



**Intitulé du module : Résistance des matériaux 1**

**Contenu du module**

**INTRODUCTION**

**1 TRACTION SIMPLE**

- 1.1 Efforts et contraintes
- 1.2 Contrainte de traction
  - 1.2.1 Equilibre et forces intérieures
  - 1.2.2 Contrainte normale
  - 1.2.3 Déformations

**2 COMPRESSION SIMPLE**

- 2.1 Contraintes et déformations
  - 2.1.1 Contraintes
  - 2.1.2 Déformations en compression
- 2.2 Problèmes statiquement déterminés
- 2.3 Problèmes hyperstatiques

**3 CISAILLEMENT SIMPLE, ETAT DE CONTRAINTE PLAN**

- 3.1 Cisaillement simple
  - 3.1.1 Equilibre et effort tranchant
  - 3.1.2 Contrainte tangentielle
  - 3.1.3 Déformation
- 3.2 Etat de contrainte plan
  - 3.2.1 Principe de la réciprocité des contraintes
  - 3.2.2 Contraintes dans une coupe quelconque
  - 3.2.3 Contraintes principales
  - 3.2.4 Cercle de Mohr des contraintes
  - 3.2.5 Etats de contrainte plans particuliers

**4 CARACTÉRISTIQUES DES SURFACES PLANES**

- 4.1 Définitions et propriétés
  - 4.1.1 Moments statiques de surface
  - 4.1.2 Moments quadratiques de surfaces planes
  - 4.1.3 Théorème de Huygens ou de Steiner
  - 4.1.4 Moment produit
- 4.2 Calcul des moments quadratiques

- 4.2.1 Rectangle, cercle et triangle
- 4.2.2 Surfaces décomposables en surfaces simples
- 4.2.3 Recherche graphique par la méthode de Mohr
- 4.2.4 Recherche numérique des moments quadratiques

#### 4.3 Rotation du système d'axes de gravité

- 4.3.1 Relations analytiques
- 4.3.2 Recherche graphique par le cercle de Mohr-Land
- 4.3.3 Axes conjugués quelconques
- 4.3.4 Application

### 5 FLEXION SIMPLE

#### 5.1 Efforts dans les poutres

- 5.1.1 Poutres sollicitées par des forces coplanaires
- 5.1.2 Charges réparties
- 5.1.3 Charges mixtes

#### 5.2 Flexion simple élastique

- 5.2.1 Hypothèses initiales et moment fléchissant
- 5.2.2 Contrainte de flexion
- 5.2.3 Poutres d'égale contrainte en flexion

#### 5.3 Flexion accompagnée de cisaillement

- 5.3.1 Répartition de la contrainte de cisaillement
- 5.3.2 Effet du cisaillement dans les sections dissymétriques
- 5.3.3 Contraintes principales dans une poutre fléchie

#### 5.4 Flexion déviée

- 5.4.1 Répartition des contraintes
- 5.4.2 Recherche graphique de l'axe neutre

#### 5.5 Flexion élasto-plastique

- 5.5.1 Etude des déformations élasto-plastiques
- 5.5.2 Calculs en construction de machines
- 5.5.3 Calculs en construction métallique

### 6 TORSION SIMPLE

#### 6.1 Efforts et contrainte de torsion

- 6.1.1 Moment de torsion et diagramme
- 6.1.2 Contrainte de torsion
- 6.1.3 Etat de contrainte en torsion simple

#### 6.2 Déformation en torsion cylindrique simple

- 6.2.1 Angle de rotation
- 6.2.2 Energie de déformation en torsion

#### 6.3 Torsion des barres à sections non circulaires

- 6.3.1 Torsion des profilés minces fermés
- 6.3.2 Torsion des profilés pleins

## 1<sup>ère</sup> année ingénieurs – semestre 2

**Intitulé du module :** Résistance des matériaux 2

### Contenu du module

- 1 DÉFORMATION EN FLEXION DES POUTRES ISOSTATIQUES ET HYPERSTATIQUES
  - 1.1 Déformation par intégration analytique
  - 1.2 Méthode de la poutre conjuguée
  - 1.3 Poutres continues hyperstatiques
  - 1.4 Méthode de la matrice de transmission
- 2 RÉPARTITION DES CONTRAINTES COMPOSANTES DANS LES SECTIONS PLANES
  - 2.1 Efforts intérieurs
  - 2.2 Contraintes normales et tangentielles
  - 2.3 Flexion des pièces à forte courbure
  - 2.4 Cadres et portiques hyperstatiques
- 3 STABILITÉ DES PIÈCES ÉLANCÉES OU MINCES
  - 3.1 Flambement des pièces comprimées
  - 3.2 Autres problèmes de stabilité
  - 3.3 Pièce comprimée à section variable
- 4 MÉTHODES ÉNERGÉTIQUES APPLIQUÉES EN RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX
  - 4.1 Energie potentielle élastique
  - 4.2 Déformation des systèmes isostatiques
  - 4.3 Déformation des systèmes hyperstatiques
- 5 RELATIONS FONDAMENTALES DE L'ÉLASTICITÉ CRITÈRES DE RÉSISTANCE
  - 5.1 Etat de contrainte spatiale
  - 5.2 Etat de déformation spatiale
  - 5.3 Ecriture des déformations + contraintes
  - 5.4 Critères de résistance
  - 5.5 Notions élémentaires sur les éléments finis
- 6 TYPES DE CHARGE, EFFET D'ENTAILLE COMPORTEMENT DES MATÉRIAUX MÉTALLIQUES
  - 6.1 Types de charges
  - 6.2 Effet d'entaille
  - 6.3 Comportement des matériaux métalliques
- 7 RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX EN CONCEPTION DE MACHINES
  - 7.1 Méthode générale de solution
  - 7.2 Contrôles en charge statique
  - 7.3 Contrôles en charge dynamique

## 1<sup>ère</sup> année ingénieur – semestre 1

### Intitulé du module : Mécanique des fluides 1

#### Contenu du module

##### 1 Concepts fondamentaux et propriétés des fluides

Notions générales sur les fluides, coefficients de dilatation de compressibilité, viscosité, tension superficielle ...

##### 2 Statique des fluides

Définition et équation de la statique des fluides, statique des fluides compressibles et incompressible (hydrostatique, surfaces isobares, pression en un point, action des forces sur une paroi...)

##### 3 Cinématique des fluides

Méthodes Lagrangienne et Eulérienne, dérivée particulaire, translation, rotation et déformation, fonction de courant, écoulement irrotationnel...

##### 4 Forme intégrale des équations de bases pour un volume de contrôle

Lois de base d'un système, relation entre les dérivées du système et la formulation du volume de contrôle, conservation de masse, théorème de quantités de mouvement ...

##### 5 Dynamique des fluides parfaits

Équations générales du mouvement, théorème de Bernoulli, interprétation du théorème de Bernoulli, application du théorème de Bernoulli (vidange d'un réservoir, phénomène de venturi...)

## 1<sup>ère</sup> année ingénieur – semestre 2

### Intitulé du module : Mécanique des fluides 2

#### Contenu du module

##### 1 Dynamique des fluides réels

Notion de viscosité d'un fluide, écoulement de poiseuille, calcul des pertes de charges en conduite circulaire et non circulaire (rayon hydraulique), singularité et orifices, régime laminaire et turbulent...

##### 2 Analyse dimensionnelle et principe de similitude

Introduction, similitudes géométrique, cinématique et dynamique, théorème de Vashy-Bukingham...

##### 3 Les pompes

Définition et domaine d'application, pompes volumétriques, turbo-pompes, description et fonctionnement, caractéristiques, couplage.

##### 4 Écoulement des fluides compressibles en régime permanent

Conditions générales d'écoulement, équation de continuité, écoulement gazeux à masse volumique constante, écoulement gazeux à masse volumique variable.

##### 5 Interaction entre un fluide et un solide- notion de couche limite

Notion de couche limite, couche limite dans les conduites cylindriques, déplacement relatif entre un objet et un fluide

## 1<sup>ère</sup> année ingénieur – semestre 1

**Intitulé du module :** Théorie générale des milieux continus<sup>1</sup>

### Contenu du module

#### 1 : Introduction à la mécanique des milieux continus

Objectifs du cours

Introduction à la mécanique des milieux continus

Définition du milieu continu

Raisons de l'étude de la MMC

Domaines utilisant la MMC

Hypothèses d'étude de la MMC

#### 2 : Calcul tensoriel

Objectifs du cours

Introduction

Convention de sommation

L'indice libre et l'indice muet

Symbole de Kronecker

Symbole de permutation

Manipulation des notations indicielles

Tenseurs

Composantes d'un tenseur

Somme de deux tenseurs

Produit de deux tenseurs

Tenseur transposé

Trace d'un tenseur

Tenseurs unitaire et inverse

Tenseur orthogonal

Matrice de transformation

Loi de transformation d'un vecteur

Loi de transformation d'un tenseur

Tenseurs symétrique et antisymétrique

Valeurs et vecteurs propres d'un tenseur

#### 3 : Cinématique des milieux continus

Objectifs du cours

Introduction

Descriptions du mouvement d'un milieu continu

Descriptions Lagrangienne, Eulérienne et temporelle

Accélération d'une particule matérielle

Champ de déplacements

Tenseur de déformations

Identification géométrique des composants du tenseur de déformations

Déformations et directions principales

Changement d'une surface dû à une déformation  
Changement d'un volume dû à une déformation  
Conditions nécessaires et suffisantes de compatibilité de déformations  
4 : Contraintes dans les milieux continus  
Objectifs du cours  
Introduction  
Vecteur de contraintes  
Tenseur de contraintes  
Symétrie du tenseur de contraintes  
Contraintes et directions principales et contraintes de cisaillement extrêmes  
Conditions aux limites du tenseur de contraintes  
Etats de contraintes particulières  
Tenseur de contraintes de Piolla-Kirchhoff  
5 : Lois de comportement  
Objectifs du cours  
Introduction  
Formulations dynamiques et quasi-statiques  
Conditions aux limites  
Essais classiques  
Diversité des comportements  
Modèles rhéologiques  
Exemples  
6 : Elasticité linéaire  
Objectifs du cours  
Introduction générale  
Propriétés mécaniques des matériaux  
Comportement élastique linéaire  
Comportement élastique isotrope  
Module de Young, coefficient de Poisson, module de cisaillement et module de Bulk  
Critères de limite d'élasticité  
Barre sous une tension, une flexion et une torsion

## 1<sup>ère</sup> année ingénieur – semestre 2

**Intitulé du module :** Théorie générale des milieux continus 2

### Contenu du module

#### 1 : Elasticité plane

- Objectifs du cours
- Introduction
- Fonction de contraintes
- Contraintes planes
- Déformations planes
- Problèmes axisymétriques
- Elasticité plane en coordonnées polaire
- Applications numériques

#### 2 : Dynamique des fluides

- Objectifs du cours
- Introduction
- Equation hydrostatique
- Fluides Newtoniens (Fluides visqueux)
- Equation de Navier-Stokes en coordonnées cylindriques
- Equation de Navier-Stokes en coordonnées sphériques
- Ecoulement de Couette, Ecoulement de Poiseuille, Ecoulement de Hagen-Poiseuille
- Ecoulement de Couette de deux couches incompressible
- Fluides Newtoniens compressibles
- Ecoulement d'un fluide sous un mouvement vibratoire

#### 3 : Modèles constitutifs

- Objectifs du cours
- Introduction

##### 1- Viscoélasticité

- Modèle viscoélastique linéaire
- Modèle Maxwell
- Généralisation de la loi de Maxwell
- Modèles non linéaire viscoélastiques
- Gradient des déformations relatives
- Tenseur des déformations relatives
- Tenseur de Rivlin-Ericksen
- Relation entre gradient de vitesse et gradient de déformations
- Loi de transformation du tenseur des déformations relatives
- Loi de transformation du tenseur de Rivlin-Ericksen
- Fluides incompressibles
- Problèmes pratiques

##### 2- Hyperélasticité

- Fonctions de l'énergie de déformation
- Equations de base de l'hyperélasticité
- Lois constitutives de l'hyperélasticité

##### 3- L'anisotropie

- Matériaux symétriques

Matériaux anisotropiques linéaires  
Matériaux avec un plan de symétrie

4 : Plasticité

Objectifs du cours  
Introduction  
Comportement plastique  
Fonction de charge  
Plasticité associée et non associée  
Potentiel plastique  
Notion d'écroutissement  
Travail plastique  
Analyse de cas pratiques

5 : Mécanique des milieux continus en coordonnées curvilignes

Objectifs du cours  
Introduction  
Tenseur de déformations  
Tenseurs de contraintes  
Equations de base en élasticité  
Equations de base en mécanique des fluides  
Problèmes pratiques

**Intitulé du module : Transfert thermique 1**

**Contenu du module**

1 : INITIATION AUX TRANSFERTS THERMIQUES

- 1.1 Modes de transfert de chaleur
- 1.2 Loi de conservation de l'énergie
- 1.3 Formulation des problèmes

2: TRANSFERT DE CHALEUR PAR CONDUCTION

- 2.1 Loi de Fourier
- 2.2 Vecteur densité de flux
- 2.3 Conductivité thermique
- 2.4 Equation de la chaleur
- 2.5 Conditions aux limites et conditions initiales

3 : CONDUCTION THERMIQUE EN REGIME PERMANENT :

- 3.1 Paroi plane avec et sans génération volumique de chaleur
- 3.2 Géométrie cylindrique et sphérique monodimensionnelle
- 3.3 Ailettes. Modèle de la barre
- 3.4 Méthode de résolution de la conduction thermique par différences finies

4: PRINCIPES FONDAMENTAUX DE LA CONVECTION :

- 4.1 Evaluation des coefficients d'échange de chaleur par convection
- 4.2 Equation générale de la convection
- 4.3 Analyse dimensionnelle
- 4.4 Nombres sans dimensions
- 4.5 Couches limites laminaires hydrodynamiques et thermiques

5: CONVECTION FORCEE POUR LES ECOULEMENT EXTERNE ET INTERNE:

- 5.1 Convection forcée sur les plaques planes
- 5.2 Convection forcée sur les plaques cylindrique et sphérique
- 5.3 Convection forcée à l'intérieur des tubes

6 : CONVECTION NATURELLE :

- 6.1 Convection naturelle sur les plaques horizontales et verticales
- 6.2 Convection naturelle à l'intérieur des espaces confinés

7 : RAYONNEMENT THERMIQUE :

- 7.1 Définitions et relations
- 7.2 Absorption, réflexion, transfert par rayonnement
- 7.3 Echanges entre surfaces noires
- 7.4 Echanges entre surfaces grises

## 2<sup>ème</sup> année ingénieurs – semestre 2

**Intitulé du module :** Transfert thermique 2

### Contenu du module

#### 1 : CONDUCTION THERMIQUE INSTATIONNAIRE

- 1.1 Rappels : Loi de fourier, Equation de la chaleur, Conduction stationnaire
- 1.2 Méthode du corps à température quasi-uniforme
- 1.3 Plaque plane, cylindre long, sphère : solutions analytiques monodimensionnelles
- 1.4 Milieu semi-infini
- 1.5 Conduction instationnaire multidimensionnelle
- 1.6 Résolution numérique de la conduction instationnaire

#### 2 : TRANSFERTS CONVectifs

- 2.1 Equations de la convection : conservation de la masse, conservation de la quantité de mouvement, conservation de l'énergie
- 2.2 Approximation de boussinesq
- 2.3 Ecoulement turbulent
- 2.4 Convection forcée et naturelle
- 2.5 Convection mixte

#### 3 : TRANSFERT DE CHALEUR AVEC CHANGEMENT DE PHASE

- 3.1 Introduction-Rappels
- 3.2 Ebullition
- 3.3 Condensation
- 3.4 Application des transferts de chaleur avec changement de phase

#### 4 : TRANSFERT DE CHALEUR ET TRANSFERT DE MASSE

- 4.1 Introduction au transfert de masse
- 4.2 Transfert de masse par diffusion
- 4.3 Transfert de masse par convection
- 4.4 Flux de chaleur échangés
- 4.5 Application : tour de refroidissement

#### 5 : RAYONNEMENT THERMIQUE

- 5.1 Introduction et description du rayonnement thermique
- 5.2 Modèles des échanges thermiques radiatifs
- 5.3 Modèles des transferts thermiques radiatifs
- 5.4 Résolutions des problèmes de rayonnement thermique

#### 6 : TRANSFERTS PAR DIFFERENTES MODES COMBINES

- 6.1 Cas conduction combinée avec la convection
- 6.2 Cas conduction combinée avec le rayonnement
- 6.3 Cas convection combinée avec le rayonnement
- 6.4 Cas de combinaison des trois modes de transfert

## 2<sup>ème</sup> année ingénieurs – semestre 1

### **Intitulé du module :** Thermodynamique 1

#### Contenu du module

- I) Révision des principes fondamentaux de la thermodynamique
  - 1. introduction à la thermodynamique : définitions, variables et fonctions d'état, transformations réversibles/ irréversibles, systèmes thermodynamiques, transformation usuelle (T,P,V, adiabatique,  $s=cte$ ) et polytropiques
  - 2. Calorimétrie : températures, échelles de température, gaz parfait et réel, facteur de compressibilité, changement d'état d'un corps pur, chaleur massique, chaleur latente, principe zéro, première principe, deuxième principe.
- II) Diagrammes thermodynamique : Enthalpique, Mollier, Clapeyron, entropique
- III) Notions sur les bilans énergétiques, entropiques et exégétique (exemple d'application du 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> principe)
- IV) Etudes pragmatique d'un cycle de Carnot moteur/ récepteur (rendement et le COP en utilisant la base NIST)

## 2<sup>ème</sup> année ingénieurs – semestre 2

### **Intitulé du module :** Thermodynamique2

#### Contenu du module

- I) Introduction à l'exergie
- II) Changement de phase d'un corps pur
- III) Etudes, mesures et performances des centrales thermiques
  - a. Centrales électriques à vapeur: cycle de Rankine et surchauffe
  - b. Centrales électriques à gaz : cycle ouvert et fermé.
  - c. Systèmes énergétiques à combustion interne ( cycles diesel et essence)
- IV) Machines réceptrices et cycles frigorifique
- V) Systèmes de cogénération et de trigénérations.

**Intitulé du module :** Vibration mécanique

**Contenu du module**

1 : Bases fondamentales de vibrations

- Objectifs du cours
- Historique des vibrations
- Importance de l'étude des vibrations
- Concepts de base des vibrations
- Degrés de liberté
- Classification des vibrations
- Procédure de l'analyse vibratoire

2 : Modélisation des systèmes à un seul degré de liberté

- Objectifs du cours
- Introduction
- Modèle ressort
- Modèle élément élastique : type ressort, Modèle de combinaison de ressorts
- Sources de l'énergie potentielle
- Forces extérieures
- Méthode du corps surabondant
- Hypothèse de petits déplacement et angle
- Méthode du système équivalent

3 : Vibrations libres des systèmes à un seul degré de liberté

- Objectifs du cours
- Introduction
- Forme standard de l'équation différentielle du mouvement
- Vibrations libres des systèmes non amortis, Vibrations libres des systèmes amortis
- Amortissements de Coulomb, Amortissements hystériques
- Autres formes d'amortissements

4 : Excitations harmoniques des systèmes à un seul degré de liberté

- Objectifs du cours
- Introduction
- Réponse forcée des systèmes non amortis
- Réponse forcée des systèmes amortis
- Excitations à pulsation au carré
- Réponse due à une excitation harmonique du support
- Isolation des vibrations
- Isolation des vibrations dues à une excitation à fréquence au carré
- Excitation à plusieurs fréquences
- Réponse des systèmes sous excitations périodiques
- Systèmes amortis de type Coulomb
- Systèmes amortis de type hystériques
- Applications

5 : Vibrations transitoire des systèmes à un seul degré de liberté

- Objectifs du cours
- Introduction

Réponse due à une excitation impulsive unitaire, Réponse due à une excitation générale  
Réponse due à une excitation change discrètement avec le temps  
Mouvement transitoire dû à une excitation de la base  
Solution par la transformée de Laplace, Solution par les méthodes numériques

6 : Systèmes à deux degrés de liberté

Objectifs du cours  
Introduction  
Dérivation de l'équation du mouvement  
Fréquences naturelles et modes de vibrations  
Vibrations libres des systèmes amortis à deux degrés de liberté  
Vibrations forcées des systèmes amortis à deux degrés de liberté  
Applications

7 : Modélisations des systèmes à plusieurs degrés de liberté

Objectifs du cours  
Introduction  
Dérivation de l'équation différentielle du mouvement  
Formulation matricielle des équations différentielles  
Paramètres de rigidité, Paramètres de flexibilité, Paramètres d'inertie  
Modélisation des systèmes continus  
Applications numériques

## 2<sup>ème</sup> année ingénieurs – semestre 1

**Intitulé du module:** Mécanique Appliquée

### Contenu du module

Compléments de mécanique rationnelle

1 : Notions fondamentales

2: Cinématique du solide

3 : Cinétique

4 : Dynamique

Mécanique analytique

5 : Principe des travaux virtuels

6 : Equation de Lagrange: équation générale de la dynamique

7 : Equation de Hamilton

8 : introduction au mouvement vibratoire

9 : Problèmes aléatoires de la mécanique