

GÉNIE THERMIQUE ET ÉNERGIE

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

FORMATION

PROGRAMME

- UE1 : Connaissances scientifiques
- UE2 : Connaissances professionnelles
- UE3 : Pratique professionnelle
- UE4 : Projets tutorés et stage en entreprise

TABLEAUX DES HORAIRES ET DES COEFFICIENTS

AVANT-PROPOS

La spécialité Génie thermique et énergie concerne l'ensemble des activités relatives à la production, à l'utilisation, à la gestion de l'énergie thermique dans les industries et dans le bâtiment.

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, 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 et énergie utilise également ces outils indispensables que sont les mathématiques, l'informatique... Tout en conservant la rigueur d'expression qui leur est propre, ces disciplines sont enseignées en mettant l'accent sur leur utilisation dans la spécialité.

Les enseignements de technologie générale apportent des savoir-faire bureau d'études, processus de fabrication et des librairies 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.

Les domaines du thermicien-énergéticien sont notamment :

1. La production de l'énergie thermique

Celle-ci est produite par conversion d'énergie électrique, chimique, ou atomique dans des appareils appropriés, tels que fours, chaudières, foyers, chambres de combustion des moteurs ou des fusées, centrales nucléaires...

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...

3. La gestion optimale de l'énergie

La production et l'usage de la chaleur ont des conséquences techniques, financières et sur l'environnement 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 souvent subtile, 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.

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 tels que les CFC et qui sont susceptibles de modifier l'équilibre atmosphérique relève du génie thermique.

L'enseignement doit tenir compte des décisions prises au cours des grandes réunions internationales de Montréal et de Rio.

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

Les domaines d'action du thermicien-énergéticien 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...

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.

FORMATION

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, toute sa vie durant, le diplômé aura à évoluer, à s'adapter et même à se reconverter.

2. La 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.

Le programme est divisé en 3 ou 4 "unités d'enseignement" d'importance sensiblement équivalente, ce qui précise l'équilibre entre les divers volets de la formation :

- UE1 : Les connaissances scientifiques,
- UE2 : Les connaissances professionnelles,
- UE3 : La pratique professionnelle,
- UE4 : Les projets tutorés et un stage en entreprise. (en 2^{ème} année)

L'enseignement des 2 premières unités d'enseignement est subdivisé en plusieurs groupes de disciplines :

- Disciplines fondamentales et générales,
- Outils scientifiques pour le génie thermique,
- Technologie générale,
- Applications,
- Langue, expression, communication.

Ces groupes s'articulent en fonction de leurs objectifs propres :

a) les sciences fondamentales et générales sur lesquelles repose la maîtrise de la spécialité : transfert de chaleur, mécanique des fluides, thermodynamique,

b) les outils scientifiques pour le Génie thermique : mathématiques, mécanique, propriétés et résistance des matériaux, informatique et méthodes numériques,

c) la technologie générale qui rassemble le travail de bureau d'études, et la connaissance des matériels existants. Ces disciplines seront l'occasion de contacts directs avec la matière et les appareils,

d) les applications du génie thermique. Ces enseignements s'appuient sur les disciplines précédentes et débouchent sur les secteurs d'activités du thermicien : combustion et foyers, échangeurs de chaleur, machines thermiques et frigorifiques, thermique des locaux... Cette partie contient également les enseignements de "génie thermique et environnement" et d'acoustique dont la maîtrise dans toutes les réalisations est essentielle.

Compte tenu du large champ d'application de la spécialité, de l'intérêt de préparer l'étudiant à en assumer toutes les facettes, sans pour autant survoler certains domaines d'application, et du respect de la limitation des horaires d'enseignement, il est prévu, pour les unités d'enseignement professionnelles, un tronc commun qui sera suivi par tous les élèves, complété dans le cadre des adaptations locales par deux orientations thématiques permettant de traiter plus à fond certains sujets :

- une orientation, dite "industrie", qui possède une coloration tournée vers la conception de certains appareils spécialisés, foyers, échangeurs de chaleur, moteurs,
- une autre orientation, dite "bâtiment", qui renforce la préparation aux métiers de ce secteur et concerne essentiellement la thermique des locaux.

Ce dispositif n'introduit aucune divergence dans le niveau général du diplôme qui reste unique,

e) le groupe "langue, expression, communication" qui vise à aider le diplômé à se situer dans son environnement professionnel et social, à mieux se connaître, à mieux vivre avec son entourage,

f) des activités d'initiation professionnelle par :

- des projets tutorés, qui progressivement développeront les pratiques et comportements du travail en entreprise, individuel ou collectif,
- un stage pratique, en entreprise, d'une durée de 10 semaines qui se fait en immersion et permet à l'étudiant de participer entièrement à la vie professionnelle et de commencer à appliquer en vraie grandeur les connaissances qu'il a acquises à l'IUT.

Les enseignants organisent et encadrent des activités en dehors de l'établissement, telles que des visites de chantiers, d'usines, de salons professionnels, d'expositions. Des travaux pratiques peuvent être organisés sur des sites extérieurs présentant un caractère très particulier (banc d'essais de réacteurs, centrale thermique...).

Tout au long de l'enseignement, l'accent est mis sur les problèmes de sécurité.

3. Organisation des études

- La scolarité normale est de deux années.

La première année s'étend sur 33 semaines pleines et la deuxième année sur 27 semaines à l'IUT et 10 semaines de stage à l'extérieur.

Les enseignements sont dispensés sous forme de cours, de travaux dirigés, de travaux pratiques, de projets tutorés et d'un stage.

Les travaux dirigés sont organisés en groupes de 26 étudiants au maximum. La taille des groupes de travaux pratiques correspond à la moitié de celle des groupes de travaux dirigés. Toutefois, certains TD et TP peuvent, notamment pour des raisons de sécurité, comporter des effectifs plus restreints.

- Dans la limite de 10 % de l'horaire d'enseignement, des adaptations locales peuvent être réalisées dans chaque département. Ces modifications ne peuvent conduire à la suppression totale d'une discipline du programme. Ce créneau de 10 % inclut les heures des orientations "industrie" et "bâtiment" définies ci-dessus. Un rapport sur ces adaptations locales doit être transmis à la CPN pour avis.

- La participation de professionnels de la spécialité à l'enseignement est vivement souhaitée. Cette participation devrait atteindre 15 à 20 % de l'horaire global.

- Les groupes de disciplines définis dans le tableau des horaires sont répartis dans les unités d'enseignement précisées dans le paragraphe concernant la pédagogie.

4. Modalités de contrôle des connaissances et des aptitudes

Passage en 2^{ème} année

L'admission en seconde année est de droit lorsque l'étudiant a obtenu à la fois une moyenne générale égale ou supérieure à 10 sur 20 sur l'ensemble des matières affectées de leur coefficient et une moyenne égale ou supérieure à 8 sur 20 dans chacune des unités d'enseignement. Le jury peut proposer l'admission dans les autres cas.

Obtention du DUT

Le diplôme universitaire de technologie est décerné aux étudiants qui ont obtenu à la fois une moyenne générale égale ou supérieure à 10 sur 20 sur l'ensemble des matières affectées de leur coefficient, y compris les projets tutorés et les stages, et une moyenne égale ou supérieure à 8 sur 20 dans chacune des unités d'enseignement. Le jury peut proposer la délivrance du diplôme universitaire de technologie dans les autres cas.

5. Modules capitalisables

La liste des modules capitalisables, prévue par l'arrêté du 20 avril 1994, sera fixée ultérieurement.

PROGRAMME

UNITÉ D'ENSEIGNEMENT 1 : CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES

A- DISCIPLINES GÉNÉRALES ET FONDAMENTALES

Transfert de chaleur

Première année : Cours 24h, TD 24h

CONDUCTION

- Base physique :

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

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

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

- Cas des phénomènes permanents.

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

. Problème du 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.
- . L'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).

RAYONNEMENT THERMIQUE

- Lois physiques du rayonnement thermique : émission, transmission, réception.
- Définition des grandeurs radiatives relatives à l'émission (flux, intensité, luminance, émittance, éclairement).
- L'émission du corps noir : lois de Stephan-Boltzmann, de Planck, de Wien.
- Émission 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.
- L'effet de serre. Capteurs sélectifs.
- Échange 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.
- 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.

Deuxième année : Cours 20h, TD 24h

CONDUCTION

- Cas des phénomènes instationnaires.
- . Équation de la chaleur. Notion de diffusivité thermique.
- . Problème du mur semi-infini : cas d'un échelon de température superficielle, 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-existantes, 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.
- Études de cas simples :
 - . Écoulement laminaire forcé sur une plaque plane : les hypothèses et les résultats de la théorie de Blasius et du développement de Polhausen. Lois de transfert local et global.
 - . Écoulement turbulent forcé sur une plaque plane. Conditions d'apparition de la turbulence, transition. Relevé 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 du à la variabilité de la masse volumique en fonction de la température.
 - . Écoulements forcés autour d'un cylindre de révolution placé transversalement.
 - . Convection avec changements d'états, ébullition, condensation.
 - . Convection naturelle sur plaque plane ou autour de cylindres. Thermosiphon, tirage des cheminées.

SYNTHESE

- 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, ...

Mécanique des fluides

Première année : Cours 20h, TD 24h

- Propriétés générales des fluides
 - . la particule fluide, masse volumique, compressibilité, viscosité
 - . tension superficielle et capillarité (notions).
- Statique des fluides incompressibles
 - . pression, équations fondamentales, efforts sur les parois
- Cinématique des fluides
 - . variables de Lagrange et d'Euler, trajectoires et lignes de courant ; écoulements permanents et stationnaires en moyenne temporelle.
- Dynamique des fluides incompressibles et non visqueux
 - . équation d'Euler

- . théorème de Bernoulli
- . théorème d'Euler
- . applications : formule de Toricelli, calcul des débits et pression, tube de Venturi, pression d'arrêt, tube de Pitot, réaction d'un jet, poussée dans une canalisation (coude, diaphragme,...), poussée d'un réacteur, poussée d'un moteur-fusée, coup de bélier.
- Dynamique des fluides incompressibles et visqueux
- . relation de Bernoulli généralisée : générateurs et récepteurs.
- Les divers régimes d'écoulement, laminaire, turbulent, de transition
- . pertes de charges dans les conduites, régulières et singulières, influence de la rugosité des parois et de l'encrassement
- Pompes et ventilateurs usuels
- . notions sur les courbes caractéristiques, recherche d'un point de fonctionnement, coefficient de débit.

Deuxième année : Cours 20h, TD 24h

Écoulements de fluides visqueux en régime laminaire

- . équations générales de Navier-Stokes (démonstration simplifiée à partir de l'équation d'Euler)
- . applications aux écoulements en tubes et entre plaques
- . lois de Poiseuille et de Couette.

Écoulements de fluides visqueux en régime turbulent

- . turbulence (notions), contraintes de Reynolds
- . réseaux de conduites simples (notions).

Notion de couche-limite

- . définition, schématisation de l'écoulement
- . cas d'une plaque plane : épaisseur géométrique, régimes laminaire et turbulent, critère de transition
- . cas des conduites : régimes et longueur d'établissement

Similitude

- . variables réduites, analyse dimensionnelle (méthode de Rayleigh, théorème pi)
- . recherche des conditions de similitude : nombres de Reynolds et de Froude

Aérodynamique (notions)

- . analyse de l'écoulement autour d'un profil : traînée et portance
- . lois simples du Cx pour divers type de profil
- . présentation des divers types de souffleries aérodynamiques.

Dynamique des fluides compressibles

- . équation de Barré de Saint-Venant
- . célérité du son et nombre de Mach
- . conditions génératrices, théorème d'Hugoniot, état critique
- . applications : écoulements à travers un orifice en paroi mince et tuyères.
- . notion d'onde de choc, utilisation des tables d'écoulements isentropiques

Thermodynamique

Cet enseignement, qui commence dès le début de la 1^{ère} année, 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 avec la réalité.

Première année : Cours 16h, TD 24h

Normes françaises

- . notations et appellations normalisées.

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
- . échelles 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).

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-THOMSON
 . 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
 . application des deux principes aux fluides : relations de CLAPEYRON et de MAYER généralisées
 . entropie de mélange
 . entropie et désordre moléculaire : notions, énoncé du Troisième Principe de la Thermodynamique.

Changements d'état physique

. diagrammes d'équilibre température-pression
 . point triple, point critique, vapeur humide
 . réseaux d'isothermes et d'isobares d'un corps pur
 . vaporisation d'un mélange binaire.

Deuxième année : Cours 8h, TD 16h

Diagrammes thermodynamiques

. principes et utilisation
 . propriétés des principaux diagrammes : de CLAPEYRON (pression-volume), température-entropie, de MOLLIER (enthalpie-entropie), des frigoristes (pression-enthalpie).

Potentiels thermodynamiques (notions)

. énergie et enthalpie libres, énergie et enthalpie utilisables, exergie (notion)
 . conditions d'équilibre d'un système thermodynamique
 . relations de GIBBS-HELMHOLTZ.

Thermodynamique des écoulements

. équations de bilan d'un volume de contrôle
 . bilans de masse, d'énergie, d'entropie, d'exergie (notions)
 . cas des écoulements unidimensionnels, du régime permanent.

Réactions chimiques

. enthalpie de réaction
 . degré d'avancement.
 . constantes d'équilibre.
 . exemple de la combustion.

B - OUTILS SCIENTIFIQUES POUR LE GÉNIE THERMIQUE

Mathématiques

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 devront prendre comme thèmes des exemples relevant des disciplines du département et les situer 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.

Première année : Cours 66h, TD 74h.

1. 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.

. 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^{ère} et 2^{ème} espèce.

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

2. ANALYSE

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.

. 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.

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.

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 (e^{ax} , $p(x)$, $\cos x$, $\sin x$, $e^{ax} p(x)$...).

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

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

Deuxième année : C 36h, TD 36h.

1. 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).

2. TRANSFORMATIONS FONCTIONNELLES

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

Mécanique

Première année : Cours 22h, TD 22h

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. Ces connaissances pourront permettre aux diplômés de compléter ultérieurement leur formation dans ce domaine.

Les applications directes à la spécialité du Génie thermique n'apparaissent qu'en fin de programme avec l'équilibrage des machines tournantes, les vibrations, la maintenance conditionnelle. Les enseignants devront toutefois 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...).

Calcul vectoriel et statique

. définition d'un vecteur et opérations élémentaires

. notion de torseur

. 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.

Géométrie des masses

. définitions : centre de masse, moment d'inertie, produit d'inertie

. exemples de calcul dans des cas simples.
(On évitera les développements mathématiques intermédiaires prématurés et on insistera sur l'aspect physique).

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.

Dynamique

. torseur dynamique du solide indéformable : définition et établissement dans des cas simples
. principe fondamental de la dynamique.

Applications

. équilibrage des machines tournantes
. vibrations à 1 degré de liberté : mise en équation - Méthodes de résolution
. vibrations à 2 degrés de liberté, notion de couplage et de résonance (à étudier uniquement en travaux pratiques)
. notions de maintenance conditionnelle.

Propriétés et résistance des matériaux

Première année : Cours 20h, TD 20h

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, y compris le Génie climatique.

Généralités

. mise en évidence des forces de cohésion et définition du torseur 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, ductibilité.

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 : dimensionnement d'arbres de moteurs, de supports de tuyauterie, de poutres sous terrasses chargées).

Remarque : ce chapitre utilisant les propriétés des sections ne sera traité que postérieurement au chapitre du cours de mécanique "géométrie des masses".

Élasticité 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 thermique
(Des applications seront développées dans l'enseignement de techniques du Génie thermique).
Notions sur les méthodes de contrôle non destructif.

Informatique et méthodes numériques

(UE3 en 1^{ère} année)

(UE1 et UE3 en 2^{ème} année)

Deuxième année : Cours 10h, TD 16h.

Les bases de données

. conception générale
. utilisation
. avantages et inconvénients par rapport aux tableurs

Analyse numérique

. les matrices : addition, multiplication, inversion
. résolution des systèmes linéaires : $AX = B$
. résolution des équations et des systèmes différentiels.

UNITÉ D'ENSEIGNEMENT 2 : CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES

A - TECHNOLOGIE GÉNÉRALE

Bureau d'étude

Première année: TP : 60h.

Cet enseignement vise à préparer l'étudiant à la lecture des plans et à la connaissance des conventions de représentation, aussi bien dans le domaine industriel que dans le bâtiment. Il couvrira les plans d'exécution et les plans de conception, les représentations codées des réseaux de fluides et de leurs composants (la représentation des réseaux électriques sera traitée en électricité). Ces acquisitions devront être faites par une pratique de la planche à dessin.

Ultérieurement l'élève sera initié au DAO : on insistera alors sur la méthodologie de l'emploi de cette technique dans une entreprise.

- . dessin industriel ; représentation en plan et en perspective (20h)
- . représentation des tuyauteries et de leurs réseaux (20h)
- . DAO (20h) :
 - + présentation d'un logiciel, les fichiers, leur stockage, le catalogue,
 - + structure de l'installation informatique, transmission de fichiers entre postes de travail, moyens de communication.

Techniques du génie thermique

Première année :

Formation théorique TD : 12h

- . la tôle et la chaudronnerie (pliage, cintrage, emboutissage)
- . le tube et les gaines (nature, travail, raccords)
- . les assemblages (soudures, agrafes, rivetages, boulons, collages)
- . les matériaux du Génie thermique (les métaux traditionnels, les aciers inoxydables, les céramiques, les composites, les plastiques)
- . les procédés spéciaux.

Formation pratique TP : 48h

Un des buts de cette formation est de favoriser le contact personnel de l'élève avec les matériaux et les objets ; l'étudiant devra donc manipuler lui-même et on proscrira formellement des séances de démonstration.

- . la chaudronnerie
- . tuyauteries et gaines
- . soudures
- . collages
- . exemples de CAO-CFAO. (éventuellement).

B - APPLICATIONS

Génie thermique et environnement

Cet enseignement, qui a pour objectifs simultanés de sensibiliser l'élève à la protection de l'environnement et de lui montrer l'impact du Génie thermique, doit être présenté dès le début de la première année. Il sera donné sous forme de travaux dirigés car il doit être l'occasion d'un dialogue nourri avec les étudiants. Son rôle est capital dans la stratégie pédagogique en mettant en évidence l'intérêt de toutes les disciplines enseignées dans ce département.

En effet, la maîtrise de la thermique et des phénomènes énergétiques sauvegarde le milieu naturel, économise les richesses, tout en répondant aux demandes de la société moderne. Cette maîtrise passe par la connaissance des sciences fondamentales et des techniques les plus appropriées. La totalité de l'enseignement du GTE y prépare.

Dans un premier temps sera donc présentée la problématique générale de la modification de l'environnement provoquée par l'activité industrielle (on veillera à faire la part des phénomènes prouvés et celle des phénomènes qui ne sont que suspectés).

L'étude de différents exemples permettra ensuite d'aborder successivement les principales réglementations en matière de pollution, ainsi que les solutions capables de réduire ces nuisances.

Cet enseignement constitue un bon support pour certains projets tutorés de 1ère année.

Première année : TD 16h.

Généralités

- . notion d'environnement
- . impact du Génie thermique sur l'environnement
- . réserves et consommations d'énergie.

La pollution atmosphérique et ses conséquences

- . unités
- . les sources de la pollution (combustion, composés Chloro-Fluoro-Carbonés, etc...)
- . la couche d'ozone stratosphérique, son rôle, son évolution récente
- . évolution de la température moyenne de l'atmosphère.

Les actions possibles pour gérer l'impact du Génie thermique sur l'environnement

- . les actions nécessaires ; les décisions internationales de Montréal et de Rio
- . domaines d'intervention possibles dans le domaine du Génie thermique et de l'énergie
- . réduction de la pollution (choix de la forme d'énergie, évolution des équipements et des règles professionnelles)

Exemples

- . cas de la combustion (installations de combustion, transports, etc...)
- . composés chloro-fluoro-carbonés (CFC).

Acoustique

Première année : Cours 8h, TD 8h

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

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.

Électricité

Première année : Cours 18h, TD 24h

Cet enseignement concerne l'électrotechnique et l'électronique, considérées comme des outils du Génie thermique. Il se différencie donc totalement de l'enseignement de type fondamental présenté en classes préparatoires ou en DEUG. Après de très brefs rappels, il doit préparer l'élève à l'utilisation de l'électricité et de l'électronique dans les appareillages des domaines du Génie thermique et de l'énergie (mesures, électrothermie, choix et utilisation des machines électriques). En TD et TP un effort particulier sera fait sur la mise en oeuvre de la norme NF C 15.100 ; il conviendra de préparer les élèves à la maîtrise de la lecture de plans conventionnels et à se repérer dans les câblages d'armoires de commande, des choix des appareils et des réseaux.

Rappels

- . 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

Norme N.F. C 15.100

- 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).

Électrothermie

Première année : Cours 6h, TD 12h.

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 leurs compréhension et qui ne figurent pas dans le groupe des disciplines fondamentales.

Applications de l'effet Joule.

L'induction et ses applications.

Les micro-ondes et leurs applications thermiques.

Utilisation du rayonnement infrarouge dans l'industrie et pour le chauffage des bâtiments.

Les torches à plasma : notions succinctes et emplois.

Thermodynamique appliquée

(UE2 en 2^{ème} année)

Deuxième année : Cours 8h, TD 8h.

Cet enseignement s'appuie sur celui du cours de thermodynamique de 1^{ère} et 2^{ème} années dont il est la suite naturelle dans la perspective de l'étude des machines. Il rassemble l'examen des cycles afin d'éviter les répétitions inévitables que l'on observe quand l'enseignement est fractionné selon les types de machines.

Rendement des processus thermodynamiques

- . rendements énergétique et thermique.
- . rendements isentropique, polytropique, exergetique.

Les cycles des machines thermiques

1. Machines productrices de travail

- . cycles en phase gazeuse : moteurs alternatifs (cycles de BEAU DE ROCHAS/OTTO, de DIESEL, mixte), turbines à gaz (cycle de BRAYTON/JOULE et améliorations : régénération, fractionnement de la compression et de la détente).
- . cycles à fluide condensable : cycles de RANKINE, de HIRN et améliorations : resurchauffes, soutirages.

2. Machines frigorifiques et pompes à chaleur :

- . cycles en phase gazeuse : cycle de JOULE inversé.
- . cycles à fluide condensable : avec compression simple, modifications pratiques (surchauffe, sous-refroidissement), avec compression et/ou détente étagées.

Combustion

(UE en 2^{ème} année)

Deuxième année : Cours 6h, TD 6h.

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.

Foyers

(UE2 en 2^{ème} année)

Deuxième année (orientation industrie) : Cours 8h, TD 12h.

Cet enseignement ne sera présenté qu'aux étudiants relevant de l'orientation INDUSTRIE.

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, ouveau, obstacles et mise en rotation

- . nouvelles technologies de brûleurs.

Échangeurs

(UE2 en 2^{ème} année)**Deuxième année (tronc commun) : Cours 14 h, TD 14 h**

(Enseignement suivi par tous les élèves).

Présentation générale

- . les diverses fonctions des échangeurs de chaleur (avec ou sans changement d'état)
- . éléments généraux de construction : échangeurs tubulaires, à plaques soudées, à plaques et joints, etc.
- . les trois modes de circulation des fluides : courants parallèles, courants croisés, courants mixtes
- . variation des propriétés physiques des fluides avec la température : nécessité d'une température de référence

Le transfert de chaleur dans les échangeurs sans changement de phase

(Cette partie du cours utilisera évidemment les résultats fondamentaux établis dans le cours de transfert de chaleur, en les appliquant aux diverses géométries et aux divers modes de circulation rencontrés dans les échangeurs).

La différence de température logarithmique moyenne (DTLM)

- . expression de la DTLM en courants parallèles (rappel), en courants croisés et en courants mixtes
- . évolution des températures des deux fluides dans l'échangeur en co-courants et contre-courants ; mise en évidence des températures limites lorsque la surface augmente indéfiniment.

Les coefficients de transfert de chaleur convectifs (h)

- . formules pratiques (semi-empiriques) pour le calcul des coefficients h dans les diverses géométries d'échangeurs.

Le coefficient global de transfert de chaleur (K)

- . expression générale du coefficient K (tubes et plaques).
- . mise en évidence des résistances d'encrassement.

ordres de grandeur des diverses résistances :

- + convectives (cas des gaz, cas des liquides)
- + conductives
- + d'encrassement

- . simplifications possibles et ordres de grandeur du coefficient K.

Rendement global. Influence du milieu extérieur.

Calcul particulier pour les tubes à ailettes

- . calcul du coefficient h équivalent et du coefficient K pour un tube à ailettes.

Les pertes de charge dans les échangeurs

- . expression générale des pertes de charge.
- . formules pratiques (semi-empiriques) pour le calcul des pertes de charge correspondant aux diverses géométries.

Les échangeurs à changement de phase

Les vaporiseurs

- . conception générale des appareils.
- . analyse succincte du fonctionnement.
- . éléments de dimensionnement, exemples pratiques.

Les condenseurs

- . description générale : condenseurs tubulaires, horizontaux ou verticaux.
- . éléments de dimensionnement, utilisation d'abaques pour l'obtention du coefficient de film.

Efficacité et Nombre d'Unités de Transfert (NUT)

- . définition et expression des trois nombres sans dimension E (efficacité), NUT (nombre d'unité de transfert) et R (rapport des débits de capacité calorifique des fluides).
- . relations entre E, NUT et R pour les divers types d'échangeurs.
- . applications pratiques : en particulier, lois d'assemblage en série et en série parallèle des échangeurs.

Machines réelles

(UE2 en 2^{ème} année)**Deuxième année (tronc commun) : Cours 14h, TD 16h.**

Cet enseignement s'appuie sur les acquis des cours de thermodynamique et de thermodynamique appliquée auquel il doit faire suite. On y étudiera plus à fond les modes réels de fonctionnement des appareils, ainsi que leur conception et leur analyse fonctionnelle. On n'omettra pas d'examiner les problèmes de relation de la machine avec son environnement : adaptation d'un moteur à la charge, d'un compresseur au moteur, etc..., évacuation de la chaleur, températures maximales acceptables.

On veillera à traiter équitablement les machines thermiques et les machines frigorifiques.

On considèrera :

- . les compresseurs alternatifs
- . les moteurs à combustion interne (4 temps essence, Diesel)
- . machines à compression et à absorption

L'étude des machines frigorifiques comportera celle des fluides frigorigènes, en particulier celle des conséquences du remplacement du fréon par d'autres fluides.

Deuxième année (orientation industrie) : Cours 4h, TD 6h.

Cet enseignement, réservé aux élèves de l'orientation industrie, apportera un complément détaillé sur les machines moins courantes. L'orientation de ce programme est tournée vers la conception des machines.

On y étudiera :

Les turbo-machines

- . Généralités, classification
- . Turbines à gaz et turbo-réacteurs

- . Turbines à vapeur
- . Machines tournantes à fluides incompressibles : pompes centrifuges, turbines hydrauliques.
- La liquéfaction des gaz
- . Procédés Georges Claude et Linde
- . Utilisation des gaz liquéfiés.
- La cryogénie
- . Techniques et conservation par le froid

Régulation, Automatique

(UE2 en 2^{ème} année)

Deuxième année : Cours 16h, TD 32h.

Cet enseignement a pour objectif de fournir à l'élève des connaissances qui lui permettent d'optimiser la conception, la réalisation et l'exploitation de systèmes automatisés divers, comme ceux que l'on peut rencontrer dans l'industrie et le bâtiment.

Les applications devront mettre l'accent sur la conception de réseaux, ainsi que sur les notions d'armoires de puissance (courants forts) et de régulation (courants faibles).

REGULATION

Les modèles thermiques

- . lois de régulation (boucles ouvertes et fermées)
- . définition des différentes variables
- . types de signaux
- . réalisation de schémas

Les techniques générales de régulation

- . pneumatique
- . mécanique
- . électronique

Les organes de réglage

- . vannes 2, 3, 4 voies ; autorité, courbes caractéristiques

Différents types de régulation

- . tout ou rien
- . flottante
- . proportionnelle (P)
- . intégrale (I)
- . proportionnelle - intégrale (PI)
- . proportionnelle - intégrale - dérivée (PID)

AUTOMATIQUE

Définitions

- . automatisme
- . automate
- . circuits de commande et de puissance
- . symbolique (contacteurs, sectionneurs...)

Automatisme séquentiel

- . principe de l'algèbre de Boole
- . les fonctions ET, Ou, AND, NOR
- . les équations de type booléen
- . leur simplification
- . application sur un système à 4 ou 5 variables
- . la notion de logique floue

Les travaux d'application mettront en oeuvre les différents éléments d'un système automatique, organes de commande, de liaison, d'exécution.

GESTION ET AUTOMATISMES INFORMATISES

Automatisme et régulation

- . historique
- . rappels concernant les régulations électromécaniques et analogiques

Rappels d'informatique

- . l'automatisme industriel
- . algorithmes de calcul et de régulation
- . informatique d'acquisition et de commande

Architecture des systèmes informatiques

- . description technologique du matériel
- . définition d'un système (notion de point physique)

Analyse fonctionnelle

- . logigramme (langage commun)
- . programmation.

Thermique des locaux

(UE3 en 1^{ère} année)

(UE2 en 2^{ème} année)

Deuxième année (tronc commun) : Cours 10 h, TD 10 h.**Physiologie thermique**

. comportement thermique de l'homme, échanges homme-ambiance, paramètres influant sur la sensation de confort (température résultante sèche, humidité, vitesse de l'air).

Étude du diagramme de l'air humide.**Évolutions élémentaires de l'air humide**

. chauffage, humidification, déshumidification, mélange d'airs humides, etc

. principes du séchage à air chaud et à la vapeur.

Les diverses techniques de rafraîchissement et de climatisation.

Deuxième année (orientation Bâtiment) : Cours 12 h.

Systèmes de commande et de gestion des installations de climatisation. Notions sur les systèmes de gestion technique centralisée.

Calculs prévisionnels de consommation en chauffage et climatisation.

Principe de fonctionnement des aéroréfrigérants.

Étude d'ensembles performants de chauffage ou de climatisation comprenant des éléments tels que pompe à chaleur, chaudière à condensation, récupérateur.

Systèmes basse température, systèmes à refroidissement gratuit.

C - LANGUE, EXPRESSION, COMMUNICATION

Langues étrangères

Première année : TD 32h, TP 34h.**Deuxième année : TD 26h.**

L'enseignement de langues étrangères dans le département de GTE vise essentiellement à permettre aux étudiants de mettre en oeuvre, dans leur future carrière, les connaissances acquises avant leur entrée à l'IUT. Il s'agit donc essentiellement, à partir de ces acquis, de les entraîner à la lecture ou à l'écriture de notes techniques, de textes scientifiques de la spécialité, à la conversation courante dans le cadre de leur travail.

Bien que l'anglais soit la langue étrangère la plus usitée dans la spécialité, il n'est pas souhaitable que son étude soit entreprise à l'IUT par ceux qui n'ont suivi qu'une autre langue étrangère au lycée. Par contre, pour ceux qui auraient déjà la maîtrise de deux langues autres que le français, il conviendrait qu'ils se perfectionnent en langue anglaise.

Communication

Première année : TD 32h, TP 34h.**Deuxième année : TD 26h.**

L'enseignement dispensé dans cette discipline aura prioritairement pour objet d'améliorer l'expression écrite et orale d'étudiants d'origines diverses et de niveaux souvent hétérogènes, et de les conduire progressivement à une maîtrise satisfaisante de la langue et des relations de communication, afin qu'ils appréhendent avec plus d'assurance des situations professionnelles.

Cet enseignement doit notamment s'employer à développer :

. une méthodologie du travail intellectuel (analyse, synthèse, argumentation, examen critique

. un entraînement à des techniques d'expression écrite (prise de notes, plans, synthèse de documents, comptes-rendus, rapports, relevés de décision, mise en forme de mémoires...)

. une pratique diversifiée et raisonnée de l'oral, avec de nombreux exercices individuels ou en groupes restreints, caractérisés par la nature du message à présenter (compte-rendu d'activité, demande de collaboration, exposé scientifique...) et par le type d'auditeurs (chef de service, collègues, clients...)

. une utilisation des techniques, des supports et des documents audio-visuels.

Des exemples d'application seront choisis, en proportions convenables, dans l'optique de la recherche d'un emploi et de l'insertion dans la vie professionnelle (lettres de demandes de stage et d'emploi, curriculum vitae, simulation d'entretiens de recrutement avec l'éventuel concours de responsables de relations humaines...).

Ces objectifs finalisés qui correspondent à une demande justifiée des étudiants et de la profession seront d'autant mieux atteints qu'on les appréhendera en développant quelques éléments d'analyse des situations de communication (théories simples et schémas de la communication, éléments de sémiologie, de psychologie, de sociologie), mais cette approche devra se garder d'être académique et théorique. Il s'agit simplement d'initier à des concepts et à des méthodes d'analyse permettant une meilleure compréhension des phénomènes du langage, humains et relationnels et à une maîtrise plus raisonnée des objectifs à atteindre.

L'enseignement de première année sera assez général, avec un nécessaire ancrage culturel propre à développer la curiosité intellectuelle, la personnalité, l'importance de la connaissance des sens des mots. C'est le moment d'acquérir la méthodologie envisagée ci-avant, les notions de base de la communication, de l'analyse des langages, une maîtrise de l'écrit et de l'oral.

La deuxième année verra une inflexion pré-professionnelle : préparation au stage en entreprise et à l'entrée dans la vie active.

Conduite et gestion de projets ; gestion d'affaires

(UE2 en 1^{ère} année)

(UE3 en 2^{ème} année)

Cet enseignement a pour objectifs de donner aux étudiants les moyens :

. de piloter leur projet tutoré par application des principes de base et des outils appropriés de la gestion de projet

. de pouvoir s'intégrer facilement en milieu professionnel dans un groupe de travail projet, ou dans la conduite d'affaires.

Il sera assuré en travaux pratiques, par petits groupes, car il nécessite un dialogue nourri entre les élèves et le professeur.

Première année : TP 8h.

Les connaissances de base devront être enseignées en début d'année.

CONNAISSANCES DE BASE :

Identification et prise en compte des besoins clients

- . définition de la stratégie au niveau du produit
- . définition des objectifs et spécifications (coût, délais, qualités, performances. Sécurité de fonctionnement...).

Étude de faisabilité

- . spectre des solutions possibles
- . analyse de risques : identification des points durs (AMDEC)
- . critères de réussite - critères d'échec
- . liste des obstacles les plus fréquents - points clés à surveiller et actions à mener - principales causes d'échec.

Définition du processus de travail

- . planification : organigramme type du projet avec identification des phases clés et des jalons
- . optimisations : coût, délais, qualité, performances
- . ressources : moyens humains - techniques - organisations
- . outils de suivi : gestion des priorités, des risques, des incertitudes, tableau de bord
- . outils de prise de décision
- . information, communication transversales.

EXEMPLES D'APPLICATIONS

- . sur la base d'études techniques
- . comme aide à la réalisation de projets tutorés.

Études techniques

(UE2 en 1^{ère} année)

(UE3 en 2^{ème} année)

Première année : TP 8h

L'enseignement en IUT GTE doit, à côté de l'acquisition de connaissances, donner une méthodologie de l'activité professionnelle à laquelle se consacrera plus tard l'étudiant. Toutes les activités, et plus particulièrement les projets et les travaux pratiques, doivent être l'occasion de mettre l'élève en situation. Au-delà, il convient aussi de le préparer à conduire une action, un projet, une réalisation,... impliquant une séquence d'actes élémentaires et variés, définition d'un projet, élaboration d'une première solution, calculs préliminaires, recherches sur catalogue d'éléments composants, étude de leur compatibilité, étude de coûts, consultations de fournisseurs, soumission du projet au client,... Tous ces actes de la vie professionnelle courante ne sont ni identifiés, ni, a fortiori, maîtrisés par le jeune étudiant. Ils nécessitent une initiation encadrée de façon très proche en milieu universitaire, avant qu'une certaine autonomie d'action puisse être laissée. Cet enseignement d'études techniques vise à réaliser cette phase de lancement, sur laquelle pourront ensuite s'appuyer certaines activités comme les projets tutorés et le stage industriel.

Ces travaux pratiques, qui sont réalisés sous la direction permanente d'un professeur, feront l'objet de la conduite d'un projet avec l'ensemble des différentes étapes nécessaires à sa réalisation.

Ce sera pour les étudiants un banc d'essai :

- . de leur faculté d'adaptation,
- . de leur esprit de décision et d'initiative,
- . de leur capacités relationnelles,
- . de leurs connaissances dans les domaines de la thermique et de l'énergétique.

Ce sera un apprentissage du travail en équipe et à l'action autonome, de la conduite et de la réalisation d'un projet, de recherches bibliographiques, du choix d'une méthode expérimentale, de l'exploration systématique des solutions possibles, de la décision technologique compte tenu des contraintes économiques, de la prévision budgétaire, de l'esprit de responsabilité et d'initiative, de la recherche des informations, de leur synthèse et de leur diffusion,...

Économie de l'entreprise

(UE2 en 2^{ème} année)

Deuxième année : TD 16h

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

1. L'ENTREPRISE - DEFINITION - MODELES D'ORGANISATION - RELATIONS HUMAINES

a) Organisation de l'entreprise

- . Différents types d'entreprises
- . Grandes fonctions (personnel, commerciale, marketing...)
- . Les différentes organisations que l'on peut rencontrer (Taylorienne...)
- . Relations entre les types d'organisation et le mode de management (aspect prise de décisions et pilotage des actions)

b) Relations humaines

Besoins en :

- . Communications verticales et transversales
- . Éléments de législation sociale

2. ENVIRONNEMENT ECONOMIQUE DE L'ENTREPRISE

Consommation - Compétition économique - Marketing et stratégie d'entreprise - Intervenants - Investissement et progrès techniques - Production - Contraintes légales et administratives (assurances, banques) - Réglementations diverses, commerciales, sociales, fiscales.

3. GESTION ECONOMIQUE DE L'ENTREPRISE

a) Notions élémentaires et principes

- . Recettes, dépenses, équilibre financier

- . Prix de revient
- . Prix de vente
- b) Gestion comptable et financière
 - . Comptabilité générale
 - Bilan - compte de résultat
 - . Comptabilité analytique
 - Construction des coûts
 - Notion d'unités d'oeuvre, frais directs/frais répartis, centre de frais
 - . Eléments de compréhension de documents financiers (ex : rentabilité des investissements...)
- c) Contrôle de gestion
 - . Définitions et objectifs
 - . Analyse et contrôle des coûts.
 - . Tableau de bord gestion.

Ouverture culturelle et artistique

(UE2 en 2^{ème} année)

“Un monde gagné pour la Technique est perdu pour la Liberté”, G. Bernanos.

Deuxième année : TD 28h.

Sans jamais perdre de vue qu'il est destiné à des jeunes en formation de techniciens supérieurs, parmi lesquels nombre d'entre eux seront appelés à exercer des tâches d'encadrement, cet enseignement, excentré des connaissances scientifiques et techniques, a pour objet de développer la sensibilité et la curiosité intellectuelle au sens et au jugement esthétiques, aux valeurs que toute oeuvre enrichissante développe. C'est précisément cet épanouissement de la personnalité qui, conjointement aux compétences scientifiques et techniques, enrichit la vie personnelle et professionnelle.

Cet enseignement ne peut, bien entendu, qu'ouvrir des pistes, permettre à une sensibilité de se révéler et de se développer.

C'est pourquoi une grande liberté d'initiative doit être laissée aux enseignants et aux intervenants qu'ils seront amenés à rechercher, tant en ce qui concerne les méthodes que les sujets abordés, dès lors que les objectifs indiqués ci-dessus sont satisfaits.

Ainsi, la création cinématographique, dramatique, picturale, musicale, l'approche et la représentation d'oeuvres fortes, la découverte d'expositions à thèmes à l'occasion de manifestations nationales ou régionales, peuvent utilement servir de groupes de disciplines à une telle démarche, et sont citées ici à titre d'exemples.

Sur de tels supports, les élèves réaliseront, individuellement ou par très petits groupes, un travail personnel de réflexion et d'écriture, qui développera leurs qualités d'homme évoqués ci-dessus.

Remarques : Cette activité pourra être réalisée en faisant appel à plusieurs intervenants, le plus grand nombre pouvant être extérieurs à l'IUT. Dans ce cas, il sera nécessaire qu'un enseignant de l'IUT assure la coordination et la maîtrise de l'ensemble.

Il est évident que cette formation ne peut être confondue avec l'enseignement de communication et que les horaires respectifs doivent être respectés.

UNITÉ D'ENSEIGNEMENT 3 : PRATIQUE PROFESSIONNELLE

La majeure partie de cette unité est constituée par les travaux pratiques attachés à la plupart des disciplines enseignées dans les 2 unités d'enseignement précédentes. Ces travaux pratiques sont bien sûr des développements de chacun des enseignements concernés et en permettent une meilleure compréhension, mais aussi ils doivent être considérés comme une initiation à l'activité dans l'entreprise, méthodologie, précision de la mesure, attitude d'analyse et de critique, puis, au fur et à mesure de l'avancement du programme, choix des moyens, des appareils, orientation de la démarche, etc...

Pour l'ensemble des disciplines, le programme de ces activités pratiques recouvre le programme donné ci-dessus pour les cours et les travaux dirigés, mais pour certaines d'entre-elles des directives particulières sont données.

Tranfert de chaleur

Première année : TP 20h

Deuxième année : TP 24h

Trois des séances de travaux pratiques devront obligatoirement être consacrées à l'étude des appareils de mesure suivants : thermomètres, fluxmètres, pyromètres, sous l'angle critique de l'influence simultanée (en régimes permanent et évolutif) des phénomènes de conduction, convection et rayonnement dus à l'environnement sur le capteur et sur la chaîne de mesure, pour déterminer les causes d'erreurs et le poids spécifique de chacune d'elles dans l'erreur totale (étude de sensibilité).

Mécanique des fluides

Première année : TP 20h

Deuxième année : TP 16h

On effectuera obligatoirement en travaux pratiques une étude critique du comportement réel des capteurs de vitesse, de débit ou de pression tels que tubes de Venturi, diaphragmes, ou tubes de Pitot (influence de la direction de l'écoulement, de la présence d'obstacles voisins, instabilités de l'écoulement, temps de réponse, etc...).

Thermodynamique

(UE3 en 1^{ère} année)

Première année : TP 24h

Mécanique

(UE3 en 1^{ère} année)

Première année : TP 20h

Propriétés et résistance des matériaux

(UE3 en 1^{ère} année)

Première année : TP 24h

Informatique et méthodes numériques

(UE3 en 1^{ère} année)

(UE1 et UE3 en 2^{ème} année)

Tout au long de cet enseignement il est primordial d'insister sur la qualité des résultats obtenus (influence du nombre de chiffres significatifs pris en compte par la machine, divergence de calculs répétitifs ou itératifs) et sur la méthodologie (structuration, fractionnement des calculs...).

On s'intéressera systématiquement à la présentation des résultats, tableaux, sorties graphiques...

Première année : Cours 6h, TP 44h.

Généralités sur l'informatique

- . les machines, ordinateurs, micro-ordinateurs, stations de travail, les mémoires, les périphériques
- . les fichiers
- . le système d'exploitation
- . les réseaux

Les tableurs (un seul sera présenté)

- . conception générale
- . commandes classiques
- . méthodologie de l'usage d'un tableur pour la recherche des solutions numériques des problèmes scientifiques relevant du Génie thermique
- . courbes de régression et lissage de courbes.

(Il convient de ne pas aborder ici l'étude de la programmation interne aux tableurs).

Étude d'un langage évolué

(Un seul langage sera étudié ; il sera choisi parmi les plus répandus, pascal, C, fortran) :

Analyse numérique

- . quadrature
- . résolution de $f(x)=0$
- . étude des polynômes, addition, multiplication, division.

Deuxième année : TD 16h.

Connaissance de l'incertitude dans les projets et les expériences

(UE3 en 1^{ère} année)

Première année : Cours 16h, TP 16h.

Cet enseignement inclut le cours traditionnel de mesure et métrologie mais il recouvre plus largement tout ce qui concerne l'évaluation de la qualité de résultats, qu'ils soient issus de travaux théoriques, numériques aussi bien qu'expérimentaux. Il sera présenté dans la deuxième moitié de la première année. Son premier objectif est donc de développer les notions d'incertitude et de risque, notions qui sont essentielles dans les industries et les sciences de la thermique et de l'énergétique. Au thème classique de l'analyse des erreurs de mesures (erreurs sur les mesures élémentaires et leurs conséquences sur la valeur d'un résultat global), il faudra donc ajouter l'étude de l'acceptation raisonnée des schématisations des problèmes, des simplifications des équations, de l'emploi de méthodes de résolution ou de calcul imparfaites. Cela conduira à l'analyse de la sensibilité aux différents paramètres, et à l'estimation probabiliste des conséquences des prises de risque associées à toute décision simplificatrice ou réductrice.

Du simple point de vue métrologique, on n'oubliera pas de mettre en évidence les répercussions de sollicitations couplées.

Généralités

- . notions de grandeur physique, repérable, directement ou indirectement mesurable
- . dimensions des grandeurs, équation aux dimensions

Le capteur

- . principe d'examen du comportement d'un capteur en fonction de son environnement (température, vibrations, pression...), précision et fidélité.

. notion succincte de chaîne de mesurage

. qualités de l'ensemble capteur - chaîne

(On ne présentera des exemples de capteurs qu'autant que nécessaire pour illustrer les exposés précédents et en aucun cas on ne présentera un catalogue d'appareils. Les programmes de mécanique des fluides et de transfert de chaleur incluent obligatoirement l'étude de capteurs de la spécialité, celui d'automatique contient l'étude de la chaîne d'acquisition).

Notions de statistique et de probabilité

- . fonction de distribution, histogramme, moyennes, médiane, écart-type
- . variable aléatoire, distribution normale et de Poisson

Les résultats de mesure

- . erreur maximale, erreur la plus probable
- . exploitation d'un ensemble de résultats, ajustement, interpolation, biais ; dérivation, intégration

L'erreur de modèle introduite par la simplification d'équations trop complexes (on pourra prendre comme support des équations de la mécanique des fluides, celles de la couche limite par exemple)

. justification physique de la suppression de termes

. conséquences sur le résultat final, sensibilité

Critères de choix d'une méthode de calcul, optimisation du temps de calcul et du coût vis à vis de la précision recherchée.

Présentation des résultats

- . tableaux, diagrammes, courbes
- . incertitude due à la présentation
- . présentation de l'incertitude.

Technologie des machines thermiques et des auxiliaires

(UE3 en 1^{ère} année)

Cet enseignement est un enseignement technologique de première année. Il est destiné à décrire 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. Chacun de ces éléments ne seront donc examinés que sous l'angle de leur utilisation et de leur association. Seront mis en évidence leurs rôles, leurs courbes caractéristiques de fonctionnement, les règles de sécurité à respecter. L'étude des principes physiques qui expliquent leurs fonctionnements et ces fonctionnements internes seront étudiés, en s'appuyant sur les sciences fondamentales, dans le groupe "applications".

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.

PREMIÈRE SECTION : LES APPAREILS PRINCIPAUX DU GÉNIE THERMIQUE

Première année : TD 12h, TP 24h.

Cette section est destinée à présenter les appareils essentiels du Génie thermique, à en étudier la décomposition éventuelle en sous-ensembles et leur analyse fonctionnelle.

Les chaudières

- . conception générale
- . différents types
- . règles de sécurité.

Les condenseurs et les tours à refroidissement.

Les échangeurs, les corps de chauffe.

Les fours

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

Les moteurs thermiques à combustion interne.

Les groupes frigorifiques et les pompes à chaleur.

DEUXIÈME SECTION : MACHINES AUXILIAIRES DU GÉNIE THERMIQUE

(Les auxiliaires sont les appareils nécessaires au fonctionnement des machines principales et à la sécurité. Leurs rôles sont d'une telle importance que cet enseignement ne saurait être réduit, au bénéfice de la section précédente en particulier).

Première année : TD 12h, TP 16h.

Les circuits de fluides

- . conduites et réservoirs sous pression,
- . vannes, soupapes, organes de régulation de débit et de pression, détendeurs, éjecteurs, purgeurs, dégazeurs, injecteurs,...
- . particularités des circuits de fluides combustibles, brûleurs,
- . particularités des circuits frigorifiques, évaporateurs, condenseurs,
- . manomètres, débitmètres, appareils de surveillance, détecteurs de fuites,...

Les machines pour fluides

- . pompes
- . ventilateurs,
- . compresseurs.

Le traitement des eaux

Acoustique

(UE3 en 1^{ère} année)

Première année : TP 16h.

Électricité

(UE3 en 1^{ère} année)

Première année : TP 28h.

Un effort particulier sera fait sur la mise en œuvre de la norme NFC 15.100, et pour préparer les élèves à la maîtrise de la lecture de plans conventionnels et à se repérer dans les câblages d'armoires de commande, des choix des appareils et des réseaux.

Électrothermie

(UE3 en 1^{ère} année)

Première année : TP 12h.

Thermique des locaux

Première année : TP 28h.

Étude, sous forme de projet, d'une installation de chauffage (maison individuelle) :

- . 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.

Deuxième année : (orientation bâtiment) : TP : 66h

Les travaux pratiques ont pour but d'amener les étudiants à connaître de façon approfondie les installations de chauffage et de climatisation (matériels, installation, fonctionnement, régulation, etc.) et à être capables de concevoir entièrement de telles installations.

Ces acquisitions de connaissances se feront à travers deux types d'activités complémentaires :

1) Projet de chauffage et climatisation (52 h environ)

Réalisation complète d'un projet, incluant notamment :

- . établissement du cahier des charges, y compris des règles de sécurité du travail, choix des matériels, des sources d'énergie
- . calcul des charges de chaleur sensible et de vapeur d'eau (régimes d'hiver et d'été)
- . besoins de renouvellement d'air
- . détermination des conditions de soufflage
- . dimensionnement du réseau de gaines
- . choix des composants de la centrale de traitement d'air
- . dimensionnement des générateurs de chaleur et de froid, des réseaux d'eau chaud et d'eau froide
- . choix du système de régulation
- . vérification de la conformité du projet à la réglementation thermique
- . calculs prévisionnels de consommation.

Le calcul des charges sera réalisé au moyen de logiciels spécifiques, qui permettront en outre de mettre en évidence le comportement thermique dynamique de l'ensemble bâtiment-système de climatisation.

2) Séances de travaux pratiques (14 h environ) sur une ou des centrales de climatisation convenablement instrumentées

- . réglage et fonctionnement du système de régulation
- . évolutions de l'état de l'air au cours du traitement
- . nature et fonctionnement des dispositifs de sécurité
- . bilans thermiques
- . vérification et réglage du réseau de distribution et des bouches de soufflage
- . mesures in situ des températures, humidités, vitesses de l'air dans les locaux.

Études techniques

(UE2 en 1^{ère} année)

(UE3 en 2^{ème} année)

Deuxième année : TP 12h.

Combustion

(UE3 en 2^{ème} année)

Deuxième année : TP 12h.

Échangeurs

(UE3 en 2^{ème} année)

Deuxième année (tronc commun) : TP 12h.

Les travaux pratiques auront pour but de vérifier expérimentalement les lois de comportement principales établies en cours pour quelques échangeurs simples.

On pourra par exemple comparer un échangeur à co-courants et un échangeur à contre-courants, étudier l'évolution des performances d'un échangeur en fonction du débit de l'un des fluides, en fonction de la température d'entrée de l'un des fluides, etc. On s'intéressera dans ces travaux pratiques au transfert de chaleur, mais aussi aux pertes de charge (optimisation, efficacité/perte de charges).

Deuxième année (orientation Industrie) : TP 16h.

Dans cette partie, réservée aux étudiants qui suivent l'orientation industrie, on approfondira et on élargira l'étude du fonctionnement des échangeurs.

On pourra par exemple étudier :

- . l'association en série et en série-parallèle
- . un ou deux échangeurs à changement de phase
- . l'influence de la nature des fluides (changement de fluide)
- . un échangeur à tubes à ailettes
- . la régulation de la puissance calorifique d'un échangeur (variation de température ou de débit).

Foyers

(UE3 en 2^{ème} année)

Deuxième année (Orientation industrie) : TP 12h.

Machines réelles

(UE3 en 2^{ème} année)

Deuxième année (tronc commun) : TP 28h.

Ces travaux pratiques seront orientés vers des études de bancs d'essais (relevé de courbes caractéristiques, mesure de puissance, bilans énergétiques, produits de combustion, pollution atmosphérique).

Deuxième année (orientation industrie) : TP 20h.

Les travaux pratiques seront orientés vers des projets de calculs et conception des machines citées dans le programme de cours et travaux dirigés.

Régulation, automatisme

(UE3 en 2^{ème} année)

Deuxième année : TP 24h.

Langues étrangères

(UE3 en 2^{ème} année)

Deuxième année : TP 28h.

Communication

(UE3 en 2^{ème} année)

Deuxième année : TP 28h.

Conduite et gestion de projets ; gestion d' affaires

(UE1 en 1^{ère} année)

(UE3 en 2^{ème} année)

Deuxième année (orientation industrie) : TP 8h.

CONDUITE ET GESTION DE PROJET

Cet enseignement ne sera suivi que par les élèves relevant de l'orientation "Industrie".

CONNAISSANCES DE BASE

Management de la qualité

. l'assurance qualité :

- + la construction (méthodes, moyens humains et techniques),
- + la surveillance (les audits, inspections, indicateurs),
- + les corrections (expertises, groupes de travail, procédures).

. quelques outils :

- + les plans d'expérience
- + la fiabilité intégrée dans la conception (AMDEC),
- + l'analyse de la valeur et la conception à coûts objectifs,
- + la gestion de la configuration.

. incidence sur le management, l'organisation et les compétences.

Mémorisation de la conduite du projet et mémorisation de l'expérience

EXEMPLES D'APPLICATIONS

. sur la base d'études techniques

. comme aide à la réalisation de projets tutorés.

Deuxième année (orientation bâtiment) : TP 8h.

CONDUITE ET GESTION D'AFFAIRES

Cet enseignement ne sera suivi que par les élèves relevant de l'orientation "Bâtiment".

Préambule :

On se place dans le contexte suivant : à partir des besoins exprimés par le client, l'étude et la conception d'un projet ont été négociées, la commande a été obtenue. On passe à l'exécution d'une installation. Dans cet enseignement, on étudiera la succession des actions à mener par le responsable de l'affaire, au cours de cette phase.

PROCESSUS D'EXECUTION

Réception du dossier

. prend connaissance du dossier par une note analytique détaillée.

Étude du dossier

. prend connaissance des pièces du marché

. réalise l'étude technique - en imaginant éventuellement d'autres solutions d'exécution -, ou participe à sa réalisation ; examine les pièces techniques, les plans, effectue les calculs

. calcule les dimensionnements à partir du schéma d'exécution

. réalise le déboursé d'exécution

. exécute les plans ou les fait réaliser par un dessinateur et les contrôle

. réalise le détail quantitatif

. prend connaissance du PHS.

Achat

. consulte les fournisseurs

. commence à négocier les prix

. passe les commandes.

Planning - délais

. prend connaissance du planning ou l'élabore en fonction des dates de début et de fin de chantier.

Réalisation

. analyse les compte-rendus de chantier

. contrôle l'avancement et la qualité des travaux réalisés

. établit les situations de travaux

. suit les approvisionnements avec le chef de chantier.

Gestion financière

. participe à la gestion du compte prorata avec une vigilance particulière, en demandant les justificatifs

. chiffre les travaux modificatifs

. suit les déboursés et prépare pour le chargé d'affaires un état comparatif entre prévisions et réalisations.

Mise en route

. réalise un cahier de mise en route et une notice d'entretien et de fonctionnement pour tous les appareils posés
. s'assure que la capacité des appareils n'est pas dépassée.

Réception

. participe à la pré-réception du chantier avec le metteur au point et le chef de chantier
. participe à la levée des réserves.

Fin de chantier

. participe au traitement des problèmes liés à l'affaire;

QUALITE

. définition
. objectifs
. mise en œuvre.

EXEMPLES D'APPLICATIONS

. sur la base d'études techniques
. comme aide à la réalisation de projets tutorés.

UNITÉ D'ENSEIGNEMENT 4 : PROJETS TUTORÉS ET STAGE

PROJETS TUTORÉS

Première année : 100h.

Deuxième année : 200h.

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, dans des situations de travail collectives et personnelles, les connaissances acquises.

En première année, il s'agira surtout de familiariser l'élève 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, 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 élève étant responsable d'un calcul, un autre de recherche de renseignements, un troisième du chiffrage économique, etc... 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, etc... Ils seront rassemblés dans un dossier global, qui en situation réelle serait destiné à être conservé et archivé par l'entreprise. Cette partie sera l'occasion d'une bonne mise en application des enseignements donnés en "Conduite et gestion de projets; gestion d'affaires".

Compte tenu de l'inexpérience des élèves de première année, un encadrement vigilant devra veiller avec suffisamment de présence à éviter toute attitude passive ou attentiste, et sera très présent pour aider l'élève à définir son plan de travail, son itinéraire d'approche, la gestion de son temps et pour stimuler son comportement.

Ces travaux utiliseront comme supports les matières enseignées en première année (on a vu dans le programme qu'un enseignement tel que celui de "Génie thermique et environnement" pouvait être un support privilégié).

En deuxième année, 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, etc..., peut donner lieu à déplacements en dehors de l'IUT.

STAGE EN ENTREPRISE

Deuxième année : durée 10 semaines

Le stage en entreprise a lieu au cours de la deuxième année, selon une période unique 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 du travail, et il est donc essentiel qu'à cette occasion ils soient à même de se faire un jugement personnel.

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.

TABLEAUX DES HORAIRES ET DES COEFFICIENTS

1 ^{ERE} ANNÉE					
UNITÉS D'ENSEIGNEMENT MATIÈRES	C	TD	TP	TOTAL HEURES	COEF.
UE1 : CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES					
Disciplines fondamentales et générales					
* Transfert de chaleur	24	24		48	6
* Mécanique des fluides	20	24		44	6
* Thermodynamique	16	24		40	6
Outils scientifiques pour le génie thermique					
* Mathématiques	66	74		140	8
* Mécanique	22	22		44	4
* Propriétés et résistance des matériaux	20	20		40	4
Total 1	168	188		356	34
UE2 : CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES					
Technologie générale					
* Bureau d'études			60	60	6
* Techniques du génie thermique		12	48	60	6
Applications					
* Génie thermique et environnement		16		16	2
* Acoustique	8	8		16	2
* Électricité	18	24		42	3
* Électrothermie	6	12		18	2
Langue, expression, communication					
* Langues étrangères		32	34	66	4
* Communication		32	34	66	4
* Conduite et gestion de projets			8	8	2
* Études techniques			8	8	2
Total 2	32	136	192	360	31
UE3 : PRATIQUE PROFESSIONNELLE					
- Transfert de chaleur			20	20	3
- Mécanique des fluides			20	20	3
- Thermodynamique			24	24	3
- Mécanique			20	20	2
- Propriétés et résistance des matériaux			24	24	2
- Informatique et méthodes numériques	6		44	50	5
- Connaissance de l'incertitude dans les projets et les expériences	16		16	32	3
- Technologie des machines thermiques : 1. appareils principaux		12	24	36	3
- Technologie des machines thermiques : 2. appareils auxiliaires		12	16	28	2
- Acoustique			16	16	2
- Électricité			28	28	4
- Électrothermie			12	12	2
- Thermique des locaux			28	28	3
Total 3	22	24	292	338	35
TOTAL 1 + 2 + 3	222	348	484	1 054	
Projets tutorés (300 h sur 2 ans)*				100 h	

* Les notes et appréciations des projets tutorés de 1ère année sont prises en compte dans l'UE4 de la 2ème année

2 ^{ÈME} ANNÉE								
UNITÉS D'ENSEIGNEMENT MATIÈRES	C		TD		TP		TOTAL HEURES	COEF.
UE1 : CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES								
Disciplines fondamentales et générales								
* Transfert de chaleur	20		24				44	6
* Mécanique des fluides	20		24				44	6
* Thermodynamique	8		16				24	3
Outils scientifiques pour le génie thermique								
* Mathématiques	36		36				72	5
* Informatique et méthodes numériques	10		16				26	3
Total 1	94		116				210	23
UE2 : CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES								
Applications								
- Thermodynamique appliquée	8		8				16	3
- Combustion	6		6				12	
- Échangeurs	14		14				28	3
- Machines réelles	14		16				30	3
- Régulation, automatique	16		32				48	4
- Thermique des locaux	10		10				20	2
* Orientation Industrie								
- Foyers		8		12			20	*
- Machines réelles		4		6			10	*
* Orientation Bâtiment								
- Thermique des locaux		12					12	*
Langue, expression, communication								
- Langues étrangères			26				26	3
- Communication			26				26	3
- Économie de l'entreprise			16				16	2
- Ouverture culturelle et artistique			28				28	3
Total 2 (Orientation industrie)	68	12	182	18			280	26
Total 2 (Orientation bâtiment)	68	12	182				262	26
UE3 : PRATIQUE PROFESSIONNELLE								
- Transfert de chaleur					24		24	3
- Mécanique des fluides					16		16	3
- Informatique et méthodes numériques					16		16	2
- Régulation, automatique					24		24	3
- Communication					28		28	2
- Langues étrangères					28		28	-
- Études techniques					12		12	2
- Conduite et gestion de projets ; gestion d'affaires					-	8	8	-
* Orientation Industrie								
- Combustion					12	-	12	4
- Foyers					-	12	12	-
- Échangeurs					12	16	28	3
- Machines réelles					28	20	48	6
* Orientation Bâtiment								
- Combustion					12	-	12	2
- Échangeurs					12	-	12	-
- Machines réelles					28	-	28	3
- Thermique des locaux						66	66	-
1 : projet de chauffage et climatisation								6
2 : centrales de climatisation								2
Total 3 (Orientation industrie)					200	56	256	28
Total 3 (Orientation bâtiment)					200	74	274	28
Total horaires 1 + 2 + 3 (Orientation industrie)	162	12	298	18	200	56	746	
Total horaires 1 + 2 + 3 (Orientation bâtiment)	162	12	298		200	74	746	
UE4 : PROJETS TUTORÉS ET STAGES								
- Projets tutorés (300 h sur les 2 années)							200 h	8
- Stages (10 semaines)								12
Total 4								20

Tc : Tronc commun

Or : Orientation

* Contrôles de ces enseignements avec ceux des disciplines correspondantes de l'UE3