202C	2	Echangeurs de chaleur	14	14	12	40
	AT07	1	Introduction différenciée à la Licence Pro : miniprojet	0	0	20	20
Total	MC S4	11					222
	OS02	4	Ecoulements compressibles	40	40	0	20
	M4103C	4	Fluides et réseaux	40	40	0	20
	M4104C	2	Maîtrise de l'énergie	40	20	0	30
	M4105C	4	Logiciels métiers	0	0	24	24
	RCP02	4	Evaluation économique des projets en génie climatique	40	40		20
	M4201C	3	Machines thermiques	20	20	16	56
	AT04	2	Transferts de chaleur entre fluides	16	16	8	40

2- Exemple de parcours PEL avec choix des modules OS05 et OS 07 :

S3		coef	Nom du module	CM	TD	TP	total
	AT01	2	Thermochimie et applications	14	14	12	40
	OS01	1	Mathématiques	4	10	0	14
Total	MC S3	3					54
S4		coef	Nom du module	CM	TD	TP	total
	OS02	1	Ecoulements compressibles	10	10	0	20
	OS03	2	Mathématiques pour l'ingénieur	10	20	0	30
	AT02	1	Modélisation numérique	0	0	24	24
	OS05	1	Fluides visqueux et turbulence	10	10	0	20
	OS07	1	Transferts thermiques en modes couplés	10	10	0	20
	OS08	*	Introduction à la démarche scientifique expérimentale	0	0	12	12
	AT03	3	Thermodynamique des cycles moteurs	22	22	12	56
	AT04	2	Transferts de chaleur entre fluides	16	16	8	40
Total	MC S4	11					222
	OS04	4	Vibrations	40	40	0	20
	OS06	4	Optimisation thermodynamique	40	40	0	20

* l'évaluation de ce module est intégrée ici à celle des modules OS05 et OS07 (voir détails dans la fiche correspondante)

Fiche module

La fiche de définition d'un module comprend :

- un cartouche, comportant : le semestre de formation, le numéro et le nom du module, ainsi qu'une proposition de numéro d'unité d'enseignement (UE), et de volume horaire.
- les objectifs du module (intentions pédagogiques générales),
- les compétences visées
- les pré-requis nécessaires,
- le contenu du module
- les modalités particulières de mise en œuvre
- les mots clés de la matière.

Semestre 3	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (14h CM, 14h TD, 12h TP)
AT01	Thermochimie et applications	UE32
<p>Objectifs du module : Définir les réactions chimiques à partir des données chimiques et physiques des réactifs. Quantifier les échanges d'énergie, de puissance et de masse. Réaliser les bilans thermiques et environnementaux. Pour les réactions de combustion, mettre en lien les réactions chimiques, les technologies de brûleurs et de foyers, d'une part, et les méthodes de mesures de polluants, d'autre part. Analyser des solutions pour améliorer les rendements et réduire les émissions polluantes.</p>		
<p>Compétences visées : Savoir écrire une équation chimique de plusieurs réactifs et en déduire les produits en fonction des débits de réactifs (comburant et combustible en combustion). En déduire les proportions optimales de réactifs en fonction des contraintes technologiques et environnementales. Estimer la qualité énergétique et environnementale d'une réaction de combustion à partir de mesures des produits de réaction dans la cheminée. Comprendre les choix technologiques des appareils à combustion et leurs améliorations possibles.</p>		
<p>Prérequis : Notion de chimie : équilibrage de réaction. Thermodynamique M1201, M2201. Modules Informatique : tableurs M1102 et Mesure, métrologie M1301 pour les TP.</p>		
<p>Contenus : Par rapport au module M3203C, combustion et foyers, auquel il devrait se substituer, on insistera plus sur les liens entre réactions chimiques et technologies de réacteurs. Ce module est destiné aux étudiants désirant poursuivre des études de niveau II ou I : il doit donc proposer de façon équilibrée une ouverture théorique et des aspects technologiques et appliqués.</p> <p>Les applications resteront basées principalement sur les réactions de combustion, en conservant la base du contenu proposé dans la fiche M3203C. Une ouverture est souhaitable sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la cinétique chimique et les facteurs influençant la vitesse des réactions (notamment la température) - les équations chimiques de formation ou d'atomisation. 		
<p>Modalités de mise en œuvre : Devrait se substituer pour le parcours PEL, et éventuellement le parcours LP, au module M3203C</p>		
<p>Mots clés : Thermochimie, bilans énergétiques, combustion, pollution atmosphérique.</p>		

Semestre 3	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (4h CM, 10h TD)
OS01	Mathématiques	UE32
Objectifs du module : Développement des outils mathématiques nécessaires au contexte énergétique		
Compétences visées : Comprendre les fondamentaux de l'algèbre linéaire en dimension finie. Mener une démonstration simple en algèbre linéaire. Résoudre un système différentiel linéaire par diagonalisation de matrice.		
Prérequis : Module de mathématiques appliquées M3101 (partie matricielle)		
Contenus : Notions d'espace vectoriel et de sous-espace vectoriel, d'applications linéaires. Familles libres, génératrices, bases. Calcul de noyaux et d'images d'applications « simples ». Diagonalisation des matrices 3x3 à coefficients réels. Application aux systèmes dynamiques discrets, à la résolution de système d'équations différentielles, ...		
Modalités de mise en œuvre : A placer après le module mathématiques appliqués M3101 afin d'avoir les bases sur les matrices		
Mots clés : Espaces vectoriels, bases, diagonalisation.		

Semestre 4	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (4h CM, 20h TP)
RCP01	Réglementation thermique	UE41
<p>Objectifs du module : Renforcer les compétences de l'étudiant dans l'application de la réglementation thermique des bâtiments (RT). Aborder le calcul dans une démarche de bureau d'études à l'aide des logiciels réglementaires. Garantir l'efficacité énergétique en maîtrisant les fonctionnalités de logiciels de calculs thermiques réglementaires</p>		
<p>Compétences visées : Développer l'autonomie de l'étudiant pour l'application de calculs réglementaires et la maîtrise des outils de bureau d'étude.</p>		
<p>Pré-requis : Module de bureau d'études M1303 Module de thermique des locaux M2302</p>		
<p>Contenus : Approfondissement des principes de la RT et de ses conditions de mise en œuvre Structuration et ordonnancement des tâches Exploitation de logiciels métier (RT, etc...) pour l'analyse pratique de situations. Simulations de différentes solutions permettant de respecter le cadre réglementaire. Evolutions de projets.</p> <p>Prolongements possibles : Exploitation de simulations thermiques dynamiques.</p>		
<p>Modalités de mise en œuvre : Il est abordé sous forme de projets extraits de dossiers de consultation d'entreprise.</p>		
<p>Mots clés : RT 2012, Logiciels réglementaires, projets</p>		

Semestre 4	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (6h CM, 6h TD, 8h TP)
RCP02	Evaluation économique des projets en génie climatique	UE41
Objectifs du module : Introduire les principes d'évaluation économique des projets.		
Compétences visées : Evaluer le coût complet (investissement et fonctionnement) d'une installation de génie climatique pour pouvoir faire une comparaison économique de différentes solutions. Estimer la durée d'amortissement et les bénéfices environnementaux.		
Pré-requis : Composition et dimensionnement des systèmes de génie climatique.		
Contenus : Identification des coûts d'investissement et de fonctionnement (consommation, maintenance, amortissement). Constitution des coûts des différents systèmes, de leurs variantes, de leur mise en œuvre. Scénarios d'évolution du coût de l'énergie et conséquences. Temps de retour sur investissement. Bases sur les principes et différentes possibilités de financement. Structuration et mise en forme d'un argumentaire.		
Modalités de mise en œuvre : Des TP pourront prendre la forme de constitutions de dossiers d'avant-projets sommaires.		
Mots clés : Investissement, fonctionnement, amortissement, financement, coût de l'énergie.		

Semestre 4	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (24h TP)
AT02	Modélisation numérique	UE41
<p>Objectifs du module : Acquisition de bases pour l'utilisation d'un logiciel multiphysique. Modélisation de problèmes de transferts, de mécanique des fluides ou des solides.</p>		
<p>Compétences visées : Utiliser un logiciel multiphysique pour résoudre un problème d'énergétique. Exploiter les résultats d'une simulation et faire preuve d'esprit critique pour la mise en œuvre et l'analyse.</p>		
<p>Prérequis : Transfert de chaleur, thermodynamique, mécanique des fluides, mathématiques</p>		
<p>Contenus : Présentation générale des méthodes numériques et de leurs conditions d'utilisation en fonction des problèmes traités. Mise en application sur un logiciel multiphysique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identification des interactions physiques à prendre en compte. - Définition du domaine d'étude, prise en compte des symétries géométriques et/ou physiques - Identification des limites temporelles et spatiales du domaine et définition des conditions aux limites. - Réalisation d'un maillage approprié du domaine. - Post-traitement des résultats numériques obtenus et analyse de leur pertinence. <p>Prolongements possibles : programmation et utilisation de solveurs pour résoudre des équations aux dérivées partielles.</p>		
<p>Modalités de mise en œuvre :</p>		
<p>Mots clés : Logiciel multiphysique, simulation numérique</p>		

Semestre 4	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (22h CM, 22h TD, 12h TP)
AT03	Thermodynamique des cycles moteurs	UE42
<p>Objectifs du module : Détailler les différents cycles thermodynamiques moteurs et y associer les technologies des machines qui leur correspondent. Evaluer leur efficacité énergétique et environnementale. Présenter les sources possibles d'optimisation, les limites physiques et verrous technologiques.</p>		
<p>Compétences visées : Savoir calculer les performances des machines thermiques sur la base des cycles thermodynamiques idéaux et réels et en tirer les conséquences économiques et environnementales. Proposer des possibilités d'optimisation. Comprendre les limites physiques et verrous technologiques.</p>		
<p>Pré-requis : Modules de technologie des systèmes thermiques M1302, thermodynamique M 2201, transferts thermiques M2301 et M3201, mécanique des fluides M2202 et M3202.</p>		
<p>Contenus : Par rapport au module M4201C, machines thermiques, auquel il devrait se substituer, on insistera plus sur le lien entre les différents cycles théoriques et leur exploitation technologique. Une place pourra être laissée à la présentation de cycles innovants et à leur analyse : moteurs non conventionnels, systèmes à basses émissions de CO₂.</p> <p>Ce module est destiné aux étudiants désirant poursuivre des études de niveau II ou I : il doit donc proposer de façon équilibrée une ouverture théorique et des aspects technologiques et appliqués.</p>		
<p>Modalités de mise en œuvre : Devrait se substituer pour le parcours PEL, et éventuellement le parcours LP, au module M4201C.</p>		
<p>Mots clés : Moteurs, production d'énergie, efficacité énergétique, pollution.</p>		

Semestre 4	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (16h CM, 16h TD, 8h TP)
AT04	Transferts de chaleur entre fluides	UE42
<p>Objectifs du module : Quantifier les transferts de chaleur et de masse possibles entre deux fluides à partir de leurs données physiques et thermiques. Présenter les principes de détermination des différents types d'échangeurs et leurs spécificités technologiques. Déterminer les caractéristiques dimensionnelles et de fonctionnement.</p>		
<p>Compétences visées : Qualifier et quantifier les échanges de chaleur et de masse dans un procédé. Choisir, dimensionner et optimiser un échangeur ou une installation.</p>		
<p>Pré-requis : Modules de transferts thermiques M2301 et M3201, thermodynamique M2201, mécanique des fluides M2202, propriétés des matériaux M2204.</p>		
<p>Contenus : Par rapport au module M4202C, échangeurs de chaleur, auquel il devrait se substituer, on insistera plus sur le lien entre la qualification et la quantification des échanges de chaleur et de masse recherchés, le choix d'une technologie d'échangeur et les paramètres d'optimisation.</p> <p>Ce module est destiné aux étudiants désirant poursuivre des études de niveau II ou I : il doit donc proposer de façon équilibrée une ouverture théorique et des aspects technologiques et appliqués.</p>		
<p>Modalités de mise en œuvre : Devrait se substituer pour le parcours PEL, et éventuellement le parcours LP, au module M4202C.</p>		
<p>Mots clés : Echange de chaleur, transferts de masse, fluides, changement de phase.</p>		

Semestre 4	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (6h CM, 10h TD)
AT05	Analyse énergétique des réseaux de chaleur	UE41
<p>Objectifs du module : Développer des procédures d'analyses simples permettant un choix énergétique parmi plusieurs solutions possibles de production et distribution de chaleur.</p>		
<p>Compétences visées : Savoir identifier et comparer différentes solutions de production et distribution de chaleur du point de vue de la consommation d'énergie. Mettre en œuvre une amélioration active de l'efficacité énergétique des bâtiments et des équipements visant à optimiser les flux et les ressources. Utiliser des énergies renouvelables.</p>		
<p>Pré-requis : Composition et dimensionnement des systèmes de génie climatique</p>		
<p>Contenus : Rappel des différentes solutions technologiques de production et distribution de chaleur et des différentes sources d'énergie permettant de répondre à une demande de chauffage. Équipements de production d'énergie thermique à partir d'énergies renouvelables. Analyses des consommations en énergie primaire. Comparaison de solutions possibles en se basant sur des critères énergétiques.</p>		
<p>Modalités de mise en œuvre : On privilégiera des applications, à partir de cahier des charges, portant sur des projets neufs ou de rénovation de bâtiments.</p>		
<p>Mots clés : Énergétique, chauffage, consommation, énergie primaire.</p>		

Semestre 4	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (6h CM, 10h TD)
AT06	Evaluation environnementale d'un projet	UE41
<p>Objectifs du module : Développer des procédures d'analyses simples permettant de quantifier l'empreinte écologique d'un projet de génie climatique ou de thermique industrielle.</p>		
<p>Compétences visées : Savoir identifier et comparer différentes solutions du point de vue de la consommation d'énergie, du coût en énergie grise et de l'émission de gaz à effet de serre. Améliorer l'efficacité énergétique en génie climatique et procédés industriels. Utiliser des énergies renouvelables.</p>		
<p>Pré-requis : Composition et dimensionnement des systèmes de génie climatique. Module énergie et environnement M1203.</p>		
<p>Contenus : Impacts environnementaux liés à la production et à l'utilisation de l'énergie nécessaires pour un projet. Présentations d'outils de détermination de l'impact écologique d'une installation. Analyse de cycle de vie des matériels, énergie grise. Emissions de gaz à effets de serre, réglementation, solutions de traitements des rejets.</p>		
<p>Modalités de mise en œuvre : On privilégiera des applications, à partir de cahier des charges, portant sur des projets neufs ou de rénovation de bâtiments.</p>		
<p>Mots clés : Environnement, empreinte écologique, énergie grise.</p>		

Semestre 4	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (20h TP)
AT07	Introduction différenciée à la Licence Professionnelle	UE41
Objectifs du module : Préparer la poursuite d'étude en licence professionnelle et favoriser la recherche d'une alternance.		
Compétences visées : Connaître l'environnement professionnel de la licence ou des licences envisagées. Utiliser les réseaux professionnels. Analyser les métiers du secteur et les débouchés.		
Pré-requis : Expression communication : communication professionnelle M3102, PPP.		
Contenus : Analyse de contenus spécifiques de la (ou des) licence professionnelle envisagée. Identification des entreprises du secteur, de leur structuration (organisations professionnelles, associations...) Approfondissement par secteurs des différentes approches développées en PPP : conférences thématiques, analyses de parcours des diplômés... Prolongements possibles : introduction au bilan de compétences		
Modalités de mise en œuvre : Une partie de l'activité de ce module est différenciée en fonction du secteur professionnel de la Licence professionnelle souhaitée. Evaluation sous forme de rapport d'analyse ou de mini-projet.		
Mots-clés : Métiers, activités professionnelles, compétences		

Semestre 4	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (10h CM, 10h TD)
OS02	Ecoulements compressibles	UE41
Objectifs du module : Introduire le domaine des écoulements compressibles par une approche élémentaire unidimensionnelle.		
Compétences visées : Identifier les écoulements compressibles. Distinguer les différents régimes : subsonique, transsonique, supersonique. Déterminer l'état d'un gaz dans un écoulement unidimensionnel. Savoir prendre en compte une onde de choc. Utiliser les tables d'écoulement isentropique et les tables d'onde de choc.		
Prérequis : Notions de mathématique : calculs itératifs, développements limités. Notions de Mécanique des fluides : M2202, M3202. Notions de Thermodynamique : loi des gaz parfait, transformation adiabatique, isentropique.		
Contenus : Caractérisation du régime en fonction du nombre de Mach. Ecoulements unidirectionnels isentropiques de gaz parfaits. Etat générateur, conditions d'arrêt, état critique. Régimes d'écoulement dans un convergent simple, blocage sonique. Conditions de transition subsonique-supersonique. Régimes d'écoulement dans une tuyère. Onde de choc droite. Table de choc droit. Prolongements possibles : Ecoulements à surface libre. Analogie Froude/Mach. Choc oblique. Etude d'onde de choc bidimensionnelle sur logiciel. Ecoulement compressible subsonique (Gazoduc, réseaux vapeur et air comprimé...). Formules du régime transsonique. Portance et traînée en supersonique. Thermo-acoustique...		
Modalités de mise en œuvre : Certaines formules pourront être démontrées, soit parce que le raisonnement présente un intérêt physique, soit que la démarche utilise concrètement les outils mathématiques acquis en DUT. Exemples de TP pouvant être proposés dans le cadre du module OS08 : écoulement dans une tuyère, écoulement à surface libre (analogie Froude Mach, seuil jaugeur et ressaut hydraulique), visualisation d'écoulement supersonique (strioscopie ou ombroscopie)		
Mots clés : Ecoulements subsonique et supersonique, ondes de choc.		

Semestre 4	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (10h CM, 20h TD)
OS03	Mathématiques pour l'ingénieur	UE41
<p>Objectifs du module : Approfondissement des outils mathématiques et des techniques de calculs pour étudiants désireux de poursuivre leurs études après le DUT, en écoles d'ingénieurs ou en licence classique.</p>		
<p>Compétences visées :</p> <p><u>Suites et séries :</u> Connaître et appliquer les théorèmes classiques sur les suites et les séries numériques, être initié aux problèmes de convergence sur les suites et séries de fonctions, utiliser des séries entières pour résoudre une équation différentielle linéaire à coefficients non constants.</p> <p><u>Analyse de Fourier :</u> Décomposer une fonction périodique en série de Fourier, être initié à la transformée de Fourier, appliquer les outils de l'analyse de Fourier pour résoudre des équations différentielles.</p> <p><u>Analyse vectorielle :</u> Démontrer l'expression des opérateurs différentiels dans les différents systèmes de coordonnées, appliquer les théorèmes d'analyse vectorielle au calcul de flux.</p> <p><u>Statistiques et probabilités :</u> Connaître et identifier les lois classiques de probabilité, lire et exploiter les tables statistiques, réaliser des tests d'hypothèses.</p>		
<p>Prérequis : Modules de mathématiques appliqués des semestres 1, 2 et 3.</p>		
<p>Contenus :</p> <p><u>Suites et séries :</u> Connaissances de base sur les suites et les séries, prolongement aux séries entières : rayon de convergence, dérivation, intégration, connaissance des séries classiques.</p> <p><u>Analyse de Fourier :</u> Décomposition d'une fonction périodique en série de Fourier, extension au cas non périodique avec la transformée de Fourier. Lien Fourier-Laplace, théorèmes de Dirichlet et de Bessel-Parseval, représentation spectrale, exemple d'application : résolution de l'équation de la chaleur.</p> <p><u>Analyse vectorielle :</u> Expression des opérateurs différentiels dans les systèmes de coordonnées cylindriques et sphériques, théorèmes d'analyse vectorielle : théorème de Stokes, théorème de Green-Ostrogradsky, application au calcul de flux thermique.</p> <p><u>Statistiques et probabilités :</u> Statistiques descriptives, lois de probabilités : loi uniforme, loi de Poisson, loi binomiale, loi normale, loi de Student, échantillonnage, tests d'hypothèses sur une proportion, une moyenne ou une variance, tests de comparaison sur deux proportions, moyennes ou variances</p> <p>-</p>		
<p>Modalités de mise en œuvre : Ce module est une liste non exhaustive de quelques thèmes qui peuvent être étudiés. Les prolongements possibles proposés dans les trois précédents modules peuvent être au choix étudiés dans ce module.</p>		
<p>Mots clés : Analyse vectorielle, statistiques, probabilités, analyse de Fourier, suites, séries.</p>		

Semestre 4	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (10h CM, 10h TD)
OS04	Vibrations	UE41
<p>Objectifs du module : Acquisition des connaissances de base et des moyens de calculs des fréquences propres et des modes de vibration d'une structure. Applications à l'amortissement des vibrations et à l'isolation vibratoire des machines.</p>		
<p>Compétences visées : Connaître les éléments clés des phénomènes vibratoires et leurs conséquences possibles. Savoir calculer les éléments caractéristiques d'un système à un degré de liberté, à deux degrés de liberté. Connaître les méthodes de calcul des systèmes continus. Choisir et dimensionner un système d'amortissement ou d'isolation vibratoire d'une machine.</p>		
<p>Prérequis : Mathématiques: Equations différentielles du second ordre à coefficients constants. Mécanique du solide: Principe fondamental de la dynamique. Mécanique des milieux continus: sollicitations simples (traction compression, torsion, flexion simple) et lois de comportement.</p>		
<p>Contenus : Rappels sur les équations différentielles du second ordre à coefficients constants avec l'étude des oscillateurs mécaniques. Oscillations des systèmes à un degré de liberté et deux degrés de liberté (libres, amorties, forcées). Modes de vibrations des systèmes continus. Introduction aux méthodes d'analyse (approximation de la fréquence fondamentale, décomposition des modes, réduction de système...) et à la simulation numérique. Méthodes d'amortissement ou d'isolation vibratoire.</p>		
<p>Modalités de mise en œuvre : Les TP pouvant être proposés dans le cadre du module OS08 pourrait consister à mettre en œuvre sur des systèmes complexes réels les méthodes de calculs approchées et l'utilisation d'une simulation numérique en comparant les résultats avec les mesures sur la structure réelle (fréquences propres et modes propres).</p>		
<p>Mots clés : Oscillations libres, amorties, forcées. Résonance. Modes propres.</p>		

Semestre 4	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (10h CM, 10h TD)
OS05	Fluides visqueux et turbulence	UE41
<p>Objectifs du module : Résoudre les équations de Navier-Stokes dans des configurations simples. Introduire des notions sur la résolution des équations dans le cas des écoulements turbulents.</p>		
<p>Compétences visées : Savoir écrire et simplifier les équations de Navier-Stokes pour des écoulements cisailés simples de fluides newtoniens en coordonnées cartésiennes et cylindriques. Savoir décrire la turbulence et les échelles de turbulence. Comprendre les mécanismes élémentaires de génération des tourbillons. Être capable de décomposer des variables en une composante moyenne et des fluctuations. Ecrire les équations de continuité et de Navier-Stokes dans le cas d'écoulements turbulents.</p>		
<p>Prérequis : Mathématiques : dérivation, intégration, opérateurs vectoriels coordonnées cartésiennes et cylindriques, notion d'équations aux dérivées partielles. Mécanique des fluides : M2202, M3202.</p>		
<p>Contenus : Dynamique des fluides visqueux newtoniens : - Equations de Navier-Stokes en coordonnées cartésiennes et cylindriques, conditions aux limites - Résolution pour des cas d'écoulement cisailés simples. Applications aux viscosimètres Notions de turbulence : - Notions et grandeurs turbulentes, échelles de turbulence, dissipation d'énergie. Prolongements possibles : contraintes de Reynolds, lois de fermetures, lois de similitudes, écriture adimensionnelle des équations.</p>		
<p>Modalités de mise en œuvre : Ce module demande un bon niveau d'abstraction. Les connaissances en mathématiques nécessaires devront être acquises. Des TP de mécanique des fluides pourront être proposés dans le cadre du module OS08.</p>		
<p>Mots clés : Equations de Navier-Stokes, écoulements de Poiseuille et de Couette, turbulence.</p>		

Semestre 4	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (10h CM, 10h TD)
OS06	Optimisation thermodynamique	UE41
Objectifs du module : Effectuer un bilan énergétique avancé pour optimiser l'utilisation de l'énergie dans les systèmes énergétiques.		
Compétences visées : Quantifier les échanges d'énergies et déterminer les rendements thermodynamique, énergétique et exergetique des transformations thermodynamiques. Comparer et optimiser des solutions d'utilisation de l'énergie dans les machines thermiques.		
Prérequis : Thermodynamique M1201, M2201		
Contenus : Irréversibilités et dégradation de l'énergie. Exergie des systèmes thermodynamique fermés et ouverts. Notions sur le potentiel chimique, l'énergie et l'enthalpie libres Applications d'utilisation des rendements énergétiques et exergetiques pour la comparaison et l'optimisation de systèmes énergétiques.		
Modalités de mise en œuvre : L'articulation avec le module AT02, thermodynamique des cycles moteurs, est à prévoir pour bénéficier de bases étendue sur les cycles des machines thermiques.		
Mots clés : Exergie, dégradation de l'énergie, optimisation.		

Semestre 4	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (10h CM, 10h TD)
OS07	Transferts thermiques en modes couplés	UE41
<p>Objectifs du module : Analyser les situations physiques de transfert de chaleur. Identifier les différents modes de transfert et leur couplage. Quantifier leurs interactions pour déterminer des champs de températures stationnaires ou transitoires.</p>		
<p>Compétences visées : Ecrire des bilans thermiques, stationnaires ou transitoires, sur des problèmes où coexistent les différents modes de transferts de chaleur. Analyser un problème thermique couplé dans le but de son éventuelle simplification ou de sa simulation. Effectuer l'analyse thermique stationnaire ou transitoire d'un ensemble de composants techniques en interaction.</p>		
<p>Prérequis : Thermodynamique M1201, M 2201. Transferts thermiques M2301, M3201.</p>		
<p>Contenus : Etude de systèmes thermiques mettant en jeu deux ou trois modes de transferts de chaleur. Etude de problèmes géométriquement complexes pour lesquels l'étude monodimensionnelle n'est plus suffisante. Analyse de problèmes transitoires. Prolongements possibles : modélisation numérique de problèmes de transferts thermique.</p>		
<p>Modalités de mise en œuvre : Les TP proposés dans le cadre du module transferts thermiques pourraient évoluer vers des systèmes plus complexes tendant vers des situations réelles sur lesquels des méthodes de calculs approchés pourraient être menées et comparées par interaction avec le module complémentaire « modélisation thermique » des résultats de simulation numérique.</p>		
<p>Mots clés : Transferts thermiques couplés, bilans thermiques, systèmes thermiques</p>		

Semestre 4	Module complémentaire de poursuite d'études	Volume Horaire (12h TP)
OS08	Introduction à la démarche scientifique expérimentale	UE41
<p>Objectifs du module : Illustrer par des travaux pratiques certains des modules OS04 à OS07 et OS02. Donner en parallèle les bases d'une démarche scientifique expérimentale.</p>		
<p>Compétences visées :</p>		
<p>Prérequis : Modules théoriques dans les domaines visés par les travaux pratiques parmi OS04 à OS07 et OS02.</p>		
<p>Contenus : Une attention particulière devrait être donnée lors de ces TP à différents points de la démarche scientifique expérimentale, notamment : formalisation de la problématique, proposition d'hypothèses ou de modèles, mise en œuvre d'un protocole de mesures, qualification et quantification des incertitudes, restitution d'une synthèse des résultats, analyse critique...</p>		
<p>Modalités de mise en œuvre : A prévoir en association avec les modules d'ouverture scientifiques proposés par le département. Les évaluations des TP réalisés seront prises en compte dans celle des modules concernés.</p>		
<p>Mots clés : Etude expérimentale, mesures.</p>		