



# Programme Pédagogique National du DUT « Génie thermique et énergie »

## **Présentation de la formation**

## Sommaire

**1 AVANT - PROPOS 3****2 DOMAINES CONCERNES 3**

- 2.1 LA PRODUCTION DE L'ENERGIE THERMIQUE 3
- 2.2 L'UTILISATION DE L'ENERGIE THERMIQUE 3
- 2.3 LA GESTION OPTIMALE DE L'ENERGIE 3
- 2.4 IMPACT DU GENIE THERMIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT 4

**3 FORMATION 4**

- 3.1 PROFIL DE FORMATION 4
- 3.2 PEDAGOGIE 5
- 3.3 CONTENU DE LA FORMATION 5
- 3.4 ORGANISATION DE LA SCOLARITE 6
- 3.5 CONTROLE DES CONNAISSANCES 6

**4 PROGRAMME 7**

- 4.1 CONNAISSANCES GENERALES 7
  - 4.1.1. *Mathématiques* 7
  - 4.1.2. *Thermodynamique* 8
  - 4.1.3. *Thermodynamique, énergie, environnement* 10
  - 4.1.4. *Mécanique des fluides* 10
  - 4.1.5. *Acoustique* 12
  - 4.1.6. *Communication, méthodologie, ouverture culturelle* 12
  - 4.1.7. *Connaissance de l'entreprise, projet personnel et professionnel (PPP)* 14
  - 4.1.8. *Langue : anglais* 14
- 4.2 CONNAISSANCES TECHNIQUES 15
  - 4.2.1. *Electricité* 15
  - 4.2.2. *Informatique* 16
  - 4.2.3. *Mécanique* 17
  - 4.2.4. *Transferts thermiques* 17
  - 4.2.5. *Propriétés des matériaux* 20
  - 4.2.6. *Régulation* 21
  - 4.2.7. *Combustion* 18
  - 4.2.8. *Echangeurs* 19
  - 4.2.9. *Maîtrise de l'énergie, énergies renouvelables* 24
  - 4.2.10. *Développement de l'autonomie – études techniques et adaptation à l'environnement* 25
- 4.3 CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES 25
  - 4.3.1. *Mesure, métrologie* 25
  - 4.3.2. *Techniques du génie thermique* 27
  - 4.3.3. *Bureau d'études* 27
  - 4.3.4. *Automatisme et circuits* 23
  - 4.3.5. *Thermique des locaux* 28
  - 4.3.6. *Technologie des systèmes thermiques* 28
  - 4.3.7. *Electrothermie* 29
  - 4.3.8. *Traitement de l'air et thermique des locaux* 29
  - 4.3.9. *Machines thermiques* 31
  - 4.3.10. *Machines frigorifiques* 31
  - 4.3.11. *Projet personnel et professionnel* 32
  - 4.3.12. *Projet tutoré* 33
  - 4.3.13. *Stage* 34

**5 TABLEAU DES HORAIRES ET DES COEFFICIENTS 35**

\*\*\*\*\*

## 1 AVANT - PROPOS

La spécialité Génie Thermique et Energie concerne l'ensemble des activités relatives à la production, à l'utilisation, à la gestion de l'énergie thermique dans les industries, les transports et le bâtiment, dans leurs aspects techniques et économiques ainsi que dans leur impact sur l'environnement et le développement durable.

Ces activités sont multiples ; elles font appel à des appareils, à des machines, à des installations, dont la conception, la fabrication et l'emploi sont régis par des lois scientifiques spécifiques dont le noyau central est constitué du transfert de chaleur, de la mécanique des fluides et de la thermodynamique. Leur connaissance est indispensable, avec un degré théorique suffisant, afin que soit connu et dominé l'ensemble des phénomènes physiques qui gèrent les processus énergétiques.

Des disciplines d'application s'appuient sur ces bases pour aborder les techniques mises en œuvre, dans les divers domaines de la spécialité, échangeurs de chaleur, moteurs thermiques, fours, chauffage, traitement de l'air et climatisation...

Ces techniques font également appel à des savoirs provenant d'autres grandes disciplines telles que la mécanique, les matériaux, l'électricité..., et qui fournissent un arsenal de moyens appropriés.

Le Génie Thermique utilise également ces outils indispensables que sont les mathématiques, l'informatique..., qui, tout en conservant la rigueur d'expression qui leur est propre, sont enseignées en mettant l'accent sur leur utilisation dans la spécialité.

Les enseignements de technologie générale apportent des savoir-faire en bureau d'études, processus de fabrication et des bases de données dans la connaissance des machines et des appareillages utilisés.

Un accent particulier est mis sur la formation personnelle et humaine en développant tous les aspects de l'expression et de la communication, la maîtrise de l'anglais, ainsi que l'autonomie et l'acquisition des méthodologies de travail pour l'apprentissage et en accompagnant l'étudiant dans la définition de son projet personnel et professionnel.

## 2 DOMAINES CONCERNES

### 2.1 La production de l'énergie thermique

Celle-ci est produite par conversion d'énergie électrique, chimique, ou nucléaire dans des appareils appropriés,

tels que fours, chaudières, foyers, chambres de combustion des moteurs ou des fusées, centrales thermiques...

### 2.2 L'utilisation de l'énergie thermique

Le Génie thermique intervient à des fins très diverses, telles que le chauffage ou le refroidissement des locaux ou d'appareils industriels dans tous les secteurs de production, la production d'énergie mécanique dans les moteurs et les propulseurs, les traitements thermiques dans les industries métallurgiques et sidérurgiques, la fabrication des produits dans l'industrie chimique, les traitements de teinturerie et de séchage dans les industries du textile, les traitements de préparation et de conservation dans l'industrie agro-alimentaire...

### 2.3 La gestion optimale de l'énergie

La production et l'usage de la chaleur ont des conséquences techniques, financières et environnementales qui sont d'une importance telle que la maîtrise doit en être assurée en

termes technologiques et économiques. Tout consommateur, privé ou industriel, est donc amené à gérer, en fonction de ses besoins, le phénomène énergétique en faisant appel à toutes les ressources qu'offrent les sciences de l'énergétique, amélioration de la productivité, utilisation rationnelle de l'énergie, isolation, récupération, automatisation et régulation, choix des techniques les mieux adaptées à l'objectif.

Cette gestion est à la fois technique et économique, une augmentation des températures permettant l'amélioration des rendements et donc une baisse des prix de production, mais conduisant à une plus grande dépense dans l'investissement des matériels et dans le coût des procédures de refroidissement.

Ces activités comportent des risques d'accidents et les conséquences de malfaçons ou de mauvais fonctionnement peuvent même être dramatiques pour les personnes et les biens. Le respect des normes, appuyé sur une bonne connaissance des processus et des matériels, est donc essentiel.

## **2.4 Impact du génie thermique sur l'environnement**

Tant la production de l'énergie thermique que ses utilisations agissent sur l'environnement. Les combustions créent une pollution chimique dont les effets peuvent être locaux (fumées, teneur de l'atmosphère en oxydes,...), déplacés (pluies acides) ou étendus à toute l'atmosphère (effet de serre, production de gaz carbonique).

L'emploi des fluides dits frigorigènes qui sont susceptibles de modifier l'équilibre atmosphérique relève du génie énergétique.

Le fonctionnement des machines du génie thermique est généralement accompagné de l'émission de bruits qui doivent être contrôlés et réduits.

L'enseignement doit tenir compte des décisions prises au cours des grandes réunions internationales de Montréal de Rio, de Kyoto, et doit aborder dans toutes les matières techniques ou professionnelles les implications environnementales.

Les domaines d'action du thermicien sont donc vastes, multiples et variés. Ses interventions s'exercent sous des formes bien différentes, en bureau de conception, en atelier de fabrication, dans les laboratoires d'expérimentation, sur les chantiers du bâtiment, en exploitation, dans les services de maintenance, dans les secteurs de la vente, de l'expertise, du conseil.

## **3 FORMATION**

L'enseignement tient compte de ces multiples facettes et il prépare à l'exercice de toutes ces activités, mais il doit permettre aussi de réelles évolutions ultérieures dans la carrière et l'adaptation à des techniques nouvelles et variées, et donner par l'introduction de la flexibilité la possibilité de poursuivre des cursus variés en particulier dans le cadre du LMD.

### **3.1 Profil de formation**

En raison de la nature même des tâches que le titulaire d'un diplôme universitaire de technologie en Génie thermique et énergie devra effectuer, le programme et les méthodes pédagogiques doivent satisfaire une double mission d'enseignement et de formation :

a) fournir des connaissances lui permettant d'atteindre une bonne compréhension des phénomènes propres aux problèmes énergétiques et donner l'aptitude à concevoir des matériels, des ensembles ou des installations utilisés en thermique compte tenu de l'état de la technologie, lui assurant le maniement de concepts de base et le préparant à la pratique de l'activité professionnelle.

b) développer chez l'étudiant les qualités personnelles nécessaires à sa vie d'homme et de technicien supérieur, esprit d'analyse, esprit critique à l'égard des raisonnements et des phénomènes observés, esprit d'imagination, de proposition et de décision, capacité de communication, initiative et esprit d'organisation.

L'accent sera mis sur l'évolution prévisible des savoirs et des technologies et il faudra garder présent à l'esprit que le diplômé peut envisager de poursuivre des études en licence

professionnelle ou en cursus long et que, toute sa vie durant, il aura à évoluer, à s'adapter et même à se reconvertir.

### **3.2 Pédagogie**

L'enseignement présente un caractère très concret, allié à une formation logique stricte tout en préservant l'esprit critique à l'égard des incertitudes de modélisation ou de mesure expérimentale. La partie fondamentale doit être suffisamment développée avant que le domaine des applications ne soit abordé, mais il faudra veiller à considérer suffisamment tôt des problèmes concrets afin de faire bien comprendre aux étudiants l'intérêt des exposés théoriques de référence.

L'enseignement comporte, outre le projet tutoré et le stage, des enseignements sous forme de cours magistraux, travaux dirigés (T.D.), travaux pratiques (T.P.)

Afin de favoriser le travail d'apprentissage par l'exercice personnel et l'expérimentation, une part prépondérante a été donnée aux T.D. et plus encore aux T.P.

L'accompagnement des étudiants et l'adaptation à la diversité de leurs origines scolaires pourront s'appuyer notamment sur les moyens suivants :

Projet personnel et professionnel (PPP).

Le projet personnel et professionnel est un travail de fond qui doit permettre à l'étudiant de se faire une idée précise des métiers du Génie thermique et de leurs exigences en matière d'aptitudes personnelles.

Son but est d'amener l'étudiant à concevoir un parcours cohérent tenant compte de ses souhaits et aspirations ainsi que de ses capacités et ses manques. Un enseignement globalisé de 56h lui est consacré aux semestres 1 et 4, et un suivi individualisé couplé au projet tutoré est effectué aux semestres 2 et 3, devant aboutir à la détermination du parcours choisi par l'étudiant.

Aide à l'acquisition de l'autonomie et des méthodologies de travail (apprendre autrement) .

Des enseignements et exercices spécifiques seront mis en place afin de faire acquérir aux étudiants les méthodes indispensables à la réussite de leurs études et de développer leur autonomie tant dans l'apprentissage que la mise en application des savoirs.

La méthodologie du travail universitaire sera enseignée dès le premier semestre en liaison avec l'enseignement de communication où une durée spécifique d'au moins 48h lui sera consacrée.

L'enseignement des éléments clés d'une démarche autonome sera abordé au second semestre de façon à s'appuyer sur un premier retour d'expérience et à disposer de matière à application dans des travaux personnels.

Etroitement lié à la méthodologie notamment en ce qui concerne l'auto-formation et la recherche d'informations, il se poursuivra aux semestres 3 et 4 et sera mis en application à l'occasion de travaux personnels de l'étudiant.

Ceci concerne également le projet tutoré qui devra avant tout être le lieu d'apprentissages autonomes destinés à mettre en œuvre de façon transversale les connaissances acquises dans les différentes matières, à développer l'esprit de synthèse, l'esprit critique, la créativité, l'autonomie et l'organisation du travail en groupe. L'enseignant encadrant devra veiller tout particulièrement à la pertinence des méthodologies employées.

### **3.3 Contenu de la formation**

La formation s'articule en trois groupes de disciplines:

Les connaissances générales ( UE 1.1, UE 2.1, UE 3.1, UE 4.1) comprenant les connaissances scientifiques, la communication et les langues, elles sont destinées à donner une solide culture de base à l'étudiant.

Les connaissances techniques (UE 1.2, UE 2.2, UE 3.2, UE 4.2) correspondent aux domaines scientifiques et technologiques spécifiques de la spécialité.

Les connaissances professionnelles (UE 1.3, UE 2.3, UE 3.3, UE 4.3) fournissent les techniques, savoir-faire et savoir être nécessaires à l'insertion dans les différents métiers de la spécialité. A ce groupe sont rattachés le projet personnel et professionnel, le projet tutoré et le stage.

Dans chaque groupe, on retrouve cours, T.D., T.P.

### **3.4 Organisation de la scolarité**

Le parcours de formation conduisant au DUT 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 qu'il souhaite une insertion professionnelle ou qu'il souhaite une poursuite d'études vers d'autres formations de l'enseignement supérieur.

Dans le cas d'une poursuite d'études, les modules complémentaires visent soit la poursuite d'études vers un niveau 2 de certification, soit une poursuite d'études vers un niveau 1 de certification. Dans l'un ou l'autre cas les capacités complémentaires attendues sont de l'ordre de l'approfondissement technologique, du renforcement des compétences professionnelles et de l'ouverture scientifique.

Les modules complémentaires, quel que soit le parcours suivi par l'étudiant, font partie intégrante du diplôme universitaire de technologie.

Ceux destinés à favoriser la poursuite d'études sont offerts à l'étudiant, qui en a la capacité et le souhait, dans le cadre de l'adaptation de son parcours en fonction de son projet personnel et professionnel. Ils se substituent dans le programme pédagogique national aux modules complémentaires destinés à l'insertion immédiate qui y sont décrits. Elaborés par l'IUT, en prenant appui sur les préconisations des CPN, ils présentent les mêmes caractéristiques en terme de volume horaire et en terme de coefficient que les modules visant à l'insertion immédiate.

La majeure constituant le cœur de compétence du DUT Génie Thermique et Energie comporte les enseignements des trois premiers semestres S1, S2, S3 pour un total de 1530 heures de cours, travaux dirigés et travaux pratiques, ainsi que le projet tutoré et le stage. Les modules complémentaires seront suivis lors du quatrième semestre S4, pour un total de 270 heures de cours, travaux dirigés et travaux pratiques.

Le présent document ne concerne que la définition du S4 comprenant les modules complémentaires destinés à l'insertion immédiate. Toutefois, il est recommandé que des enseignements de combustion et d'échangeurs soient proposés aux étudiants choisissant la poursuite d'études, afin de compléter leurs capacités disciplinaires.

Chaque semestre comporte trois unités d'enseignement (UE) correspondant aux trois groupes de disciplines définis au paragraphe 3.3. Chaque UE est validable et capitalisable. L'obtention du DUT donne droit à l'attribution de 120 crédits ECTS, à raison de 30 par semestre.

### **3.5 Contrôle des connaissances**

Les modalités de contrôle des connaissances et des aptitudes sont fixées conformément aux dispositions de l'arrêté relatif au diplôme universitaire de technologie dans l'Espace européen de l'enseignement supérieur.

Les coefficients de chaque matière sont indiqués sur le tableau récapitulatif du programme.

Le projet tutoré et le stage donneront lieu à soutenance orale et rapport écrit.

En ce qui concerne le projet personnel et professionnel, il donnera lieu à un mémoire rédigé individuellement par chaque étudiant et noté au 4<sup>ème</sup> semestre avant le départ en stage.

\*\*\*\*\*

## 4 PROGRAMME

### 4.1 Connaissances générales

#### 4.1.1. Mathématiques

##### Intentions pédagogiques et compétences recherchées

Les mathématiques apportent aux sciences du génie thermique des outils indispensables, aussi bien lors de l'exposé pédagogique des connaissances scientifiques que pour leur utilisation dans les applications de la spécialité. L'enseignant devra avoir présent à l'esprit, en premier, ce rôle utilitaire de sa discipline au sein du contexte énergétique. Ce cours est aussi un support privilégié de la formation à une méthodologie et à une réflexion rigoureuses. Ce deuxième point conduira à veiller à la clarté des raisonnements présentés, mais on n'hésitera pas à omettre certaines démonstrations dont la complexité serait prématurée, en raison de la chronologie de l'enseignement. Dans ce cas, on s'attachera à indiquer les hypothèses et les conditions d'application des résultats acquis. Les travaux dirigés prendront comme thèmes des exemples relevant des disciplines du département et les situeront dans leur contexte mécanique ou physique, afin de bien montrer à l'élève l'intérêt pratique des notions mathématiques dans l'ensemble de sa formation.

L'étudiant devra:

- maîtriser les outils mathématiques nécessaires au génie thermique.
- acquérir la rigueur méthodologique

##### **Semestre 1 UE 1.1 – Cours 32h, TD 32h**

Nombres complexes

- corps des nombres complexes et exponentielle complexe.
- équations du second degré.
- applications aux équations algébriques, à la trigonométrie et à la géométrie.

Fonctions d'une variable réelle :

- . Fonctions équivalentes : infiniment petits et infiniment grands. Applications aux limites, à l'étude locale et à l'étude des branches à l'infini des courbes  $y = f(x)$ .
  - . Rappels et compléments sur les fonctions d'une variable réelle : continuité, dérivabilité, théorèmes de Rolle et des accroissements finis, calcul des dérivées ; construction des courbes  $y = f(x)$ .
  - . Différentielle d'une fonction  $f(x)$ .
  - . Premières notions de calcul intégral : primitive d'une fonction  $f(x)$ , intégrales définies (définition et propriétés), procédés généraux d'intégration, calcul approché d'une intégrale définie (méthode des trapèzes). Intégrales généralisées.
  - . Fonctions circulaires, logarithmiques et hyperboliques, fonctions réciproques.
  - . Formules de Taylor et de Mac Laurin, développements limités, applications.
  - . Polynômes à une variable. Division euclidienne. Division selon les puissances croissantes. Formules de Mac Laurin et de Taylor.
- Factorisation.
- . Fractions rationnelles. Décomposition en éléments simples de 1<sup>è</sup> r e et 2<sup>è</sup> m e s p è c e .
  - . Application du calcul des intégrales définies : longueur d'arcs, aires planes, volumes, moments d'inertie, coordonnées de centres de gravité lorsque ces calculs se ramènent à des intégrales simples.

##### **Semestre 2 UE 2.1 – cours 32h, TD 32h**

Équations différentielles :

- . Du premier ordre : à variables séparables, incomplètes, homogènes, linéaires, à isoclines rectilignes. Applications géométriques simples.

. Du second ordre : incomplètes, linéaires à coefficients constants dont le second membre est nul ou d'une forme simple.

Fonctions de plusieurs variables réelles :

. Définition, notion de limite et de continuité. Dérivées partielles. Dérivation d'une fonction composée. Différentielle totale.

. Forme différentielle. Condition nécessaire et suffisante pour qu'une forme soit une différentielle totale. Notion de facteur intégrant.

. Intégrales curvilignes. Intégrales doubles et triples. Applications géométriques et mécaniques.

. Utilisation des opérateurs de différentiation : gradient, divergence, laplacien.

. Analyse vectorielle. Formules différentielles et intégrales d'analyse vectorielle

Transformation de Laplace.

### **Semestre 3 UE 3.1 – cours 24h, TD 24h**

Séries:

-Suites numériques. Convergence, théorème de convergence pour les suites réelles.

-Séries numériques. Convergence. Critères de convergence pour les séries réelles positives. Séries réelles. Séries absolument convergentes. Séries réelles non absolument convergentes. Séries alternées. Séries complexes.

- Séries de fonctions.

-Séries entières. Rayon de convergence. Intégration, dérivation, développement d'une fonction en série entière. Application à la résolution d'une équation différentielle linéaire à coefficients non constants.

- Séries de Fourier : critères simples de convergence. Développement d'une fonction périodique en série de Fourier ; Relation de Parseval. Interprétation énergétique.

Application à l'équation de la chaleur (une dimension).

Algèbre et géométrie:

Algèbre linéaire. Déterminants et matrices en dimension 3. Inversion des matrices carrées régulières. Changement de base. Valeurs propres et vecteurs propres. Diagonalisation.

. Géométrie analytique. Dérivation vectorielle, formule de Taylor-Young. Construction des courbes planes définies par une représentation paramétriques ou par une équation polaire résolue  $r = f(\theta)$ .

Transformations fonctionnelles:

-Transformation de Fourier, de Laplace.

-Applications à la résolution d'équations différentielles (régimes transitoires). Fonction de transfert. Contre-réaction.

#### **4.1.2. Thermodynamique**

##### **Intentions pédagogiques et compétences recherchées**

Cet enseignement doit assurer la présentation des différents états de la matière et des phénomènes thermodynamiques. Il conviendra d'insister, tout au long de son déroulement, sur la notion primordiale de bilans massiques et énergétiques. On précisera aussi que la complexité des phénomènes réels impose, pour permettre des approches rapides et, de plus, facilement compréhensibles au débutant, de définir des schématisations qui conduisent à des calculs simples, mais qui entraînent des approximations qui peuvent être fortes (notions de fluides incompressibles, de gaz parfaits, de transformations réversibles, de phénomènes adiabatiques...), et que ce n'est qu'ensuite que l'on utilise des représentations plus conformes à la réalité .

Les TP permettront d'illustrer les différentes configurations, de donner des ordres de grandeur, de faire comprendre les effets, d'acquérir des méthodes de mesure. Ils pourront être groupés avec des TP d'autres disciplines du même semestre.

L'étudiant devra être capable de:

faire un bilan énergétique



calculer une quantité de travail ou de chaleur pour les transformations de base  
appliquer les deux premiers principes  
déterminer les fonctions d'état (énergie interne, enthalpie, entropie)

### **Semestre 1 UE1.1 – cours 18h, TD 28h, TP 28h**

Différents états de la matière

caractéristiques principales des différents états

aspect microscopique (notions)

Concepts de base .

système thermodynamique : ouvert, fermé, isolé

état d'équilibre et variables d'état : intensives, extensives, indépendantes.

fonctions d'état et grandeurs de parcours ou d'échange.

équations d'état : définition, exemples. Coefficients thermo-élastiques.

Principe ZERO et température

notion d'équilibre thermique.

principe zéro de la thermodynamique et concept de température . Echelles de températures : à deux points fixes, à un point fixe, échelles légales, EIT 90 . Principales méthodes thermométriques (l'étude critique des capteurs de température est réalisée en travaux pratiques de transfert de chaleur).

Normes françaises. Notations et appellations normalisées.

Premier principe

équilibre et évolution d'un système.

transformations : ouverte, fermée, quasi-statique, réversible, irréversible, "iso-x", "mono-x",...

énergie interne et énergie totale d'un système.

concepts de travail et de chaleur.

premier principe pour un système fermé : bilans énergétiques.

travail des forces de pression : transformation élémentaire, finie, monobare.

fonction enthalpie : définition, étude de quelques transformations particulières, détente de JOULE-KELVIN.

généralisation aux systèmes ouverts : travail d'entrée/sortie, de déplacement, travail technique utile ; bilan énergétique ; cas des régimes stationnaires.

Chaleur échangée lors d'une transformation réversible

processus des transferts thermiques (notions très succinctes).

chaleur sensible : capacités thermiques ; chaleur latente de changement d'état.

coefficients calorimétriques d'un fluide : définitions, relations entre coefficients.

principales méthodes calorimétriques.

quelques résultats sur les capacités thermiques et les chaleurs latentes.

Gaz parfaits.

équation d'état.

relation de MAYER.

lois de JOULE.

énergie interne et enthalpie d'un gaz parfait.

transformations isobare, isochore, isotherme, adiabatique et polytropique d'un gaz parfait.

mélanges de gaz parfaits.

Deuxième principe.

nécessité d'un principe d'évolution.

construction de la fonction entropie d'un gaz parfait et étude de transformations particulières.

généralisation à un système quelconque : énoncé du deuxième principe, conséquences pour un système isolé, calcul des variations d'entropie.

étude des cycles monothermes et dithermes : inégalité de CLAUSIUS.

machines dithermes : diagramme de RAVEAU, rendement thermique maximum, "théorème de CARNOT", cycles de STIRLING et d'ERICSSON.

### 4.1.3. Thermodynamique, énergie, environnement

#### Intentions pédagogiques et compétences recherchées

Cet enseignement est un complément du cours de thermodynamique du semestre 1. On rappellera le deuxième principe. Les notions d'entropie, de transformation irréversible et de rendement isentropique seront développées. Les changements d'états permettront de traiter les machines thermiques avec changement de phase.

La suite de ce cours permettra d'aborder l'importance du rendement thermodynamique des machines thermiques sur la gestion de l'énergie et son impact sur l'environnement.

L'étudiant doit acquérir les compétences lui permettant dans des cas simples de connaître les paramètres permettant d'optimiser le rendement thermodynamique d'une machine thermique.

Les travaux pratiques pourront être regroupés avec ceux d'une autre matière et porteront sur des essais sur des machines thermiques avec des tracés de cycle sur diagrammes.

#### Semestre 2 UE 2.1 – cours 14h, TD 24h, TP 8h

Rappels de thermodynamique : deuxième principe, entropie, application aux machines thermiques.

Changements d'états physiques: différents états de la matière : diagrammes d'équilibre pression - température

Vaporisation et liquéfaction : pression de vapeur saturante, diagrammes P-T et P-V, Titre de vapeur, Chaleur latente de vaporisation : formule de Clapeyron, Vaporisation d'un mélange binaire

Différents diagrammes : Réseaux d'isothermes, isobares, isentropes dans les diagrammes T-S, H-S, p-H, utilisation des tables de propriétés thermodynamiques de certains fluides.

Application aux machines thermiques avec changement d'état : Machines à vapeur : Cycle de Rankine, Cycle de Hirn, Machines frigorifiques : efficacité et cycles frigorifiques, Pompe à chaleur : efficacité.

Environnement : Notion d'environnement, Impact du génie thermique sur l'environnement.

La pollution atmosphérique et ses conséquences : Unités, Les sources de la pollution (physiques, chimiques et thermiques), La couche d'ozone stratosphérique, son rôle, son évolution récente, Effet de serre : évolution de la température atmosphérique.

Maîtrise de l'impact du génie thermique sur l'environnement : Les actions nécessaires, Les décisions internationales, Domaines d'intervention possibles dans le domaine du génie énergétique, Réduction de la pollution (choix de la forme d'énergie, évolution des équipements et des règles professionnelles).

La pollution des eaux de rejet thermique : Les sources de pollution des eaux : thermique, chimique.... Les normes, domaines d'intervention possibles dans le génie énergétique.

### 4.1.4. Mécanique des fluides

#### Intentions pédagogiques et compétences recherchées

La mécanique des fluides décrit des phénomènes à la base de pratiquement tous les développements du génie thermique, transfert de chaleur, thermodynamique, machines, chauffage-climatisation...

A l'issue de cet enseignement, les étudiants devront :

Dominer suffisamment les problèmes de la mécanique des fluides et l'appliquer dans les autres disciplines.

Faire le lien avec ses implications dans les réalisations techniques des différents secteurs du génie thermique.

Après une sensibilisation aux particularités du comportement fluide, on abordera les notions de pression et d'énergie, conservée ou dissipée, au sein d'un fluide. L'accent sera mis sur l'interprétation physique des relations établies et sur la rigueur des hypothèses associées. Au-delà de l'illustration des principes vus en cours, les exercices traités viseront à développer une méthodologie d'approche d'un problème de mécanique des fluides.

Aux semestres 3 et 4 il conviendra d'insister sur les effets et conséquences de la compressibilité des gaz, de la propriété physique commune à tous les fluides, la viscosité, et de la turbulence des écoulements.

Il est important de montrer que les paramètres de similitude conduisent à des classifications d'écoulement pertinentes (laminaire/turbulent, incompressible/compressible, subsoniques/supersoniques, stationnaires/instationnaires...). Enfin, les phénomènes physiques dissipatifs d'énergie sont à souligner systématiquement.

### **Semestre 2 UE 2.1 – cours 24h, TD 24h, TP 20h**

- Propriétés générales des fluides :

Qu'est-ce qu'un fluide ? (de l'air au goudron en passant par l'eau et l'huile)

Masse volumique, compressibilité

Viscosité, facteurs d'influence, notions de rhéologie

Tension superficielle et capillarité (notions), loi de Jurin

- Statique des fluides :

Forces de volume

Pression

Equation générale de la statique

Hydrostatique

Statique dans un champ de forces lié à une accélération constante

Forces exercées sur des parois planes

- Dynamique des fluides :

Trajectoires, lignes de courant, lignes d'émission (approche qualitative sans équation)

Écoulements permanents et stationnaires en moyenne

Débits massiques et volumiques

Equation de continuité dans un tube de courant

Equation de Bernoulli

Formule de Torricelli, vidange d'un réservoir, tube de Venturi, tube de Pitot

Les quantités de mouvement - théorème d'Euler

Bernoulli généralisé

Pertes de charge régulières (diagramme de Moody) et singulières

Pompes et ventilateurs (courbes caractéristiques)

### **Semestre 3 UE 3.1 – cours 12h, TD 12h, TP 8h**

- Dynamique des fluides réels :

Equations générales de Navier-Stokes (sans démonstration).

Écoulements laminaires entre plaques parallèles (écoulement de Couette) et conduits (écoulement de Poiseuille). Applications aux viscosimètres.

Transition à la turbulence.

Notions et grandeurs turbulentes, contraintes de Reynolds et dissipation d'énergie

Turbulence "lisse" et "rugueuse"

Pertes de charge dans les réseaux (série/parallèle/maillé). Equilibrage des réseaux .

Similitude : variables et grandeurs adimensionnelles. Paramètres de similitude. Etudes en souffleries et/ou sur maquettes.

Couche limite laminaire, développement, transition et couche limite turbulente (épaisseurs, profils auto-semblables, coefficients et forces de frottement...).

Effets de la courbure de la paroi : décollement de la couche limite et génération de sillage.

Aérodynamique : écoulement autour d'un obstacle, forces et moments appliqués (traînée, portance...). Coefficients de traînée et portance, finesse. Traînée aérodynamique des véhicules.

### **Semestre 4 UE 4.1 – cours 10h, TD 10h, TP 12h**

- Dynamique des fluides compressibles:

La dynamique des fluides compressibles sera limitée à l'étude des écoulements unidirectionnels de gaz parfaits au sens de la thermodynamique et de fluides parfaits au sens de la mécanique des fluides.

Célérité du son, nombre de Mach, conditions génératrices et conditions d'arrêt, état critique  
Equation de Barré de Saint-Venant, théorème de Hugoniot (interprétation physique)

Applications aux écoulements en conduite et aux tuyères (utilisation des tables d'écoulements isentropiques)

Notions d'ondes de choc droites et obliques

#### **4.1.5. Acoustique**

##### **Intentions pédagogiques et compétences recherchées**

Cet enseignement est destiné à fournir des connaissances pratiques directement applicables en Génie thermique tant dans l'industrie que dans le bâtiment.

L'étudiant devra être capable de mettre en œuvre les dispositions relatives à l'adaptation acoustique et la lutte contre les nuisances sonores dans son secteur d'activité.

##### **Semestre 4 UE 4.1 – cours 8h, TD 8h, TP 8h**

###### Généralités

Définitions des paramètres acoustiques

Notion d'équation de propagation ; résolution à une dimension

Notions descriptives sur la propagation du son

Notions physiologiques sur l'oreille humaine.

Acoustique architecturale

Définitions relatives aux sources de bruits

Acoustique des salles : étude et traitement

Acoustique des conduites et des gaines : étude et traitement

Acoustique des parois : étude et traitement

Normes.

#### **4.1.6. Communication, méthodologie, ouverture culturelle**

##### **Intentions pédagogiques et compétences recherchées:**

L'enseignement de communication doit avoir comme objectifs généraux de consolider l'expression écrite et orale et de faire de la correction syntaxique, de la précision terminologique et de l'organisation de l'argumentation une nécessaire exigence.

Il sera nécessaire également de développer les enseignements méthodiques indispensables à un étudiant pour acquérir la méthodologie de travail universitaire: formation à la recherche documentaire, technique de prise de notes, lecture méthodique, rédaction de notes de synthèse et synthèse thématique de documents, présentation de l'information scientifique et technique, mise en forme du mémoire de stage et préparation à la soutenance de ce dernier.

Cet enseignement doit également s'employer à améliorer l'acquisition de concepts utiles à la compréhension de situations de communication personnelles ou professionnelles afin que les exercices appliqués et finalisés qu'il conviendra d'aborder soient articulés avec cohérence avec ces derniers. L'étude d'exemples permettra de construire cette articulation.

Il conviendra ensuite d'envisager une formation plus finalisée et plus approfondie : correspondance professionnelle, lettre de demande de stage, lettre de motivation, curriculum vitae, préparation et simulation d'entretiens d'embauche solidement adossés à un bilan personnel et professionnel. L'expérience du stage industriel constituera un appui précieux voire irremplaçable pour structurer ces acquisitions et pour permettre à l'étudiant de parfaire la définition de son projet personnel.

On pourra enfin souhaiter que ces enseignements finalisés aient un ancrage culturel fort, propre à motiver les étudiants, à enrichir leur curiosité, leur sensibilité et leur sens critique afin de former ainsi de futurs professionnels plus autonomes et plus responsables.

La communication ainsi construite et consolidée utilisera, c'est l'évidence, les vecteurs et les outils d'aujourd'hui, auxquels, bien entendu, les étudiants auront été exercés à l'occasion des diverses applications développées, lors des travaux pratiques notamment. L'utilisation de ces outils, séduisants et efficaces, rend encore plus nécessaire une formation rigoureuse et une maîtrise des contenus.

Il est évident par ailleurs que cet enseignement sera d'autant plus efficace qu'il sera relayé par l'ensemble de l'équipe pédagogique à l'occasion de la mise en forme des travaux pratiques, de la conduite et de la présentation des projets tutorés et de la soutenance des mémoires de stage.

De la même manière, la partie liée à l'expression professionnelle pourra être utilement développée de manière transversale (direction des études, responsable des stages) pour construire avec l'étudiant son projet personnel et professionnel et l'aider à se réaliser dans une démarche utilement éclairée.

Le développement de la culture générale ainsi que la mise en place du projet personnel et professionnel de l'étudiant pourront être développés et approfondis, si nécessaire, en faisant appel aux possibilités d'adaptation à l'environnement prévues dans le programme pédagogique national.

### **Semestre 1 UE 1. 1 – TD 16h, TP 16h**

#### 1.- Problèmes généraux de communication

Langages et communication : les codes, les niveaux de langage, le métalangage, l'expression du référentiel, le verbal et le para-verbal, le schéma de la communication.

Concepts, analyse d'exemples, applications.

#### 2.- La prise de note.

3.- La synthèse de documents ; la note de synthèse.

### **Semestre 2 UE 2.1 – TD 16h, TP 12h**

1.- Formation à la recherche documentaire : la documentation aujourd'hui (documentation papier, documentation électronique), l'utilisation des portails documentaires, des didacticiels, le traitement de l'information dans les documents universitaires produits et dans les situations de communication en général.

#### 2.- L'écrit et l'oral – méthodologie du mémoire et de la soutenance :

- application par la réalisation d'un travail personnel ou en petits groupes ; mise en forme d'un mémoire sur un sujet défini puis soutenance de celui-ci en travaux pratiques ;

- utilisation des supports et des vecteurs de communication propres à l'oral.

3.- La communication rapide, journalistique : exercices filmés en travaux pratiques.

### **Semestre 3 UE 3. 1 – TD 16h, TP 16h**

– Module de communication pré – professionnelle :

Correspondance commerciale, administrative, professionnelle.

Préparation à la recherche d'emploi : fiche de synthèse de la formation reçue, bilan personnel, bilan professionnel, analyse d'une offre d'emploi, lettre de motivation et curriculum vitae, analyse d'entretiens filmés et réalisés avec des directeurs de ressources humaines, simulations d'entretiens filmés.

Dans ce module, on articulera travaux dirigés et travaux pratiques.

– Module de communication et culture générale :

On pourra utilement aborder le thème « image et communication » : éléments d'une sémiologie de l'image, image rationnelle, image créative, image expressive et conative.

Le schéma et l'exposé scientifique, l'image publicitaire, l'image didactique, l'image pédagogique seront présentés.

Ce module s'appuiera inévitablement sur l'analyse d'exemples judicieusement choisis.

– Préparation au stage :

Dans le cadre de la préparation au stage en entreprise, on approfondira la méthodologie du mémoire et de la soutenance et on effectuera un travail sur la présentation du bilan de stage. L'exposé d'un petit travail personnel sur un sujet de culture générale pourra utilement articuler, avant le départ en stage, un exercice d'ouverture culturelle et un dernier entraînement aux relations de communication.

#### **4.1.7. Connaissance de l'entreprise, projet personnel et professionnel (PPP)**

Cet enseignement visera d'une part à préparer l'étudiant à l'entrée en entreprise, d'autre part à finaliser son PPP.

L'enseignement a donc un double but.

Le premier consiste à présenter aux étudiants les différents postes de travail et l'évolution de carrière d'un technicien du génie thermique et énergie dans les entreprises représentatives de la spécialité. Une présentation des différentes licences professionnelles proposées dans la spécialité ou d'autres spécialités sera effectuée. Cette partie s'effectuera en début de semestre et se terminera par la présentation par chaque étudiant de son projet professionnel. L'étudiant devra rédiger un mémoire relatif à l'évolution de son ppp tout au long des deux années d'études. La logique de la démarche, la cohérence des arguments et la connaissance du secteur professionnel seront évalués.

Le deuxième consiste à présenter des notions succinctes, permettant de dégager les contraintes d'organisation économiques auxquelles l'activité en entreprise est soumise. Ces contraintes influencent les décisions prises au même titre que les aspects techniques. Leur présentation vise à favoriser la concertation, le dialogue et la communication entre les techniciens et les opérateurs économiques.

#### **Semestre 4 UE 4.1 – cours 6h, TD 18h, TP 8h**

L'entreprise, définition, modèles d'organisation, relations humaines :

Organisation de l'entreprise : différents types d'entreprises, grandes fonctions (personnel, commercial, marketing...), les différentes organisations que l'on peut rencontrer, relations entre les types d'organisation et le mode de management (aspect, prise de décisions et pilotage des actions).

Relations humaines : besoins en communications verticales et transversales, éléments de législation sociale.

Environnement économique de l'entreprise :

Consommation, compétition économique, marketing et stratégie d'entreprise, intervenants, investissements et progrès économiques, production, contraintes légales et administratives (assurances, banques), réglementations diverses, commerciales, sociales, fiscales.

Gestion économique de l'entreprise :

Notions élémentaires et principes : recettes, dépenses, équilibre financier, prix de revient, prix de vente.

Gestion comptable et financière : comptabilité générale, bilan - compte de résultat, comptabilité analytique, construction des coûts, notion d'unités d'œuvre, frais directs/frais répartis, centre de frais, éléments de compréhension de documents financiers, contrôle de gestion, définitions et objectifs, analyse et contrôle des coûts, tableau de bord de gestion.

#### **4.1.8. Langue : anglais**

Compte tenu du caractère incontournable de l'utilisation de l'anglais dans la vie professionnelle, son apprentissage sera posé comme une exigence.

Dans les cas où des étudiants seraient des débutants complets, des enseignements adaptés devront être mis en place pour les amener à un niveau correct.

Les étudiants peuvent bien entendu suivre en sus des cours facultatifs d'autres langues organisés au niveau du département ou de l'IUT.

## **Intentions pédagogiques et compétences recherchées**

L'enseignement a pour but de développer les compétences suivantes :

Assurer la communication quotidienne avec une approche fonctionnelle tournée vers les situations professionnelles

Développer les bases langagières et les outils de la communication professionnelle (téléphone, courriel, fax, rapport, compte-rendu...)

Acquérir les outils lexicaux pour assurer la communication technique.

Ces trois objectifs pourront servir de fil conducteur, selon les méthodes pédagogiques employées, pour la gradation de l'enseignement:

Le niveau de compétence à atteindre peut être situé par rapport au système proposé dans le " cadre européen commun de référence pour les langues: apprendre, enseigner, évaluer" qui s'appuie sur une division initiale en six niveaux : utilisateur élémentaire A1 et A2 – utilisateur indépendant B1 et B2 – utilisateur expérimenté C1 et C2. Le niveau B1 est équivalent au niveau du CLES1.

Le niveau B1 doit être considéré comme l'objectif souhaitable. Toutefois, pour tenir compte de l'hétérogénéité des niveaux à l'entrée, des dispositions devront être prises pour qu'aucun étudiant ne sorte des quatre semestres avec un niveau de compétence inférieur à A2.

### **Semestre 1 UE 1. 1 – TD 16h, TP 16h**

Développement des compétences en vue de la communication quotidienne

### **Semestre 2 UE 2.1 – TD 16h, TP 16h**

Développement des outils et de la pratique de la communication professionnelle

### **Semestre 3 UE 3.1 – TD 16h, TP 16h**

Acquisition des outils lexicaux de la communication technique (vocabulaire technique, lecture de plans, de notices...)

### **Semestre 4 UE 4.1 – TD 12h, TP 12h**

Perfectionnement de la communication professionnelle et technique.

## **4.2 Connaissances techniques**

### **4.2.1. Electricité**

#### **Intentions pédagogiques et compétences recherchées**

Cet enseignement concerne l'électrotechnique et l'électronique, considérées comme des outils du génie thermique et énergie. Il se différencie donc totalement d'un enseignement de type fondamental. Après l'introduction ou le rappel des notions de base, il doit préparer l'élève à l'utilisation de l'électricité et de l'électronique dans les appareillages des domaines du génie thermique (mesures, électrothermie, choix et utilisation des machines électriques). Les étudiants devront avoir les compétences nécessaires pour :

calculer les caractéristiques d'une installation en courant monophasé et en triphasé.  
mesurer les principales grandeurs électriques (tension, courant, puissance, impédances caractéristiques)

calculer les performances d'un moteur, l'installer et le faire fonctionner dans des conditions de sécurité

maîtriser la lecture de plans conventionnels

se repérer dans les câblages d'armoires de commande, des choix des appareils et des réseaux

mettre en œuvre les normes en vigueur.

### **Semestre 1 UE1.2 – cours 16h, TD 24h, TP 32h**

Notions d'électrocinétique, courants monophasé et triphasé.

loi d'Ohm, générateurs de courant et de tension en courant continu ; théorèmes de Thévenin et de Norton. notions de dipôle (résistance, générateur, récepteur actif).

courant alternatif monophasé (définition, impédance, représentation complexe, circuits types, puissances active et réactive, relèvement du facteur de puissance) . courant alternatif triphasé (production d'une tension alternative triphasée, montages étoile et triangle, puissance) .

pertes, rendement.

Moteurs en courant alternatif

moteurs synchrones et asynchrones.

caractéristiques de démarrage et de fonctionnement,

protection

commande de vitesse.

choix par rapport à une utilisation ts

Norme (N.F.C 15.100 par exemple)

Courants forts

symbolique des schémas, représentation codifiée des appareils, mentions sur les appareils structure d'une installation type dans le secteur tertiaire, distribution, canalisations, protections ; éclairage, prise de courant, VMC, chaufferie, boucle de refroidissement

structure d'une installation type dans le secteur industriel, détermination des courants de C/C, protection des circuits et des personnes (coupe circuit, relais, délesteurs...), groupes de secours - courants faibles

alarmes techniques (objet, analyse d'une installation type)

détection incendie, alarme intrusion

téléphone et circuits informatiques

Les mesures électriques (principes généraux et modalités)

courant, tension,

puissance,

impédance, utilisation de l'oscilloscope

Électronique.

redressement : thyristor, réglage de puissance,

amplification linéaire des faibles signaux ; contre-réaction,

amplificateurs opérationnels (fonctionnement en boucle ouverte, en boucle fermée,

amplificateurs de différence, système proportionnel, intégrateur et dérivateur).

#### **4.2.2. Informatique**

##### **Intentions pédagogiques et compétences visées**

L'enseignement de l'informatique doit s'adapter aux rapides évolutions technologiques de cette spécialité. Il ne peut viser à faire des étudiants des spécialistes du domaine, mais seulement les rendre aptes à en utiliser les possibilités au profit de leur domaine professionnel.

Les compétences recherchées seront donc relatives à:

- La connaissance du fonctionnement d'un PC
- La maîtrise des outils de bureautique
- Le calcul sur tableur, l'algorithmique, la conception d'un programme
- L'utilisation des logiciels de CAO- DAO, logiciels de thermique du bâtiment.

### **Semestre 1 UE 1.2 – TD 8h, TP 24h**

Généralités sur l'informatique

Constitution d'un micro-ordinateur, système d'exploitation, réseaux

Outils bureautiques (traitement de texte, tableur)



**Semestre 2 UE2.2 – TP 24h**

Algorithmique,  
 Programmation d'applications dans un langage évolué  
 Exploitation de logiciels métier

**Semestre 3 UE 3.2 – 24h**

Application dans les processus industriels  
 Machines informatiques et interfaces  
 Acquisition et traitement de données  
 Exploitation de logiciels métier (base de données, infographie, CAO, DAO, dimensionnement...)

**4.2.3. Mécanique****Intentions pédagogiques et compétences recherchées**

L'objectif de cet enseignement est d'apporter une contribution à l'acquisition d'une culture scientifique de base permettant la compréhension des lois du mouvement et une certaine maîtrise dans le maniement des outils de la dynamique. Les enseignants devront présenter des exemples et définir des thèmes de travaux dirigés en rapport avec l'énergétique et la thermique (cinématique et dynamique de pièces de moteurs, de machines thermiques, équilibrage de machines tournantes, vibration...).

L'étudiant devra être capable de déterminer les conditions d'équilibre d'une structure, de mettre en équation le mouvement d'un solide et de résoudre des cas simples.

**Semestre 1 UE1.2 – cours 16h, TD 24h**

Calcul vectoriel et statique

notion de torseur et opérations élémentaires

caractérisation des liaisons mécaniques

principe fondamental de la statique du solide et applications élémentaires.

(La statique du solide fournira les exercices d'application du calcul vectoriel. Ce chapitre devra être traité avant le début du cours de matériaux qui utilise également ces notions).

Cinématique

définitions : position, vitesse, accélération d'un point matériel

définition du torseur distributeur des vitesses d'un solide

étude de quelques mouvements simples plan sur plan

notions élémentaires sur le mouvement relatif.

Cinétique

définitions : quantité de mouvement - énergie cinétique

torseur cinétique du solide indéformable : définition, établissement dans des cas simples

théorème de l'énergie cinétique et applications élémentaires .

Les définitions et notions élémentaires de géométrie des masses seront introduites au cours de ce chapitre selon besoin.

Dynamique

torseur dynamique du solide indéformable : définition et établissement dans des cas simples .

principe fondamental de la dynamique.

Applications en rapport avec la thermique et l'énergétique

**4.2.4. Transferts thermiques****Intentions pédagogiques et compétences recherchées**

Il s'agit ici d'une discipline de base de la spécialité. L'enseignement devra donc viser à donner aux étudiants une connaissance et une compréhension de l'ensemble des phénomènes de transfert thermique suffisantes pour leur permettre d'aborder les situations d'application professionnelle avec le recul et la capacité d'analyse de spécialistes.

On montrera la variété des applications possibles sur des exemples dans les domaines classiques de l'industrie ou de la thermique des locaux, mais également d'origine médicale ou biologique (œil sec, mort subite, métabolisme, sensation de froid par grand vent) ou de microthermique (rôles respectifs des effets de surface et de volume) ou de micro-électronique.

Les TP permettront d'illustrer les différentes configurations, de donner des ordres de grandeur, de faire comprendre les effets, d'acquérir des méthodes de mesure. Ils pourront être groupés avec des TP d'autres disciplines du même semestre.

Les étudiants devront être capables d'analyser les situations physiques de transfert de chaleur, de résoudre les problèmes dans les différents modes simples et couplés, de déterminer des champs thermiques stationnaires et évolutifs, et connaître les techniques et appareillages de mise en œuvre et de mesure.

## **Semestre 2 UE 2.2 – cours 16h, TD 16h, TP 24h**

### CONDUCTION

Bases physiques :

La conduction dans un solide homogène et isotrope. Hypothèse de Fourier.

Conductivité thermique. Ordres de grandeur. Influence de la température. Approximation par une valeur constante.

Contact d'un solide avec des sources extérieures solides ou fluides : notions physiques de conditions aux limites, contact réel, contact parfait ; schématisation par les coefficients d'échange. Evolution en fonction du changement d'aspect de la surface par encrassement, entartrage, oxydation, ...

Cas des phénomènes permanents. .

Equation de la chaleur (forme générale, formes simplifiées).

Problème de mur : répartition de température, densité de flux de chaleur, résistance thermique d'un mur,

Murs accolés, coefficient de transfert d'un mur. Cas du mur avec production interne de chaleur.

Isolation thermique des surfaces planes. .

Problèmes cylindriques (cylindres pleins et tubes) : répartition de température, flux de chaleur par unité de longueur, résistance thermique d'un cylindre, tubes composites. Cas du cylindre avec production interne de chaleur. Coefficient de transfert d'un cylindre.

isolation thermique des conduites, optimisation énergétique, rayon critique.

- notions succinctes sur les problèmes sphériques.
- problèmes des barres cylindriques et des ailettes. Efficacité et rendement.

Utilisation de ces modèles théoriques simples pour une solution approchée de dispositifs réels plus complexes (formes et conditions aux limites simplifiées).

- optimisation économique des parois isolantes (investissement, fonctionnement).

### CONVECTION

Loi de Newton.

Coefficient d'échange convectif. Ordre de grandeur.

Résistances thermiques de convection.

### RAYONNEMENT THERMIQUE

Lois physiques du rayonnement thermique : émission, transmission, réception.

Définitions des grandeurs radiatives relatives à l'émission (flux, intensité, luminance, émittance, éclairage).

L'émission du corps noir : lois de Stefan-Boltzmann, de Planck, de Wien.

Emission des corps réels comparée à celle du corps noir : émissivité, indicatrices d'émission.

Autres propriétés radiatives des corps : réflexion, absorption, transmission. Définition des facteurs de

réflectivité, d'absorptivité, de transmittivité monochromatiques et totaux. Loi de Draper.

## **Semestre 3 UE 3.2 – cours 30h, TD 30h, TP 32h**

### RAYONNEMENT THERMIQUE

Echange d'énergie par rayonnement entre corps solides : loi de Bouguer, facteurs de formes. Cas simples entre plans ou cylindres coaxiaux isothermes. Cas d'une source placée dans un local ... Applications aux vitrages et écrans thermiques.

L'effet de serre. Bilan radiatif de la terre avec ou sans atmosphère : mécanismes de l'absorption et mesures préconisées.

Capteurs sélectifs. Rayonnement par bandes (on s'intéressera essentiellement aux échanges dans les foyers entre flamme et parois, en présence des produits de la combustion).

Mesures des rayonnements thermiques ; pyrométrie et thermométrie. Mesures des coefficients radiatifs.

## CONDUCTION

Cas des phénomènes instationnaires.

Equation de la chaleur. Notion de diffusivité thermique.

- problème du mur semi-infini : cas d'un échelon de température superficiel, cas d'une variation périodique superficielle de température ou de flux. Détermination du champ de température et des flux, notion d'effusivité thermique. On insistera sur le fait que les paramètres caractéristiques sont, dans les phénomènes instationnaires, la diffusivité et l'effusivité et non pas la conductivité.

- contact brusque entre deux murs isothermes.

Refroidissement et réchauffement de systèmes finis simples, murs, cylindres, sphères, parallélépipèdes rectangles et cylindres courts.

Recherche des solutions à l'aide, soit des relations analytiques, soit d'abaques pré-existants, soit de moyens informatiques plus ou moins élaborés (depuis les méthodes numériques aux différences finies jusqu'aux tableurs courants) en mettant en évidence les points forts et les inconvénients des différentes méthodes.

## CONVECTION

Description des échanges de chaleur entre une paroi et un fluide. Couche limite dynamique, couche limite thermique. Écoulements laminaires et turbulents. Analogie de Reynolds. Notion globale de similitude. Nombres caractéristiques adimensionnels.

- Etudes de cas simples :

Écoulement laminaire forcé sur une plaque plane : les hypothèses et les résultats de la théorie de Blasius,

lois de transfert local et global.

Écoulement turbulent forcé sur une plaque plane. Conditions d'apparition de la turbulence, transition.

Relevés expérimentaux d'informations et établissement de lois de corrélation (on traitera des cas où les vitesses sont faibles et où le frottement reste négligeable et des cas où les vitesses sont élevées avec frottement important ; définition de la température propre et du facteur de récupération).

Écoulements forcés dans des tubes de révolution. Corrélations classiques. Notion de blocage thermique

dû à la variabilité de la masse volumique en fonction de la température.

- écoulements forcés autour d'un cylindre de révolution placé transversalement. .

Convection naturelle sur plaque plane ou autour de cylindres. Notion de configurations stables

(stratification, inversion de température, effets environnementaux) et instable.

- thermosiphon, tirage des cheminées.

- convection avec changements d'états, ébullition, condensation.

- lois de transfert de masse- analogie entre transfert de chaleur et de masse.

## TRANSFERTS COUPLES

Des problèmes mixtes seront traités où coexistent les différents modes de transfert de chaleur. En particulier, on attachera une attention spéciale sur le fait que, dans un ensemble technique, les différents composants interfèrent du point de vue thermique et qu'un problème pratique essentiel est de s'assurer, même au niveau du projet, qu'en aucun point des

températures limites ne risquent d'être atteintes, quelles que soient les conditions de fonctionnement (il est notamment souvent judicieux de vérifier l'évolution du champ de température en tout point de l'ensemble étudié lors de l'arrêt des pompes ou des ventilateurs).

Des comparaisons seront menées entre les résultats obtenus, sur les champs de température et sur les performances énergétiques d'un ensemble technique, pour un ensemble neuf dans les conditions nominales de fonctionnement et pour le même ensemble en "fonctionnement dégradé", c'est-à-dire après encrassement des surfaces d'échange, changement des émissivités par oxydation, réduction des sections des conduites par entartrage.

#### **4.2.5. Propriétés des matériaux**

##### **Intentions pédagogiques et compétences recherchées**

L'objectif de cet enseignement est d'apporter :

- Une culture scientifique de base sur le comportement des solides déformables et la résistance des matériaux,
- Une connaissance des propriétés des principaux matériaux d'ingénierie débouchant sur les critères de choix et les précautions d'utilisation de ceux-ci. On insistera bien évidemment sur les problèmes touchant plus particulièrement le génie thermique.

L'étudiant devra être capable de gérer les problèmes de dimensionnement et de choix des matériaux dans les cas simples et de dialoguer avec les spécialistes dans les cas plus complexes.

##### **Semestre 2 UE 2. 2 – cours 20h, TD 20h, TP 20h**

Généralités:

mise en évidence des forces de cohésion et définition du tenseur représentatif  
 notion de solide déformable, contrainte, déformation  
 notions descriptives sur les essais mécaniques : traction, dureté, résilience, fatigue  
 lois de comportement, élasticité, plasticité, viscosité  
 modes de rupture, fragilité, ductilité.

Comportement élastique des poutres:

traction, compression  
 torsion  
 flexion.

(on se limitera à des chargements simples et on s'efforcera de traiter des exemples en rapport avec la spécialité )

Elasticité plane (approche simple):

état plan de contraintes et déformation  
 cercle de Mohr, directions principales de contrainte et déformation  
 application au dimensionnement et à la conception des conduites et réservoirs.

Contraintes thermiques:

notion de dilatation thermique  
 relation contrainte - déformation - température  
 application aux cylindres creux chauffés  
 conséquences pratiques des échauffements sur les structures et les mécanismes :  
 déformation des conduites,  
 blocages des machines tournantes.  
 remèdes employés : liaisons flottantes, joints de dilatation, géométrie des pièces,  
 compatibilité de dilatation.

Propriétés des matériaux d'ingénierie thermique:

classification des matériaux : métaux, céramiques, polymères, composites  
 propriétés physiques, mécaniques et thermiques des différents matériaux ; influence de l'échauffement, de la corrosion, du vieillissement  
 critères de choix et d'utilisation des matériaux, notamment dans le domaine de l'énergie et du génie énergétique.  
 (des applications seront développées dans l'enseignement de techniques du génie thermique).

#### 4.2.6. Régulation

##### Intentions pédagogiques et compétences recherchées

Cet enseignement a pour objectif de fournir à l'étudiant des connaissances qui lui permettront d'optimiser la conception et l'exploitation des systèmes automatiques divers rencontrés en génie climatique et dans l'industrie. Avec une vision " système ", l'étudiant sera capable de déterminer le régulateur le plus approprié à un procédé donné.

Les applications seront orientées sur les installations rencontrées en génie énergétique, tant dans le bâtiment que dans l'industrie. On pourra traiter par exemple les régulations de température, de niveau, de débit,..., la régulation des échangeurs, etc. Des exemples de régulateurs industriels seront présentés avec leurs algorithmes de réglage. Des problèmes de boucles imbriquées pourront être vues en TP. Une initiation à la gestion centralisée sera abordée.

##### Semestre 3 UE 3.2 – cours 14h, TD 32h, TP 20h

Principes de la régulation :

boucle ouverte, boucle fermée, objectifs de la régulation et lois de commande

Schémas: réalisation des schémas TI et fonctionnels (normes Afnor E04-203-1)

Systèmes: modélisation et identification par voies analytique et expérimentale, caractérisation par un 1<sup>er</sup> ordre, 1<sup>er</sup> ordre + retard, 2<sup>nd</sup> ordre, procédés naturellement intégrateur.

Organes de réglage: vannes 2, 3, 4 voies, autorité courbe, caractéristiques, schémas de montage

Différents moyens de régulation: tout ou rien, flottante, progressive, notion de régulation floue.

Comportement d'une régulation:

Etude de la stabilité dans le plan de Black, précision et rapidité. Etude en poursuite et en régulation (comportement vis-à-vis des perturbations).

Correcteurs:

Présentation et actions recherchées, initiation aux systèmes échantillonnés et algorithmes de commande.

Exemples de régulateurs domestiques et industriels à structure analogique, numérique, algorithmes auto-réglants et auto-adaptatifs.

Systèmes de conduite et de gestion du chauffage électrique: Régulation d'ambiance, thermostats TOR non modulé, modulé, intermittence, programmation localisée, centralisé.

Chauffage particulier et collectif, régulation bi-jonction directe, mixte.

Notions de gestion centralisée: Principes, les bus pour " bâtiments intelligents " (normes NFC 46620 et suivantes, européennes Cenelec)

Réseaux de communication, bus et liaisons parallèle et série, protocole et topologie, exemples.

#### 4.2.7. Combustion

##### Intentions pédagogiques et compétences recherchées

Cet enseignement fait partie des bases de la spécialité. Il devra donc apporter aux étudiants les bases physiques nécessaires pour comprendre les phénomènes de combustion et le

fonctionnement des installations, mais également les savoir-faire pratiques leur permettant de s'intégrer rapidement dans le secteur professionnel concerné.

L'étudiant devra connaître les différents combustibles, leurs modes de combustion et de mise en œuvre, leurs impacts environnementaux, avoir des notions de niveau opérationnel sur les différents appareillages (fours, foyers, brûleurs, chambres de combustion...) et les moyens de mesure et de réglage.

#### **Semestre 4 UE 4.2 – cours 12h, TD 14h, TP 24h**

##### Les combustibles

les combustibles industriels et domestiques ; origine, traitement, acheminement, stockage ; caractéristiques et normes

prix de revient

##### La combustion - notions théoriques

cinétique de réaction, application du deuxième principe

inflammation : limites, délais, réaction en chaîne

problèmes volumétriques de la combustion : combustion oxydante incomplète, diagrammes de combustion

vitesse de déflagration

pouvoir calorifique, sa mesure.

##### La combustion - notions pratiques

description d'une combustion : succession ou simultanéité des phénomènes fondamentaux : évaporation, dissociation, mélange et oxydation .

applications à la combustion des gouttes et des solides

flammes industrielles : flamme de prémélange, flamme de diffusion, caractère auto-entretenu, formation du carbone, origine de la luminosité des flammes

excès d'air, définition et modes de calculs, détermination à partir des produits de la combustion, analyse des fumées

produits de combustion et polluants

##### Applications

effet thermique ; application du premier principe pour l'évaluation indirecte des chaleurs de réaction

calcul de la température de flamme ; phénomène de dissociation ; effet du préchauffage ou de l'enrichissement en

oxygène ; rendement énergétique des foyers

établissement des bilans thermiques à partir de l'analyse des produits de combustion..

##### Description des fours et foyers

foyers à parois chaudes à faible flux thermique (fours)

foyers à parois froides à haut flux thermique (chaudières)

##### Bilans thermiques dans un foyer

charges thermiques, rendements, les différents types de pertes

contrôle de la combustion par analyse des produits de la combustion

##### Échanges de chaleur dans un foyer

foyer isotherme ; modélisation de Hottel

facteur émissif des gaz et des suies

facteurs de forme

rôles des réfractaires dans les fours

##### Aérodynamique dans une enceinte

impulsion, jet libre et confiné, longueur de flamme

recirculation, son influence sur l'auto-entretien de la combustion et sur les échanges thermiques

interaction entre brûleur et foyer

modulation de la flamme, tuyère à double impulsion, exemples de tuyères mixtes

stabilisation des flammes : pilotage au gaz, à l'oxygène, ouvreau, obstacles et mise en rotation

nouvelles technologies de brûleurs.

#### 4.2.8. Echangeurs

##### Intentions pédagogiques et compétences recherchées

Prolongement direct de celui de transfert thermique, cet enseignement est un élément de base de la formation de tout spécialiste en énergétique, quel que soit son niveau d'études.

On ne traitera que les échangeurs à fluides séparés par une surface thermiquement conductrice et débutera par une présentation des différents types d'échangeurs (avec ou sans changement de phase) et leurs classifications. La conception technologique des échangeurs les plus utilisés (échangeurs tubes et calandre, échangeurs plaques et joints, échangeurs plaques soudées) sera abordée.

L'étudiant devra acquérir les compétences suffisantes pour :

calculer un coefficient d'échange global de l'échangeur

dimensionner la surface d'échange, dans une technologie donnée ou déterminer les conditions de sortie des fluides

déterminer les pertes de pression des fluides

faire un bilan thermique

Les TP de cette matière pourront être regroupés avec ceux d'autres matières de ce semestre. Ils devront permettre de faire des bilans thermiques et comparer différents types d'échangeurs.

##### Semestre 4 UE 4.2 – cours 14h, TD 14h, TP 12h

Généralités :

Définition, Classification des échangeurs, Les technologies usuelles, Critères de choix, Marché et applications des échangeurs.

Grandeurs caractéristiques dans les échangeurs :

Coefficients locaux et coefficient global de transfert de chaleur, Encrassements dans les échangeurs, Ordres de grandeurs de coefficients d'échange et d'encrassement, Grandeurs principales : températures caractéristiques, rapports de débits de capacité thermique, Différence de température moyenne logarithmique, Efficacités, Nombre d'unités de transfert, Sens de circulation des fluides : co-courants, contre courants, courants croisés

Intensification de l'échange : surface ailetée

Problème de la dissymétrie des coefficients locaux, Ailettes à section et périmètre constant, Efficacité d'ailettes, Rendement d'une surface ailetée, Ailette à section non uniforme, Corrélations pour les surfaces ailetées.

Etude des échangeurs :

Pour tous les cas étudiés on donnera : l'évolution des températures, la puissance échangée, le nombre d'unités de transfert, l'efficacité, le facteur correctif du  $\Delta T_{ML}$ , cas particuliers (changement de phase,...),

On étudiera les principaux types d'échangeurs: Echangeur contre courants, Echangeur co-courants, Echangeurs à boucles (boucle simple, boucles multiples), Echangeurs à courants croisés.

Dimensionnement des échangeurs, loi des assemblages en série et en série parallèle :

Calcul du service thermique des échangeurs : méthode du  $\Delta T_{ML}$ , méthode du NUT, Généralités sur le calcul des pertes de charge, Assemblage des échangeurs : série, série parallèle.

Technologie des échangeurs :

Echangeurs tubes et calandre : généralités, écoulement intérieur tubes, écoulement extérieur tubes, technologie

Echangeurs plaques et joints : éléments de construction et caractéristiques de fonctionnement, facteurs définissant les performances d'une plaque, performances hydrauliques

Autres types d'échangeurs : échangeurs indirects ou à fluide intermédiaire, échangeurs périodiques, micro-échangeurs.

Les échangeurs à changement de phase :

Condenseurs : utilisation des condenseurs, différents types de condenseurs, condensation d'une vapeur pure, définition des paramètres, détermination des coefficients d'échange.

Évaporateurs : définition, calcul des coefficients d'échange, les divers types d'évaporateurs, assemblage des évaporateurs, procédés de diminution de consommation de vapeur

#### **4.2.9. Maîtrise de l'énergie, énergies renouvelables**

##### **Intentions pédagogiques et compétences recherchées**

La maîtrise de l'énergie et des phénomènes thermiques sauvegarde le milieu naturel et économise les richesses, tout en répondant aux demandes de la société.

Cet enseignement doit apporter à l'étudiant une vue générale des différentes sources d'énergies, de leurs utilisations et de leurs impacts sur l'environnement. Un aperçu des réserves et des consommations d'énergie mondiale et française sera donné. Un bilan sur les consommations et les économies dans les secteurs du tertiaire, du résidentiel, industriel et du transport sera abordé. Les critères d'optimisation des systèmes industriels seront développés.

On étudiera ensuite plus particulièrement : l'énergie solaire, l'éolien, la biomasse, la géothermie et l'énergie nucléaire.

L'étudiant devra être capable d'analyser un problème de maîtrise de l'énergie dans ses aspects économiques et environnementaux et de proposer les solutions les mieux adaptées, de proposer des solutions utilisant les énergies nouvelles et favorisant le développement durable.

##### **Semestre 4 UE 4. 2 – cours 10h, TD 10h**

Introduction à la maîtrise de l'énergie : Notion d'environnement et impact du génie thermique sur l'environnement.

Les différents types d'énergie et leur transformation : énergie mécanique, thermique, chimique, nucléaire, électrique.

Ressources et consommations d'énergie : définitions, classement des ressources, consommation mondiale, consommation française

Economies dans le secteur résidentiel et tertiaire : consommation d'énergie dans le secteur résidentiel : description des usages, structure de la consommation d'énergie, caractérisation des usages de l'énergie, comportement des ménages, économies réalisables. Consommation de l'énergie en secteur tertiaire : généralités, facteurs déterminant la demande d'énergie, rôle de la croissance économique, économies réalisables.

Economies dans les transports : consommation par secteur, comment économiser : innovation technologique, action sur le comportement.

Economie dans le secteur industriel : Les usages de l'énergie, structure de la consommation, comment économiser .

Optimisation des systèmes industriels : définitions des objectifs de l'optimisation d'un système, application aux systèmes thermiques, critères d'optimisation : critères thermodynamiques, critères constructifs, critères économiques .

Les différentes sources d'énergie : énergies fossiles, énergies des eaux (douces et marines), énergies dites renouvelables (éolien, solaire, géothermique, biomasse), énergie nucléaire, pile à combustible, bio-carburants ...

Energie solaire : généralités sur le rayonnement solaire; conversion thermique de l'énergie solaire : capteurs plan (généralités, technologie, performances, installation, utilisation, chauffage solaire d'une maison, chauffe eau solaire) , capteurs à concentration (principe, rendement, applications); conversion photovoltaïque : principe de fonctionnement, constitution, rendement, utilisation; capteurs hybrides .

Energie éolienne : introduction, généralités sur le vent, théorie des aéromoteurs : théorie de Betz, structure et aérodynamisme de la pale, description et performances des machines à axe horizontal, description et performances des machines à axe vertical, utilisation des éoliennes.

Biomasse : généralités : photosynthèse des végétaux, eaux usées et déchets municipaux ; sources . Généralités sur la cellulose, disponibilité mondiale de la cellulose, disponibilités de l'U.E. en paille; paramètres de fonctionnement des digesteurs : le rapport carbone/azote,



température et taux d'accomplissement, taux de charge; conception d'un digesteur ; caractéristique des déchets, exemples, principes de réalisation  
 Géothermie : aspect historique, origine de la géothermie, classification de la géothermie, utilisation, aspect technique, bilan financier  
 Energie nucléaire : généralités, énergie chimique et énergie nucléaire, particules et rayonnement, interaction rayonnement - matière, la fission, la réaction en chaîne, le réacteur nucléaire, les filières, radioprotection, sûreté nucléaire.

#### **4.2.10. Développement de l'autonomie – études techniques et adaptation à l'environnement**

##### **Intentions pédagogiques et compétences recherchées**

Ces modules sont destinés au développement de l'autonomie de l'étudiant dans le processus d'apprentissage ainsi que dans la mise en application des connaissances au cours de travaux personnels encadrés réalisés en petits groupes.

Après un support d'enseignements généraux constituant les bases de la formation à l'autonomie, les exercices d'application adaptés seront mis en place en fonction des publics diversifiés et des besoins identifiés localement.

La mise en application de ces compétences se poursuivra dans le projet tutoré, élément très important de la formation pour tout ce qui concerne l'autonomie, les méthodes de travail et l'organisation du travail en groupe.

##### **Semestre 2 UE 2.2 – TD 12h, TP 12h et semestre 3 UE 3.2 – TD 12h, TP 12h**

Recherche d'une auto-formation complémentaire en vue de traiter un problème précis: où et comment chercher l'information, comment l'assimiler et l'utiliser?

Réinvestissement des connaissances acquises

Initiation au travail en groupe

Elaboration construite et argumentée d'un projet

Construction d'un échéancier (planning, programme ...)

Etablissement d'un outil de suivi et de contrôle

Ce programme sera bien entendu traité en relation avec l'enseignement relatif à la méthodologie vu dans les

UE 1.1 et 2.1

Les activités de mise en application pourront être composées par exemple:

De travaux transversaux encadrés développant l'autonomie et l'esprit de recherche, d'analyse et de synthèse

D'activités pratiques et d'enseignements de soutien méthodologique pour les étudiants en difficulté

De travaux d'approfondissement dans une discipline d'intérêt local motivant certains étudiants.

##### **Semestre 4 UE 4. 2 – TD 12h, TP 36h**

Tout en restant dans l'esprit des activités ci-dessus, la mise en situation professionnelle dans des activités pratiques transversales devra être privilégiée.

#### **4.3 Connaissances professionnelles**

##### **4.3.1. Mesure, métrologie**

##### **Intentions pédagogiques et compétences recherchées**

Compte tenu de la découverte de cette matière pour un grand nombre d'étudiants et de la courte durée de cet enseignement, il s'agit dans un premier temps d'éveiller et de sensibiliser les étudiants sur l'ensemble des problèmes liés à une mesure. Dans un deuxième temps il faudra développer leur sens critique à l'énoncé d'un résultat expérimental. Ceci dans le but de relier la qualité de ce résultat aux simplifications possibles des formules ou des modèles

théoriques utilisés pour interpréter le phénomène analysé. Bien évidemment cette démarche, adoptée communément par l'ensemble des enseignants de travaux pratiques, devra être utilisée par l'étudiant bien au-delà de cette discipline au cours des 4 semestres. Ainsi à la fin des études, l'idéal serait que l'étudiant écrive le résultat de toute mesure correctement avec des ordres de grandeur cohérents. Ainsi ce savoir sera utilisé par l'étudiant durant toute sa vie professionnelle.

L'étudiant devra connaître l'existence des organismes normatifs et des règles qu'ils éditent dans le domaine de l'énergétique (vocabulaire, écriture ...). Il devra être compétent en tout ce qui concerne la mesure sur une installation de pression, de débit (ou vitesse) et de température (capteur, montage, acquisition, valeur, incertitude, écriture ...).

### **Semestre 1 UE 1.3 – cours 8h, TD 24h, TP 16h**

#### **-Normes et Unités du Système International**

Organisation française, européenne et mondiale de cette discipline

Normes, on insistera sur le vocabulaire employé, l'écriture des symboles (VIM, Normes NF X, GUM). L'application stricte de ces contraintes permet une uniformisation des notations et du vocabulaire utilisés dans nos différentes matières enseignées. Le respect de ces règles entraîne pour les étudiants une facilité de compréhension.

Définition d'une grandeur physique, référence et unité, les 7 unités de base du SI et les unités dérivées, équation aux unités de base.

#### **-Les capteurs**

Les paramètres utiles sont essentiellement la pression, le débit (ou la vitesse) et la température. Un catalogue photocopié des capteurs utilisés dans les TP et sur les installations industrielles pourra être fourni avec leur principe de mesure et les consignes de montage. Dans ce cours, on insistera à l'aide d'un exemple (sonde Pt-100, thermocouple, rotamètre, anémomètre à coupelles ...) sur la nécessité d'avoir une réponse linéaire à la grandeur physique que l'on veut mesurer.

Chaîne de mesurage, appareils analogiques et numériques. Caractéristiques d'une chaîne (étendue de mesure, résolution ...).

#### **-Analyse d'un mesurage**

Mesure directe et indirecte, les grandeurs d'influence, la méthode des 5 M (diagramme d'Ishikawa)

Résultat brut, erreur absolue et relative de mesure. Erreur systématique (notion de justesse), conditions de reproductibilité, correction, résultat corrigé.

Répétabilité, erreur aléatoire, notion de moyenne, variance, écart type (notion de fidélité), incertitude, incertitude de type A

#### **-Mesure associée à deux grandeurs**

Méthode des moindres carrés, notion de covariance et de corrélation

Application de cette méthode dans le cas de lois linéaire, exponentielle et puissance.

Utilisation du papier semi-

log et log-log. On veillera à ce que les étudiants utilisent correctement cet outil sur leur calculatrice ou sur un tableur (comme précédemment pour le calcul de moyenne, variance, écart type).

#### **-Propagation de l'incertitude**

Incertitude type composé. On se limitera au cas où les grandeurs ne sont pas corrélées entre elles

Ecriture d'un résultat

### 4.3.2. Techniques du génie thermique

#### Intentions pédagogiques et compétences recherchées

L'objectif de cette formation est de développer la culture technologique du futur technicien supérieur en lui donnant les bases nécessaires à la compréhension des processus de fabrication dans le domaine du thermicien mais également dans un domaine plus large pour favoriser son intégration transversale au sein d'une équipe pluritechnologique.

#### Semestre 1 UE 1.3 – TD 4h, TP 32h

Formation théorique TD

- Les métaux en feuille (traçage, pliage, perçage)
- Les tubes et les gaines (caractéristiques, raccordement)
- Les assemblages (soudures, brasage, agrafes, rivetages, boulons, collages)
- Les matériaux du Génie Thermique (les métaux traditionnels, les matériaux composites, les matières plastiques)
- L'usinage par enlèvement de copeaux

Formation pratique TP

Cette formation doit lui permettre d'acquérir les savoir-faire de base de quelques processus de fabrication les plus souvent utilisés dans la profession et de les appliquer.

- Travaux sur les métaux en feuille (traçage, pliage, découpage).
- Travaux d'assemblage (soudure, brasage, perçage, taraudage, collage).
- Travaux de démontage et de remontage d'éléments mécaniques de la spécialité.
- Travaux électriques (câblage, méthode de diagnostic de panne simple).
- Travaux d'usinage d'initiation tour, fraiseuse.

### 4.3.3. Bureau d'études

#### Intentions pédagogiques et compétences recherchées

Cet enseignement a pour objectif l'apprentissage de la lecture et de la réalisation de plans techniques utilisés aussi bien dans le secteur de l'industrie que dans celui du bâtiment. (représentation orthogonale et isométrique )

Cet enseignement pourra être rapidement mis en application au travers des études techniques et des projets tutorés, lors de leur réalisation.

#### Semestre 1 UE 1.3 – TP 56h

Réalisation de plans techniques de définition et / ou de conception.

Réseaux fluides et leurs composants.

Représentation des plans de câblages électriques industriels.

Apprentissage de l'utilisation de logiciels de CAO/DAO et de calculs dont le choix sera fait en fonction des besoins exprimés par les entreprises de la spécialité.

### 4.3.4. Automatismes et circuits

#### Intentions pédagogiques et compétences recherchées

Cet enseignement doit préparer l'étudiant à la maîtrise de la lecture de plans conventionnels et à se repérer dans les câblages d'armoires de commande. Il doit initier l'étudiant à la compréhension et l'étude des automatismes.

En TD, on mettra l'accent sur la symbolique des schémas et le calcul des systèmes de protection. En TP, un effort sera fait sur le câblage des armoires et la programmation des API (automates programmables industriels).

#### Semestre 2 UE 2.3 – TD 8h, TP 16h

Fonctions de base de l'appareillage électrique: protection électrique, sectionnement, commande des circuits, norme NF C-1500

Appareillage de protection électrique: fusibles, disjoncteurs, relais thermiques  
 Appareillage de commande: relais, contacteurs, interrupteur, capteur, temporisateur, ...  
 Circuits combinatoires: principe de l'algèbre de Boole, fonctions équations booléennes de base, simplification et schémas  
 Logique séquentielle: initiation au grafcet, définitions, règles, structures, macro-étapes, hiérarchie de grafkets.  
 Automates programmables industriels : structure, langage et implémentation d'un grafcet.

#### **4.3.5. Thermique des locaux**

##### **Intentions pédagogiques et compétences recherchées**

Cet enseignement sous forme de travaux pratiques est destiné à former l'étudiant au calcul de l'installation de chauffage d'une maison individuelle. L'étudiant, après l'étude sous forme de projet d'une installation de chauffage, devra être capable de réaliser les travaux décrits au programme ci-dessous.

##### **Semestre 2 UE 2.3 - TP 24h**

- Etablissement d'un cahier des charges
- Calcul des déperditions de chaleur à travers les parois
- Calcul des déperditions de chaleur dues à la ventilation
- Vérification de la conformité du projet à la réglementation thermique
- Dimensionnement de l'installation: générateur, réseau de distribution, émetteurs
- Utilisation d'un logiciel spécifique

#### **4.3.6. Technologie des systèmes thermiques**

##### **Intentions pédagogiques et compétences recherchées**

Cet enseignement est un enseignement technologique de première année. Il est destiné à présenter les appareils essentiels de chauffage, de distribution et de transfert de fluide et à en étudier la décomposition éventuelle en sous-ensembles. Ce module vise à compléter ceux de machines thermiques et de mécanique des fluides en insistant sur les aspects technologiques et sur ceux liés au couplage entre les machines qui transfèrent les fluides et les réseaux qui les distribuent. Les compresseurs sont vus par ailleurs. Il présentera techniquement la composition globale des ensembles que l'on trouve aussi bien dans le bâtiment que dans les industries, et la description fonctionnelle des divers éléments qui les composent. Seront mis en évidence leurs rôles, leurs courbes caractéristiques de fonctionnement, les règles de sécurité à respecter. Les travaux pratiques seront prioritairement destinés à permettre un contact étroit de l'étudiant avec ces appareillages ; ils comporteront donc essentiellement des manipulations de démontage, mesurage, remontage. Les TP pourront être groupés avec des TP d'autres disciplines du même semestre.

L'étudiant devra:

- savoir monter et démonter une chaudière, un corps de chauffe ou un brûleur.
- connaître les fonctions caractéristiques des différents organes de distribution des fluides.
- savoir appliquer les règles de sécurité.

##### **Semestre 2 UE 2.3 – cours 10h, TP 24h**

Brûleurs et chaudières

les brûleurs : caractéristiques, performances, conception et problèmes de maintenance.

les chaudières : conception générale, différents types, règles de sécurité.

les échangeurs, les corps de chauffe.

les fours, principaux types suivant l'usage et les sources d'énergie.

Moteurs thermique et machines frigorifiques : organes principaux et auxiliaires.

Transfert et distribution des fluides

Les pompes : les différents types, vitesse variable, courbes caractéristiques

Les ventilateurs : hélicoïdes, axiaux, centrifuges, vitesse variable, courbes caractéristiques

Les réseaux aérauliques et hydrauliques : les composants (tubes, gaines, vannes, bouteilles de découplage,...) pertes de charges, équilibrage  
Adaptation réseaux – machine hydraulique et aéraulique, point de fonctionnement

#### 4.3.7. Electrothermie

##### Intentions pédagogiques et compétences recherchées

Cet enseignement doit déboucher sur l'utilisation, à bon escient, des différentes méthodes classées ci-après. Toutefois, il conviendra de donner les bases physiques indispensables à leur compréhension et qui ne figurent pas dans le groupe des disciplines fondamentales ou techniques.

L'étudiant devra connaître les phénomènes physiques à la base du fonctionnement des appareils, les caractéristiques de ceux-ci et leurs conditions d'utilisation, la réglementation.

##### Semestre 2 UE 2.3 – cours 6h, TD 8h, TP 12h

- Techniques hiérarchisées en fonction de l'importance des utilisations.

Chauffage indirect: Chauffage par résistances. Application de l'effet Joule. Les rayonnements infrarouge et ultraviolets . Les arcs et les plasmas .

Chauffage direct : Induction électromagnétique, hystérésis diélectrique (haute fréquence, micro ondes), bombardement électronique, laser .

- Bases physiques indispensables nécessaires à la compréhension des phénomènes : Les aspects électriques :

Puissance active (Effet Joule), réactive. Champs, interaction onde électromagnétique – matière. Application des équations de Maxwell (équation de propagation, relation de continuité des champs, profondeur de pénétration) au transfert de la puissance dans le produit

Les aspects thermiques : conduction, convection, rayonnement, changement de phase

Les TD permettent d'aborder des exemples concrets. A titre d'exemple, on peut citer :  
Chauffage indirect :

Fours de traitement thermique, fours de cuisson de céramiques, bains de traitement  
Polymérisation de peinture, séchage de papier carton .Durcissement d'encre et de vernis polymérisables

Découpage, soudage

Chauffage direct :

Fusion du verre – soudage par étincelage

Fusion des métaux – traitements thermiques - cuisson

Séchage, rectifications de profil d'humidité. Collage du bois, décongélation

Soudage de métaux, usinage, découpage en micro mécanique

Découpage, perçage, soudage, gravure, traitements thermiques superficiels

Les TP portent d'abord sur l'utilisation des fours à résistances, de l'induction, des micro ondes et de l'infrarouge

#### 4.3.8. Traitement de l'air et thermique des locaux

##### Intentions pédagogiques et compétences recherchées

Cet enseignement doit apporter les connaissances théoriques sur les caractéristiques de l'air humide et familiariser avec l'utilisation des diagrammes psychrométriques. Il doit aussi décrire les architectures usuelles des installations de climatisation et de leurs régulations. Il sensibilisera l'étudiant à la réglementation thermique.

L'étudiant devra posséder les compétences suffisantes pour :

proposer une architecture de traitement de l'air et tracer son évolution dans des applications usuelles.

effectuer un bilan énergétique de l'installation  
 proposer les systèmes de commande et de gestion des installations de traitement de l'air  
 effectuer un diagnostic thermique  
 Les TP permettront d'illustrer les évolutions élémentaires de l'air dans un traitement et d'effectuer des bilans thermiques. Ils devront aussi aborder les problèmes de régulation d'une centrale de traitement de l'air

### **Semestre 3 UE 2.3 – cours 16h, TD 16h, TP 32h**

Généralités sur l'air atmosphérique : composition de l'air, rôle des composants de l'atmosphère, variations des caractéristiques de l'air, notion de climat, applications du traitement de l'air.

Caractéristiques de l'air sec : masse molaire, masse volumique, volume massique de l'air sec, enthalpie de l'air sec.

Caractéristiques de l'air humide : définition de l'air humide, vapeur saturante, grandeur spécifique, humidité spécifique, humidité relative, masse volumique de l'air humide, volume spécifique de l'air humide, enthalpie spécifique, injection d'eau dans l'air humide: température de saturation adiabatique, température de rosée ; température humide

Diagrammes de l'air humide : caractéristiques de l'air humide, diagramme de Mollier, diagrammes psychrométriques : diagramme de Carrier, influence de la pression atmosphérique

Physiologie thermique : comportement thermique de l'homme, échanges homme/ambiance, paramètres influant sur la sensation de confort : température sèche, température résultante, humidité, vitesse de l'air

Evolutions élémentaires de l'air humide : droite d'évolution de l'air humide, mélange adiabatique de deux airs humides, chauffage d'un débit d'air, refroidissement et déshumidification d'un débit d'air, refroidissement sans condensation : batterie froide sèche, refroidissement avec condensation, procédé de déshumidification, batterie froide avec by-pass, autres procédés de déshumidifications, humidification d'un débit d'air : humidification par injection de vapeur, laveur adiabatique.

Bilan thermique d'un local : origine des charges thermiques d'un local, charges externes, charges internes, charge totale, présentation des méthodes de calcul, utilisation des tables de l'AICVF, diagnostic thermique pour la réhabilitation d'un local, bilan thermique d'un local, angle d'évolution de soufflage, caisson de climatisation, évolution de l'air en climatisation d'été, évolution de l'air en climatisation d'hiver, séchoir à air chaud et à la vapeur, bilan global du caisson.

Laveurs réels, tours de refroidissement : rappels des lois de Fick et de Stefan, description du phénomène d'évaporation avec convection : transfert de chaleur sensible, transfert de masse, flux enthalpique total, bilan d'énergie dans les laveurs réels et tours de refroidissement, tracé de l'évolution de l'air dans les échanges co-courant et contre courant.

Architectures d'une climatisation : Les différents systèmes : systèmes centralisés (air neuf, air repris, ..), systèmes décentralisés autonomes (split, multi-split, VRV...), systèmes décentralisés non autonomes (ventilo convecteur, groupe eau glacée..), systèmes mixtes (armoire,..), les systèmes surfaciques.

Technologie des systèmes tout air : centrale de traitement de l'air (CTA) (caisson de mélange, caisson de filtration, caisson de chauffage, caisson de refroidissement, caisson d'humidification, caisson de ventilation, récupérateur d'énergie), exemples de CTA, CTA de toiture.

Architectures d'une régulation de climatisation : fonction de la régulation, régulateurs (tout ou rien, progressifs), capteurs (logiques, analogiques), actionneurs (servomoteurs, vannes), exemples de schémas d'installation.

Aspects biologiques : réglementation sanitaire, impacts sur la conception et la maintenance. Réglementation thermique RT 2000 : Présentation des objectifs, Calcul du U bat - C, les solutions techniques, la thermique d'été, la prise en compte du bruit extérieur.

### 4.3.9. Machines thermiques

#### Intentions pédagogiques et compétences recherchées

Cet enseignement fait appel aux bases de thermodynamique de première année S1 UE1 et S2 UE1 ainsi qu'à certains aspects développés au S2 UE 3 (Technologie des systèmes thermiques). Les machines considérées se limiteront aux moteurs thermiques et aux compresseurs, les machines frigorifiques et les pompes à chaleur étant vues dans d'autres cours.

Les étudiants devront connaître le fonctionnement et les caractéristiques des organes des différentes machines, savoir calculer les performances et les rendements sur la base des cycles associés et en tirer les conséquences économiques et environnementales.

#### Semestre 3 UE 3 .3- cours 20h, TD 20h, TP 16h

Généralités

Eléments de thermodynamique (diagrammes PV, TS et HS, rendements théoriques)

Les différents types de machines thermiques (moteur, récepteur, principes de fonctionnement)

Machines à cycles récepteurs

Les compresseurs

compresseurs alternatifs: compression monoétagée et multiétagée .Les différents rendements

compresseurs rotatifs axiaux et centrifuges.

autres

Machines à cycles moteurs

Machines alternatives

Moteurs à combustion interne

Moteur 4 temps (essence, Diesel), atmosphérique, suralimenté .Cycles théoriques et cycles réels. Critères de performance. Rapport air/carburant. Rendements. Adaptation du moteur à la charge

Machines rotatives. Turbomachines

Turbine à gaz et turboréacteur : Cycle de base. Les autres cycles .Critères de performance. Rendements.

Turbine à vapeur : Cycle de Rankine sans ou avec surchauffe .Cycle de Hirn. Cycles à prélèvement.

Rendements

Autres types de moteurs

Moteurs Stirling, Ericsson .Rendements. Applications

Moteur à air comprimé

### 4.3.10. Machines frigorifiques

#### Intentions pédagogiques et compétences recherchées

Cet enseignement fait appel aux bases de thermodynamique de première année S1 UE1 et S2 UE1 ainsi qu'à certains aspects développés au S2 UE 3 (Technologie des systèmes thermiques). A l'issue de cet enseignement l'étudiant devra avoir acquis les compétences nécessaires à l'appréhension de la globalité d'une installation de production de froid. Les différents systèmes de production de froid (compression, absorption, effet thermoélectrique) seront abordés et l'accent sera mis sur les systèmes à compression mécanique. Les problèmes liés à la nature des fluides frigorigènes seront également développés tant dans le fonctionnement de la machine (utilisation de fluides purs ou de mélanges) que dans ses effets sur l'environnement et les réglementations qui en découlent.

Les TP devront illustrer les différents systèmes de production de froid, permettre de tracer les cycles enthalpiques et de mesurer les performances globales d'une machine.

#### Semestre 3 UE3.3 – cours 12h, TD 12h, TP 16h

Généralités

Eléments de thermodynamique (diagrammes enthalpiques en particulier)

Les différentes méthodes de production de froid industriel

Machines à compression mécanique :

Machines monoétagées

Paramètres de fonctionnement.

Grandeurs caractéristiques : puissance frigorifique, puissance absorbée, puissances à l'évaporateur et au condenseur, efficacité, surchauffe, sous-refroidissement, ...

Rendement des compresseurs : volumétrique, isentropique, mécanique, électrique, de transmission, et efficacité de la machine.

Machines bi-étagées

Limites des systèmes monoétagés, besoin de systèmes bi-étagés.

Machine bi-étagée. Injection totale. Injection partielle.

Machines à compression thermique

Machines à absorption

Machines à absorption-diffusion

Machines à éjection

Comparaison avec les machines à compression mécanique

Fluides frigorigènes

Critères de choix d'un fluide

Impact sur l'environnement : couche d'ozone, effet de serre

Réglementation européenne et française

Sécurité, environnement,

Installations classées (DESP, ICPE, ...)

#### **4.3.11. Projet personnel et professionnel**

##### **Intentions pédagogiques et compétences recherchées**

Bien que les jeunes intégrant un département d'IUT aient déjà fait le choix d'une filière professionnelle, leur connaissance de l'environnement correspondant à cette spécialité reste souvent floue. Ils n'ont qu'une idée imprécise des secteurs d'activité ou des entreprises dans lesquels ils auront à évoluer, des métiers qui leurs sont ouverts, des missions qui leur seront confiées. Qu'ils soient néo-bacheliers ou issus d'une première expérience d'enseignement supérieur, ils n'ont souvent pas la capacité de mettre en rapport leurs aptitudes et aspirations avec les parcours et débouchés qui leur sont offerts.

Le but du projet personnel et professionnel est d'amener graduellement l'étudiant à explorer l'environnement professionnel et les parcours de formation possibles, à connaître ses possibilités et préciser ses souhaits, de façon à définir ce qui lui convient le mieux, faire des choix et construire son itinéraire.

La mise en place de ce projet sera suivie par une équipe comprenant des enseignants connaissant bien la profession et les parcours et les enseignants de communication, et faisant appel à des compétences extérieures telles que des professionnels, recruteurs, conseillers psychologues..., mais il est souhaitable que l'ensemble de l'équipe enseignante se mobilise notamment autour de l'indispensable suivi individuel des étudiants.

Le projet personnel et professionnel, réparti sur les quatre semestres, doit permettre à l'étudiant d'effectuer de façon construite:

le choix d'une orientation pour le semestre 4

le choix d'un stage et les démarches pour l'obtenir

la recherche d'un emploi adapté à son profil personnel ou d'une poursuite d'étude

une insertion réussie dans son "après DUT"

##### **Semestre 1 UE 1.3 - cours 8h, TD 16h**

Enseignement en présence de la promotion ou de groupes.

Découverte du champ des métiers du génie thermique, de leur environnement social et économique, des missions pouvant être accomplies et des aptitudes requises.

Découverte des parcours de formation possibles

Première approche des critères de choix



### **Semestre 2 et Semestre 3 UE 2.3 et 3.3**

Suivi individuel effectué de façon couplée au projet tutoré . L'enseignant devra suivre la progression de l'étudiant dans la construction de son itinéraire, le guider dans sa méthodologie de recherche d'informations et de contacts. Des confrontations d'expériences et des réflexions par petit groupe pourront être organisées, au niveau du groupe de projet tutoré ou de plusieurs groupes.

Simultanément, l'enseignement de communication, dans le module de communication pré-professionnelle (voir chapitre précédent), dotera les étudiants des outils nécessaires pour mener à bien leur prospection.

### **Semestre 4 :**

Voir enseignement de connaissance de l'entreprise et PPP, UE 4.1

### **Evaluation du PPP:**

Le projet personnel et professionnel donnera lieu à un examen à l'issue de l'UE 1.3, sous une forme adaptée laissée à l'appréciation des départements, et à un mémoire individuel au semestre 4, devant être rendu avant le départ en stage.

#### **4.3.12. Projet tutoré**

##### **Intentions pédagogiques et compétences recherchées**

Le projet tutoré se déroule sur les 4 semestres selon un horaire pouvant être modulé localement, pour un total de 300h.

Les projets tutorés doivent être l'occasion pour l'étudiant de concrétiser l'enseignement reçu dans toutes les disciplines du programme, à travers un ensemble d'activités et de positions préfigurant celles qu'il rencontrera dans sa vie professionnelle.

Les thèmes abordés doivent donc être l'occasion de mettre en œuvre de façon transversale, dans des situations de travail collectif et personnel, les connaissances acquises en les complétant par les informations complémentaires nécessaires acquises par un apprentissage autonome.

**En S1 et S2**, il s'agira surtout de développer les méthodologies de travail et l'autonomie dans l'apprentissage et la mise en œuvre des connaissances : familiariser l'étudiant avec des méthodes de travail individuelles, bibliographie, analyse et résumé d'un texte complexe, recherche de l'essentiel dans un document, esquisse d'un programme expérimental, d'un plan de travail, contacts avec des organismes extérieurs (fournisseurs, administrations,...) ; ces démarches devront toujours conduire à la présentation d'un rapport écrit ou oral dont la forme sera appropriée au travail effectué et en fonction du destinataire supposé.

Progressivement, le travail collectif, en très petits groupes, se développera ; on constituera ces noyaux en simulant une activité en entreprise, avec partage des missions et des responsabilités, un étudiant étant responsable d'un calcul, un autre de recherche de renseignements, un troisième du chiffrage économique... Les comptes-rendus de chaque action seront internes au groupe, le rapport final étant mis en forme pour être présenté à un chef de service, à un client potentiel...

Ils seront rassemblés dans un dossier global, qui en situation réelle serait destiné à être conservé et archivé par l'entreprise.

Compte tenu de l'inexpérience des étudiants, un encadrement vigilant devra veiller avec suffisamment de présence à éviter toute attitude passive ou attentiste, à aider l'étudiant à définir son plan de travail, son itinéraire d'approche, la gestion de son temps et à stimuler son comportement.

Ces travaux utiliseront comme supports les matières enseignées lors de ces semestres.

**En S3 et S4**, l'activité sera systématiquement collective et plus tournée vers des réalisations, faisant appel à l'ensemble des acquis, si possible sur des thèmes relevant des secteurs industriels ou du bâtiment. L'encadrement sera plus orienté sur la définition des objectifs et des moyens et sur la vérification de l'exécution du "contrat". Il devra veiller au bon emploi des appareils et des machines utilisés et à la sécurité.

Un budget pourra être accordé au groupe, sur devis, et le suivi des dépenses sera justifié.

Là aussi, les étudiants présenteront les résultats de leurs travaux sous des formes appropriées. Par exemple, la réalisation d'un objet sera accompagnée d'un dossier technique, celle d'un projet d'appareil des notes de calculs, d'un document de présentation de son emploi, du guide de maintenance, etc... Ces documents matériels seront présentés lors d'une soutenance.

Il appartient au département de définir le nombre de projets réalisés, et la composition des groupes opérationnels, mais leurs effectifs devraient rester limités, en dessous de 5 ou 6.

Une partie des activités de projets tutorés telles qu'enquêtes, expérimentations sur site, recherches d'informations, peut donner lieu à déplacements en dehors de l'IUT.

#### **4.3.13. Stage**

##### **Intentions pédagogiques et compétences recherchées**

Le stage en entreprise a lieu au cours du quatrième semestre, selon une durée minimale de 10 semaines, et doit se dérouler, dans toute la mesure du possible, dans un site non universitaire afin d'initier l'étudiant à la vie dans les entreprises. Pour la plupart d'entre eux c'est en effet leur premier contact direct avec le monde de l'entreprise, et il est donc essentiel qu'à cette occasion ils soient à même de se faire un jugement personnel. Le choix du stage doit être en rapport avec l'évolution du projet personnel et professionnel. Il est aussi évident qu'en tant que première expérience en situation réelle de travail et de vie en entreprise, le stage peut être un élément déterminant dans la modification de ce projet.

L'activité au cours du stage est déterminée par entente préalable entre le maître de stage et le chef du département d'IUT, ou un enseignant désigné par lui. Le département est responsable, notamment par des visites dans les entreprises d'accueil, du suivi du stage et de son bon déroulement, en particulier de l'adéquation du sujet et des travaux effectivement assurés aux objectifs de la formation.

Aussitôt après son achèvement, le stage donne lieu à la rédaction d'un rapport et à une présentation orale au cours d'un séminaire, en présence de représentants des entreprises d'accueil et d'enseignants du département. Au cours de cette séance, une note est attribuée qui tient compte de l'activité de l'étudiant durant son stage, de son rapport écrit et de sa présentation orale.

\*\*\*\*\*

## 5 TABLEAU DES HORAIRES ET DES COEFFICIENTS

SEMESTRE 1					
UE	INTITULE	C	TD	TP	coef
UE11	CONNAISSANCES GENERALES	50	92	60	11
202	A- connaissances scientifiques				
	Mathématiques	32	32		3
	Thermodynamique	18	28	28	4
	B- communication				
	Communication, méthodologie		16	16	2
	Langue		16	16	2
UE12	CONNAISSANCES TECHNIQUES	32	56	56	9
144	Electricité	16	24	32	3
	Informatique		8	24	3
	Mécanique	16	24		3
UE13	CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES	16	44	104	10
164	Mesure, métrologie	8	24	16	3
	Techniques du génie thermique		4	32	2
	BE			56	3
	Projet personnel et professionnel	8	16		2
	Projet tutoré				
510	510	98	192	220	30

C : cours magistraux

TD : travaux dirigés

TP : travaux pratiques

SEMESTRE 2					
UE	INTITULE	C	TD	TP	coef
UE21	CONNAISSANCES GENERALES	70	112	56	12
	A- connaissances scientifiques				
238	Mathématiques	32	32		3
	Mécanique des fluides	24	24	20	3
	Thermodynamique, Energie, Environnement,	14	24	8	2
	B- communication				
	Communication		16	12	2
	Langue		16	16	2
UE22	CONNAISSANCES TECHNIQUES	36	48	80	10
164	Transferts thermiques	16	16	24	3
	Propriétés des matériaux	20	20	20	3
	Informatique			24	2
	Développement de l'autonomie		12	12	2
UE23	CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES	16	16	76	8
108	Automatisme et circuits		8	16	2
	Thermique des locaux			24	2
	Technologie des systèmes thermiques	10		24	2
	Electrothermie	6	8	12	2
	Projet personnel et professionnel				
	Projet tutoré				
510	510	122	176	212	30

SEMESTRE 3					
UE	INTITULE	C	TD	TP	coef
UE31	CONNAISSANCES GENERALES	36	68	40	9
	A- connaissances scientifiques				
144	Mathématiques	24	24		3
	Mécanique des fluides	12	12	8	2
	B- communication				
	Communication, ouverture culturelle		16	16	2
	Langue		16	16	2
UE32	CONNAISSANCES TECHNIQUES	44	74	88	11
206	Transferts thermiques	30	30	32	4
	Régulation	14	32	20	3
	Etudes techniques et adaptation à l'environnement		12	12	2
	Informatique			24	2
UE33	CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES	48	48	64	10
160	Traitement de l'air et thermique des locaux	16	16	32	4
	Machines thermiques	20	20	16	3
	Machines frigorifiques	12	12	16	3
	Projet personnel et professionnel				
	Projet tutoré				
510	510	128	190	192	30

SEMESTRE 4					
UE	INTITULE	C	TD	TP	coef
UE41	CONNAISSANCES GENERALES	24	48	40	8
	A- connaissances scientifiques				
112	Mécanique des fluides	10	10	12	2
	Acoustique	8	8	8	2
	B- communication et gestion				
	connaissance de l'entreprise, PPP	6	18	8	2
	Langue		12	12	2
UE42	CONNAISSANCES TECHNIQUES	36	50	72	10
158	Combustion	12	14	24	3
	Etudes techniques et adaptation à l'environnement		12	36	2
	Echangeurs	14	14	12	3
	Maîtrise de l'énergie, énergies renouvelables	10	10		2
UE43	CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES	0	0	0	12
	Stage - 10 semaines au moins				7
	Projet tutoré				5
270	270	60	98	112	30