

LORRAINÉ INP

*Devenir Ingénieur d'une Grande École
par la formation professionnelle*

CYCLE présentiel « Temps Plein » Descriptif du cycle



Anne MATHIEU
Responsable Administrative
Téléphone : 03.72.74.41.86
a.mathieu@univ-lorraine.fr

David TOUPANCE
Responsable pédagogique
Téléphone : 03.72.74.42.08
david.toupance@univ-lorraine.fr

DESCRIPTION DES MODULES

Filières génie mécanique et génie électrique :

Module	Nombre d'heures
Tronc commun	504
Algèbre	45
Fonctions de plusieurs variables - Intégrales	30
Analyse complexe	42
Systèmes différentiels	24
Statistiques	30
Informatique	30
Techniques mathématiques pour la physique	30
Thermodynamique	30
Electricité générale	30
Electrostatique	27
Mécanique du point	27
Mécanique du solide	27
Modélisation	27
Automatique	33
Traitement du signal	27
Anglais	45
Filière mécanique	90
Mécanique des milieux continus	12
Résistance des matériaux	24
Mécanique des fluides	24
Thermique	30
Filière électricité	90
Electromagnétisme	24
Electronique	24
Electronique de puissance	21
Electrotechnique	21

Filière génie chimique :

Module	Nombre d'heures
Tronc commun	450
Algèbre	45
Fonctions de plusieurs variables - Intégrales	30
Analyse complexe	42
Systemes différentiels	24
Statistiques	30
Informatique	30
Techniques mathématiques pour la physique	30
Thermodynamique	30
Électricité générale	30
Mécanique du point	27
Modélisation	27
Automatique	33
Traitement du signal	27
Anglais	45
Filière chimie	150
Mécanique des fluides	24
Chimie générale	48
Cinétique chimique	30
Chimie organique	48

Tronc commun

Module « Algèbre » (45h)

Chapitre 1 : POLYNÔMES, FRACTIONS RATIONNELLES

- 1. Polynômes**
 - 1.1. Généralités
 - 1.2. Structure de l'ensemble des polynômes
 - 1.3. Division euclidienne ou division suivant les puissances décroissantes
 - 1.4. Racines d'un polynôme. Ordre de multiplicité
 - 1.5. Factorisation des polynômes à coefficients réels
 - 1.6. Division suivant les puissances croissantes
- 2. Fractions rationnelles**
 - 2.1. Généralités
 - 2.2. Décomposition d'une fraction rationnelle en éléments simples de première espèce
 - 2.3. Décomposition d'une fraction rationnelle en éléments simples de seconde espèce
 - 2.4. Méthodes pratiques de décomposition

Chapitre 2 : ESPACES VECTORIELS

- 1. Notions d'espace vectoriel**
 - 1.1. Définitions
 - 1.2. Bases d'un espace vectoriel
 - 1.3. Sous-espace vectoriel
- 2. Applications linéaires**
 - 2.1. Rappels sur les applications
 - 2.2. Linéarité d'une application
 - 2.3. Rang d'une application linéaire
 - 2.4. Noyau d'une application linéaire
 - 2.5. Application linéaire bijective
- 3. Formes linéaires, bilinéaires et quadratiques**
 - 3.1. Formes linéaires
 - 3.2. Formes bilinéaires
 - 3.3. Formes quadratiques
- 4. Espaces vectoriels euclidiens**
 - 4.1. Définition
 - 4.2. Inégalité de Schwarz
 - 4.3. Inégalité de Minkowski
 - 4.4. Dans un espace vectoriel euclidien

Chapitre 3 : SYSTEMES D'EQUATIONS LINEAIRES - DETERMINANTS

- 1. Déterminant**

- 1.1. Introduction
- 1.2. Définition du déterminant en dimension 3
- 1.3. Propriétés
- 1.4. En dimension n
- 1.5. Méthodes de calcul
2. **Systèmes de n équations à n inconnues**
 - 2.1. Interprétation géométrique
 - 2.2. Système de Cramer
 - 2.3. Système avec déterminant nul
3. **Systèmes de n équations à p inconnues**
 - 3.1. Plus d'équations que d'inconnues ($n > p$)
 - 3.2. Plus d'inconnues que d'équations ($n < p$)
4. **Résumés des discussions**
5. **Méthode du pivot de Gauss**
 - 5.1. Résolution d'un système triangulaire
 - 5.2. Equation pivot
 - 5.3. Exemples
 - 5.4. Comparaison des méthodes de Cramer et de Gauss

Chapitre 4 : CALCUL MATRICIEL

1. **Généralités**
 - 1.1. Définitions
 - 1.2. Exemple
 - 1.3. Matrices et applications linéaires
 - 1.4. Quelques définitions
2. **Opérations sur les matrices**
 - 2.1. Matrice nulle
 - 2.2. Egalité de deux matrices
 - 2.3. Somme de deux matrices
 - 2.4. Multiplication par un scalaire
 - 2.5. Produit de deux matrices
 - 2.6. Transposée d'une matrice
3. **Matrices carrées**
 - 3.1. Application linéaire associée
 - 3.2. Matrices carrées particulières
 - 3.3. Inversion des matrices carrées
 - 3.4. Matrice de changement de repère
4. **Diagonalisation des matrices carrées**
 - 4.1. Valeurs propres et vecteurs propres d'un endomorphisme
 - 4.2. Diagonalisation des matrices carrées
 - 4.3. Sous espace propre, sous espace caractéristiques
 - 4.4. Polynôme minimal, conditions de diagonalisation
 - 4.5. Mise sous forme de Jordan (au moins pour information)

Module « Fonctions de plusieurs variables » (30h)
--

Chapitre 1 : METRIQUE ET CONTINUITÉ

1. **Introduction**
2. **Distances et ouverts dans \mathbb{R}^n**
 - 2.1. Distance
 - 2.2. Boule et pavé
3. **Fonctions de plusieurs variables**
 - 3.1. Définition
 - 3.2. Représentation graphique
4. **Limite et continuité**
 - 4.1. Définitions de la limite et de la continuité
 - 4.2. Prolongement par continuité
5. **Fonctions vectorielles de variables vectorielles**
 - 5.1. Limite
 - 5.2. Continuité
 - 5.3. Applications linéaires continues

Chapitre 2 : DIFFERENTIABILITÉ

1. **Cas d'une fonction numérique**
 - 1.1. Dérivées partielles
 - 1.2. Différentielle
2. **Cas d'une fonction de plusieurs variables à valeurs vectorielles**
 - 2.1. Définitions
 - 2.2. Théorème
 - 2.3. Exemples fondamentaux
3. **Opérations sur les différentielles**
 - 3.1. Premières propriétés
 - 3.2. Composition des applications

Chapitre 3 : DÉRIVÉES PARTIELLES D'ORDRE SUPÉRIEUR

1. **Définition**
2. **Théorème de Schwarz**
 - 2.1. Théorème de Schwarz
 - 2.2. Généralisation
3. **Formule de Taylor des fonctions de plusieurs variables**
 - 3.1. Lemme
 - 3.2. Théorème (formule de Taylor)
 - 3.3. Formule de Taylor-Young
4. **Application à la recherche d'extrema**
 - 4.1. Recherche des extrema
 - 4.2. Comportement de f au voisinage du point où les dérivées partielles premières sont nulles
5. **Dérivées d'ordre supérieur des fonctions composées**
 - 5.1. Fonction de deux variables composées avec une fonction vectorielle d'une variable
 - 5.2. Transformation du Laplacien en coordonnées polaires

Chapitre 4 : DES DIFFÉRENTIELLES VERS LES INTÉGRALES

1. **Formes différentielles**
 - 1.1. Définition
 - 1.2. Formes différentielles exactes
 - 1.3. Condition pour qu'une forme différentielle soit exacte
2. **Rappel sur les intégrales simples**
 - 2.1. Généralités
 - 2.2. Changement de variable
3. **Intégrales curvilignes**
 - 3.1. Vecteur fonction d'une variable réelle
 - 3.2. Point fonction d'une variable réelle
 - 3.3. Intégrale curviligne

Chapitre 5 : INTEGRALES MULTIPLES

1. **Intégrales doubles**
 - 1.1. Définition
 - 1.2. Interprétation des intégrales doubles
 - 1.3. Calcul des intégrales doubles par des intégrales simples
2. **Changement de variables dans les intégrales multiples**
 - 2.1. Déterminant fonctionnel (ou Jacobien) d'une transformation
 - 2.2. Changement de variables dans les intégrales doubles
3. **Intégrales triples**
 - 3.1. Définition
 - 1.2. Calcul des intégrales triples par des intégrales simples
 - 1.3. Application des intégrales triples
4. **Changement de variables dans les intégrales triples**

Chapitre 6 : ELEMENTS D'ANALYSE VECTORIELLE ET FORMULES D'INTEGRATION

1. **Champs de vecteurs**
 - 1.1. Définitions
 - 1.2. Gradient d'un champ scalaire
 - 1.3. Rotationnel d'un champ vectoriel
 - 1.4. Divergence dans un champ vectoriel
 - 1.5. Laplacien
2. **Identités vectorielles**
 - 2.1. Dérivée d'un vecteur par rapport à un autre vecteur
 - 2.2. Permutabilité avec une dérivation
 - 2.3. Formules d'addition
 - 2.4. Formules de multiplication
 - 2.5. Laplacien – Calcul de $\overrightarrow{\text{rot}}(\overrightarrow{\text{rot}} \vec{A})$
 - 2.6. Quantités identiquement nulles
 - 2.7. Potentiels scalaire et vectoriel
3. **Coordonnées curvilignes orthogonales**
 - 3.1. Définitions
 - 3.2. Circulation en coordonnées curvilignes orthogonales
 - 3.3. Flux en coordonnées curvilignes orthogonales
 - 3.4. Intégrale triple en coordonnées curvilignes orthogonales

- 3.5. Gradient en coordonnées curvilignes orthogonales
- 4. **Application aux coordonnées cylindriques et sphériques**
 - 4.1. Coordonnées cylindriques
 - 4.2. Coordonnées sphériques
- 5. **Formules de Green-Riemann, de Stokes et d'Ostrogradski**
 - 5.1. Formule de Green-Riemann
 - 5.2. Formule de Stokes
 - 5.3. Formule d'Ostrogradski
- 6. **Application aux coordonnées curvilignes orthogonales**
 - 6.1. Rotationnel en coordonnées curvilignes orthogonales
 - 6.2. Divergence en coordonnées curvilignes orthogonales
 - 6.3. Laplacien en coordonnées curvilignes orthogonales
- 7. **Application aux coordonnées cylindriques et sphériques**
 - 7.1. Coordonnées cylindriques
 - 7.2. Coordonnées sphériques

Module « Analyse complexe » (42h)**Chapitre 1 : FONCTIONS HOLOMORPHES**

- 1. Généralités**
 - 1.1. Définitions
 - 1.2. Limites dans le plan complexe
 - 1.3. Holomorphicité
 - 1.4. Conditions de Cauchy
- 2. Propriétés des fonctions holomorphes**
 - 2.1. Somme, produit, quotient, composée
 - 2.2. Cas des fonctions analytiques
 - 2.3. Partie réelle et partie imaginaire d'une fonction holomorphe
 - 2.4. Inégalité des accroissements finis
- 3. Exemple de la fonction exponentielle**
 - 3.1. Définition
- 4. Le logarithme complexe**
 - 4.1. Définition
 - 4.2. Propriétés
 - 4.3. Fonctions puissances

Chapitre 2 : LA FORMULE DE CAUCHY ET LE THEOREME DES RESIDUS

- 1. Les formules de Cauchy**
 - 1.1. Notion de compact régulier
 - 1.2. Première formule de Cauchy
 - 1.3. Deuxième formule de Cauchy
- 2. Points singuliers et développement en série de Laurent**
 - 2.1. Fonction holomorphe sur une couronne
 - 2.2. Points singuliers d'une fonction holomorphe
- 3. La formule des résidus**
 - 3.1. Le théorème des résidus
 - 3.2. Calcul pratique du résidu
- 4. Application au calcul d'intégrales**
 - 4.1. Intégrales du type $\int_0^{2\pi} F(\cos t, \sin t) dt$
 - 4.2. Intégrales du type $\int_{-\infty}^{+\infty} F(x) dx$
 - 4.3. Intégrales du type $\int_0^{+\infty} \frac{F(x)}{x^\alpha} dx$

Chapitre 3 : CONSEQUENCES DE LA FORMULE DE CAUCHY

- 1. Propriété de moyenne, principe du maximum**
 - 1.1. La propriété de moyenne
 - 1.2. Le principe de maximum
- 2. Dérivabilité et analyticité**
 - 2.1. Une fonction holomorphe est indéfiniment dérivable
 - 2.2. Analyticité
 - 2.3. Inégalités de Cauchy et conséquences
- 3. Applications de la formule des résidus**
 - 3.1. Détermination du nombre de zéros et de pôles

3.2. Le théorème de Rouché

Module « Systèmes différentiels » (24h)**Chapitre 1 : ÉTUDES D'ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES**

- 1. Généralités**
 - 1.1 Définitions
 - 1.2 Conditions Initiales
 - 1.3 Théorème de Cauchy-Lipschitz
 - 1.4 Équations différentielles linéaires
- 2. Équations différentielles linéaires du premier ordre**
 - 2.1 Structures des solutions
 - 2.2 Résolution de l'équation sans second membre
 - 2.3 Solution particulière de l'équation avec second membre
 - 2.4 Problème de Cauchy pour les équations linéaires d'ordre 1
- 3. Équations différentielles linéaires d'ordre 2 à coefficients constants**
 - 3.1 Structure des solutions
 - 3.2 Résolution de l'équation sans second membre
 - 3.3 Cas particulier : résolution de $y'' + \omega_0^2 y = 0$ où $\omega_0 \in \mathbb{R}$
 - 3.4 Résolution de l'équation avec second membre de la forme $P(x) \cdot e^{mx}$
 - 3.5 Problème de Cauchy pour les équations du second ordre
- 4. Exemples d'équations différentielles non linéaires (premier ordre)**
 - 4.1 Équations à variables séparables
 - 4.2 Équation homogène en (x, y) (de degré 0)
 - 4.3 Équation de Bernoulli
 - 4.4 Équation de Riccati

Chapitre 2 : SYSTEMES D'ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES LINEAIRES

- 1. Systèmes d'équations différentielles linéaires d'ordre 1 à coefficients constants**
 - 1.1 Calcul pratique de $\exp(A)$
 - 1.2 Décomposition sous forme de Jordan
 - 1.3 Résolvante
- 2. Équations linéaires d'ordre supérieur ou égal à 2 à coefficients constants**
 - 2.1 Cas particulier de l'ordre 2
 - 2.2 Équations d'ordre n

Chapitre 3 : RESOLUTION D'ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES PAR DES METHODES NUMERIQUES

- 1. Méthode d'Euler**
 - 1.1 Notions de tangente et d'approximation à l'ordre 1
 - 1.2 Cas des équations différentielles linéaires d'ordre 1 de la forme $y' = f(x, y)$
 - 1.3 Le schéma d'Euler
 - 1.4 Application directe de la méthode : charge d'un condensateur
 - 1.5 Autre application du schéma d'Euler
- 2. Méthode de Runge-Kutta**
 - 1.1 Schéma de la méthode
 - 1.2 Runge-Kutta d'ordre 2
 - 1.3 Runge-Kutta d'ordre 4
 - 1.4 Résolution d'un circuit RLC

Module « Statistiques » (30h)

Chapitre 1 : STATISTIQUE DESCRIPTIVE

- 1. Généralités**
 - 1.1. Vocabulaire
 - 1.2. Variable descriptive
 - 1.3. Variable quantitative
- 2. Les paramètres des variables quantitatives**
 - 2.1. Les paramètres de tendance centrale
 - 2.2. Les paramètres de dispersion
- 3. La régression simple**
 - 3.1. Nuage de points
 - 3.2. Droite des moindres carrés
 - 3.3. Les régressions autres que linéaires

Chapitre 2 : PROBABILITE

- 1. Dénombrement**
 - 1.1. Produit cartésien et n-uplets
 - 1.2. Arrangements et permutations
 - 1.3. Combinaisons – Le triangle de Pascal
- 2. Probabilité**
 - 2.1. Définitions et vocabulaire
 - 2.2. Equiprobabilité dans un univers fini
 - 2.3. Probabilité conditionnelle
 - 2.4. Indépendance de deux événements
- 3. Trois théorèmes importants**
 - 3.1. Probabilités composées
 - 3.2. Probabilités totales
 - 3.3. Formule de Bayes

Chapitre 3 : VARIABLES ALEATOIRES DISCRETES

- 1. Notion de variable aléatoire**
 - 1.1. Définition
 - 1.2. Loi de probabilité
 - 1.3. Fonction de répartition
- 2. Espérance et variance d'une variable aléatoire discrète**
 - 2.1. Espérance
 - 2.2. Variance
 - 2.3. Ecart-type
- 3. Lois discrètes classiques**
 - 3.1. Loi uniforme discrète
 - 3.2. Loi de Bernoulli
 - 3.3. Loi binômiale
 - 3.4. Loi géométrique
 - 3.5. Loi de Poisson
- 4. Couple de variables aléatoires discrètes**
 - 4.1. Définition
 - 4.2. Loi de probabilité
 - 4.3. Indépendance. Covariance

Chapitre 4 : VARIABLES ALEATOIRES CONTINUES

- 1. Notion de variable aléatoire continue**
 - 1.1. Introduction et définition
 - 1.2. Fonction de répartition et densité
 - 1.3. Théorème de transfert
- 2. Espérance et variance d'une variable aléatoire continue**
 - 2.1. Espérance
 - 2.2. Variance et écart-type
 - 2.3. Inégalité de Bienaymé-Tchebychef
- 3. Lois continues classiques**
 - 3.1. Loi uniforme
 - 3.2. Loi exponentielle
 - 3.3. Loi normale
- 4. Couple de variables aléatoires continues**
 - 4.1. Définition, loi de probabilité
 - 4.2. Indépendance. Covariance
 - 4.3. Loi faible des grands nombres – Théorème central limite

Chapitre 5 : STATISTIQUE INFERENCELLE

- 1. Généralités**
 - 1.1. Echantillonnage
 - 1.2. Statistiques moyenne, variance et fréquence.
 - 1.3. Statistique \bar{X}
 - 1.4. Statistique S^2
 - 1.5. Statistique F
- 2. Les lois usuelles**
 - 2.1. Loi de Laplace-Gauss
 - 2.2. Loi du chi-deux χ^2
 - 2.3. Loi de Student
 - 2.4. Loi de Fisher-Snedecor
- 3. Estimation**
 - 3.1. Estimateur
 - 3.2. Estimation ponctuelle
- 4. Estimation par intervalle de confiance**
 - 4.1. Généralités
 - 4.2. Moyenne d'une loi normale
 - 4.3. Variance d'une loi normale
 - 4.4. Fréquence d'un caractère

Chapitre 6 : LES TESTS

- 1. Généralités**
 - 1.1. Introduction
 - 1.2. Exemple
 - 1.3. Vocabulaire
- 2. Les tests paramétriques**
 - 2.1. Moyenne d'une loi normale
 - 2.2. Variance d'une loi normale

- 2.3. Fréquence dans un grand échantillon
- 3. Test de comparaison d'échantillons**
 - 3.1. Deux variances de lois normales
 - 3.2. Deux moyennes de lois normales
 - 3.3. Deux fréquences

Module « Informatique » (30h)

Chapitre 1 : INTRODUCTION

- 1. Généralités**
- 2. Fonctionnement d'un ordinateur**
 - 2.1. UAL et UC
 - 2.2. Mémoire
 - 2.3. Entrées-sorties
 - 2.4. Bus
 - 2.5. Architecture
 - 2.6. Instructions
 - 2.7. Logiciels
 - 2.8. Système d'exploitation
- 3. Les programmes en C**
 - 3.1. Présentation d'un programme Python standard
 - 3.2. Les types
 - 3.3. Les sorties écran
 - 3.4. Les entrées clavier

Chapitre 2 : INSTRUCTIONS ELEMENTAIRES

- 1. Généralités**
 - 1.1. Algorithmique
 - 1.2. Instructions conditionnelles ou tests simples
 - 1.3. Un exemple complet
 - 1.4. Les boucles
 - 1.5. Exemple : programme de la dichotomie

Chapitre 3 : Les structures de données

- 1. Les tableaux**
 - 1.1. Définition
 - 1.2. Utilisation dans un programme
- 2. Les listes**
 - 2.1. Généralités
 - 2.2. Listes dictionnaires tuples
- 3. Les tris**
 - 3.1. Tri par maximum
 - 3.2. Tri à bulle
 - 3.3. Tri par insertion

Chapitre 4 : FONCTIONS

- 1. Syntaxe des fonctions**
- 2. Structure d'une fonction**
- 3. Exemple**
- 4. Fonctionnement d'une fonction**

Chapitre 5 : QUELQUES METHODES D'ANALYSE NUMERIQUE

1. **Méthode de Gauss**
 - 1.1. Position du problème
 - 1.2. Des tableaux
 - 1.3. La méthode de Gauss
2. **Des fonctions**
 - 2.1. Généralités
 - 2.2. Pointeurs et tableaux
 - 2.3. Le pivot
3. **Méthode de résolution d'équation**
 - 3.1. Méthode de la sécante
 - 3.2. Méthode de Newton
 - 3.3. Exercices
 - 3.4. Ordre de convergence
4. **Méthode de Newton-Raghsou**

Chapitre 6 : Algorithmes avancés

1. **Traitement d'image**
2. **Codage**
3. **Transmission**
4. **Algorithme des graphes**
5. **Interface graphique**

Module « Techniques mathématiques pour la physique » (30h)**Chapitre 1 : FONCTIONS DE PLUSIEURS VARIABLES**

- 1. Définitions**
 - 1.1. Fonction réelle de plusieurs variables
 - 1.2. Dérivée partielle
- 2. Différentielle d'une fonction de plusieurs variables**
 - 2.1. Définition
 - 2.2. Différentielle totale
 - 2.3. Conditions de Schwartz pour avoir une différentielle totale
 - 2.4. Propriétés
- 3. Intégration de fonctions de plusieurs variables**
 - 3.1. Détermination d'une fonction connaissant sa différentielle totale
 - 3.2. Exemples

Chapitre 2 : ANALYSE VECTORIELLE

- 1. Repérage**
 1. Polaire
 2. Cylindrique
 3. Sphérique
- 2. Lignes de champ**
- 3. Circulation d'un champ vectoriel**
- 4. Flux d'un champ vectoriel**
- 5. Angle solide**
- 6. Opérateurs différentiels : Gradient, Rotationnel, Divergence, Laplacien**
- 7. Représentation intuitive des opérateurs divergence et rotationnel**

Module « Automatique 1 » (18h)**Chapitre 1 : SYSTEMES ASSERVIS, STABILITE**

1. **Inconvénients de la commande en boucle ouverte**
2. **Le principe de la commande en boucle fermée**
3. **Modélisation d'une boucle de régulation**
 - 3.1. Principe
 - 3.2. Exercice : mise en équation d'un système physique bouclé
4. **Le problème de la stabilité**
 - 4.1. Critère mathématique de stabilité
 - 4.2. Exercice : stabilité des systèmes d'ordre 1 et 2
 - 4.3. Critère algébrique de Routh
 - 4.4. Exemple d'étude de la stabilité à l'aide du critère algébrique de Routh
 - 4.5. Lieu de Nyquist - Marge de phase

Chapitre 2 : PERFORMANCES ET CORRECTION DES SYSTEMES ASSERVIS

1. **Amélioration de la marge de phase – Correction proportionnelle**
 - 1.1. La marge de phase : la première des performances
 - 1.2. Exercice : correction de la marge de phase
2. **Précision des systèmes régulés**
 - 2.1. Problématique et définition de l'erreur statique
 - 2.2. Calcul de l'erreur statique
 - 2.3. Conclusions
 - 2.4. La précision parfaite – La correction intégrale
3. **Performances dynamiques**
 - 3.1. Définitions
 - 3.2. Influence du gain statique
 - 3.3. Relations en performances statiques et paramètres en boucle ouverte
 - 3.4. Généralisation
4. **Correction complète d'un système**
 - 4.1. Le correcteur à avance de phase
 - 4.2. La correction d'un système en fonction d'un cahier des charges

Module « Automatique 2 » (15h)**Chapitre 1 : INTRODUCTION AUX SYSTEMES DYNAMIQUES**

1. **Définitions**
2. **Exemples de systèmes linéaires et non linéaires, à temps continu et discrets**
3. **Initiation aux systèmes hybrides**

Chapitre 2 : FORMALISME D'ETAT

1. **Définition**
2. **Formulation**
3. **Modèle non linéaire**
4. **Linéarisation autour d'un point de fonctionnement**
5. **Représentation de Kalman**

6. Exemples

Chapitre 3 : REALISATION

- 1. Passage entre les modèles d'état et les modèles fonction de transfert**
- 2. Modélisation à l'aide des variables de phase**
- 3. Formes canoniques**
- 4. Exemples**

Chapitre 4 : STABILITE

- 1. Différentes définitions de la stabilité des systèmes dynamiques**
- 2. Solution de l'équation d'état**
- 3. Rappel sur le calcul de l'exponentiel des matrices**
- 4. Exemples**

Chapitre 5 : COMMANDE PAR RETOUR D'ETAT

- 1. Contrôlabilité des systèmes linéaires**
- 2. Commande par retour d'état**
- 3. Dimensionnement d'un retour d'état statique par placement de pôles**
- 4. Exemples**

Chapitre 6 : OBSERVATION D'ETAT

- 1. Variables internes et mesurées**
- 2. Observabilité**
- 3. Impact sur la commande par retour d'état**
- 4. Dimensionnement d'un observateur d'état**
- 5. Exemples**

Module « Mécanique 1 » (27h)**Chapitre 1 : CHAMP DE VECTEURS ET BASES DE LA CINEMATIQUE**

- 1. Champ de vecteurs et torseurs**
 - 1.1. Champ de vecteurs
 - 1.2. Torseurs
- 2. Bases de la cinématique**
 - 2.1. Les fonctions vectorielles
 - 2.2. Mouvement d'un solide dans l'espace
 - 2.3. Repérage d'un point dans l'espace
 - 2.4. Paramétrage de la rotation d'un solide autour d'un point fixe
 - 2.5. Formule de dérivation dans une base mobile
- 3. Cinématique du point**
 - 3.1. Vecteurs position, vitesse et accélération
 - 3.2. Etude de mouvements particuliers

Chapitre 2 : CINEMATIQUE DU SOLIDE

- 1. Champs des vitesses et des accélérations**
 - 1.1. Définition cinématique du solide
 - 1.2. Champ des vecteurs vitesse d'un solide
 - 1.3. Champ des vecteurs accélérations d'un solide
- 2. Etude de mouvements particuliers**
 - 2.1. Solide en translation
 - 2.2. Solide en rotation pure
 - 2.3. Mouvement le plus général d'un solide
- 3. Mouvement d'un solide (Σ_1) en contact avec un solide (Σ_2)**
- 4. Mouvement plan sur plan**
 - 4.1. Définition
 - 4.2. Centre instantané de rotation
- 5. Composition des mouvements**
 - 5.1. Position du problème
 - 5.2. Notion de point coïncident
 - 5.3. Les lois de composition des mouvements

Chapitre 3 : DYNAMIQUE ET ENERGETIQUE DU POINT

- 1. Point matériel, forces, poids, masse**
 - 1.1. Point matériel
 - 1.2. Forces
 - 1.3. Poids et masse
- 2. Masse et quantité de mouvement**
- 3. Lois de la dynamique newtonienne**
 - 3.1. Principe d'inertie ou première loi de Newton
 - 3.2. Principe fondamental de la dynamique ou deuxième loi de Newton
 - 3.3. Principe de l'action et de la réaction ou troisième loi de Newton
 - 3.4. Les ressorts
 - 3.5. Dynamique dans les repères non-galiléens
- 4. Energétique**
 - 4.1. Energie cinétique

- 4.2. Travail et puissance
- 4.3. Théorème de l'énergie cinétique
- 4.4. Energie potentielle et énergie mécanique
- 4.5. Equilibre d'un point matériel dans un champ conservatif, stabilité de l'équilibre

Module « Mécanique 2 » (27h)**Chapitre 1 : INERTIE D'UN SYSTEME MATERIEL**

- 1. Masse et centre de gravité d'un système matériel**
 - 1.1. Système matériel
 - 1.2. Centre de gravité d'un système matériel
 - 1.3. Théorèmes de Guldin
 - 1.4. Détermination pratique d'un centre d'inertie
- 2. Moments d'inerties et produits d'inertie d'un solide**
 - 2.1. Moments d'inertie
 - 2.2. Produits d'inertie
- 3. Matrice d'inertie d'un solide en un point par rapport à un repère (R)**
 - 3.1. Définition
 - 3.2. Moments d'inertie principaux, axes principaux d'inertie
 - 3.3. Moments d'inertie par rapport à un axe quelconque et produits d'inertie par rapport à deux axes orthogonaux
 - 3.4. Repères principaux et quelques matrices d'inertie principales de quelques solides courants (homogènes)
 - 3.5. Matrice d'inertie de solides composés
- 4. Complément sur les repères principaux**

Chapitre 2 : TORSEURS CINÉTIQUES ET DYNAMIQUES

- 1. Introduction**
- 2. Définitions**
 - 2.1. Torseurs cinétique et dynamique d'un point matériel
 - 2.2. Torseurs cinétique et dynamique d'un système matériel
- 3. Propriétés des grandeurs cinétiques et dynamiques**
 - 3.1. Expressions simplifiées de la résultante cinétique et dynamique d'un système matériel
 - 3.2. Relation entre résultantes cinétique et dynamique et moments cinétique et dynamique
 - 3.3. Composition des mouvements
- 4. Calculs des moments cinétiques**
 - 4.1. Le solide est en rotation autour d'un point fixe P
 - 4.2. Le système n'est pas en rotation autour d'un point fixe
- 5. Conclusion**

Chapitre 3 : ACTIONS MECANIQUES – DYNAMIQUE ET ENERGETIQUE DU SOLIDE

- 1. Les actions mécaniques développement**
 - 1.1. Torseur d'action mécanique
 - 1.2. A propos du torseur du poids
 - 1.3. Actions mécaniques de contact
- 2. Les liaisons mécaniques**
- 3. Principe de la dynamique**
 - 3.1. Enoncé du principe du principe fondamental de la dynamique
 - 3.2. Les théorèmes généraux de la dynamique
 - 3.3. Méthode générale de résolution d'un problème de dynamique
 - 3.4. Exemple d'applications des principes de la dynamique
 - 3.5. Dynamique dans les repères non galiléens

- 4. Energétique du solide**
 - 4.1. Energie cinétique
 - 4.2. Travail et puissance
 - 4.3. Théorèmes de l'énergie cinétique

Module « Electricité générale » (30h)**Chapitre 1 : CIRCUITS ELECTRIQUES EN REGIME CONTINU**

- 1. Dipôles**
 - 1.1. Définition
 - 1.2. Courant électrique et tension électrique
 - 1.3. Puissance électrique absorbée par un dipôle
 - 1.4. Dipôles passif et actif
 - 1.5. Dipôles particuliers : sources de courant et de tension, résistance et loi d'Ohm
 - 1.6. Dipôles quelconques – Modèles de Thévenin, de Norton et équivalence
 - 1.7. Point de fonctionnement
- 2. Calcul de circuits**
 - 2.1. Définitions
 - 2.2. Lois de Kirchoff
 - 2.3. Dipôle équivalent
 - 2.4. Analyse d'un réseau linéaire
 - 2.5. Simplifications de circuits
- 3. Les théorèmes généraux**
 - 3.1. Préliminaires : extinction d'une source de courant et d'une source de tension
 - 3.2. Théorème de superposition
 - 3.3. Théorème de Millmann
 - 3.4. Théorème de Thévenin
 - 3.5. Théorème de Norton

Chapitre 2 : CIRCUITS ELECTRIQUES EN REGIME TRANSITOIRE

- 1. Régime transitoire – Régime permanent**
 - 1.1. Exemples
 - 1.2. Conclusion
- 2. Le condensateur et l'inductance**
 - 2.1. Le condensateur
 - 2.2. L'inductance
- 3. Les systèmes du premier ordre**
 - 3.1. Présentation – forme canonique – résolution
 - 3.2. Exemples
- 4. Les systèmes du second ordre**
 - 4.1. Présentation – forme canonique – résolution
 - 4.2. Exemple

Chapitre 3 : CIRCUITS ELECTRIQUES EN REGIME SINUSOÏDAL

- 1. Domaine d'étude - Outils**
 - 1.1. Domaine d'étude
 - 1.2. Expression et caractéristiques d'une grandeur sinusoïdale
 - 1.3. Représentation complexe d'une grandeur sinusoïdale
 - 1.4. Représentation de Fresnel
- 2. Les circuits électriques en régime sinusoïdal**
 - 2.1. Impédance et admittance – Loi d'Ohm
 - 2.2. Exemples
- 3. Puissance en régime sinusoïdal**
 - 3.1. Puissances active, réactive et apparente

- 3.2. Puissances et impédance
- 3.3. Puissances et admittance
- 3.4. Théorème de Boucherot
- 3.5. Facteur de puissance
- 3.6. Diagramme de Fresnel et puissance
- 3.7. Puissance complexe

Module « Thermodynamique » (30h)**Chapitre 1 : INTRODUCTION – PRESSION ET TEMPERATURE**

- 1. Variables d'état d'un système**
 - 1.1. Définitions
 - 1.2. Variables intensives et extensives
- 2. Equilibre thermodynamique**
 - 2.1. Types de système
 - 2.2. Equilibre thermodynamique d'un système
 - 2.3. Equation d'état
 - 2.4. Coefficients thermoélastiques
- 3. Evolution d'un système**
 - 3.1. Transformation réversible
 - 3.2. Transformation irréversible
 - 3.3. Terminologie de quelques transformations
- 4. Pression cinétique pour un gaz parfait en équilibre**
 - 4.1. Définition d'un gaz parfait
 - 4.2. Propriétés de la vitesse des molécules
 - 4.3. Expression de la pression cinétique
 - 4.4. Unités de pression
 - 4.5. Pression partielle
- 5. Température cinétique d'un gaz parfait en équilibre**
 - 5.1. Echelle centésimale de température
 - 5.2. Echelle absolue de température
 - 5.3. Température cinétique d'un gaz parfait
 - 5.4. Equation d'état d'un gaz parfait
 - 5.5. Equation d'état des gaz réels
- 6. Equation d'équilibre d'un fluide dans un champ de pesanteur**

Chapitre 2 : LE PREMIER PRINCIPE : UN PRINCIPE DE CONSERVATION DE L'ENERGIE

- 1. Energies d'un système à l'équilibre thermodynamique**
 - 1.1. Energie d'un système fermé en équilibre
 - 1.2. Energie interne d'un système fermé en équilibre thermodynamique
 - 1.3. Enthalpie d'un système
- 2. Echange d'énergie au cours d'une transformation d'un système fermé**
 - 2.1. Travail des forces pressantes extérieures
 - 2.2. Chaleur reçue par un système
- 3. Le premier principe de la thermodynamique**
 - 3.1. Enoncé
 - 3.2. Exemples de bilan d'énergie pour quelques transformations
- 4. Etude de quelques transformations particulières**
 - 4.1. Transformation isochore
 - 4.2. Transformation monobare
 - 4.3. Relation de Mayer entre C_V et C_P pour un gaz parfait
 - 4.4. Transformation adiabatique
- 5. Etude des systèmes ouverts**
 - 5.1. Bilan d'énergie
 - 5.2. Equation en régime permanent

Chapitre 3 : LE SECOND PRINCIPE : UN PRINCIPE D'EVOLUTION

- 1. Notion d'entropie**
 - 1.1. Insuffisance du premier principe
 - 1.2. Enoncé du second principe
- 2. Calcul de variation d'entropie**
 - 2.1. Variation d'entropie pour une transformation réversible
 - 2.2. Expression de la variation d'entropie pour une transformation quelconque d'un gaz parfait
 - 2.3. Vérification et utilisation du second principe sur deux transformations spontanées pour des systèmes isolés
- 3. Fonction énergie et enthalpie libres**
 - 3.1. Variation d'entropie d'un thermostat
 - 3.2. Transformation isochore et monotherme
 - 3.3. Transformation monobare et monotherme
- 4. Exemples de calcul d'entropie**
 - 4.1. Echange thermique
 - 4.2. Exercice récapitulatif corrigé

Chapitre 4 : CHANGEMENT D'ETAT D'UN CORPS PUR

- 1. Diagramme d'état de changement de phase**
 - 1.1. Les différentes phases d'un corps pur
 - 1.2. Courbes de coexistence de phases
- 2. Evolution à température constante : isothermes d'Andrews**
 - 2.1. Diagramme de Clapeyron
 - 2.2. Diagramme entropique
- 3. Chaleurs latentes**
 - 3.1. Définition
 - 3.2. Les différentes chaleurs latentes
 - 3.3. Relation de Clapeyron

Chapitre 5 : LES MACHINES THERMIQUES

- 1. Relations générales**
 - 1.1. Définitions
 - 1.2. Equations de fonctionnement en régime permanent
 - 1.3. Cas du moteur monotherme
 - 1.4. Cas des machines dithermes
- 2. Rendement et efficacité des machines dithermes**
 - 2.1. Moteur thermique
 - 2.2. Machines frigorifiques

Module « Electrostatique et magnétostatique » (27h)**Chapitre 1 : L'ELECTROSTATIQUE**

- 1. Quelques expériences connues**
 - 1.1. Electrification par frottement
 - 1.2. Electrification par influence
- 2. Loi de Coulomb - Champ Electrostatique**
 - 2.1. La Loi de Coulomb
 - 2.2. Le champ électrostatique
- 3. Potentiel et flux électrostatique**
 - 3.1. Circulation du champ électrostatique potentiel du champ électrostatique
 - 3.2. Relation locale entre le champ électrostatique et le potentiel
 - 3.3. Représentation du potentiel dans l'espace
- 4. Flux du champ électrostatique**
 - 4.1. Définition du flux
 - 4.2. Le théorème de Gauss:
 - 4.3. Relation entre le champ électrostatique et le potentiel
 - 4.4. Intérêt du théorème de Gauss

Chapitre 2 : CONDUCTEURS EN EQUILIBRE

- 1. Equilibre électrostatique des conducteurs**
 - 1.2 Equilibre électrostatique du conducteur
 - 1.3 Conséquences
 - 1.4 Conducteur chargé en équilibre électrostatique
 - 1.5 Equilibre d'un conducteur seul
- 2. Système de plusieurs conducteurs en équilibre**
 - 2.1 La matrice capacité
 - 2.2 Théorème des éléments correspondants:
- 3. Le condensateur**
 - 3.1 Conducteurs en influence totale
 - 3.2 Le condensateur
 - 3.3 Associations de condensateurs

Chapitre 3 : LA MAGNETOSTATIQUE

- 1. Introduction**
- 2. Forces de Laplace et de Lorentz**
 - 2.1. Force de Laplace
 - 2.2. Force de Lorentz
- 3. Etude des sources du champ magnétique: les différentes distributions de courant**
 - 3.1. Introduction
 - 3.2. Intensité du courant électrique
 - 3.3. Densité volumique du courant
 - 3.4. Densité surfacique de courant
 - 3.5. Densité linéique de courant
- 4. Champ magnétostatique créé par une distribution de courants**
 - 4.1. Expression du champ par la loi de Biot et Savart
 - 4.2. Représentation dans l'espace du champ magnétostatique
 - 4.3. Flux du champ magnétostatique
 - 4.4. Potentiel vecteur

4.5. Propriété du champ magnétostatique – théorème d’Ampère

Module « Traitement du signal » (27h)
--

Chapitre 1 : LE FILTRAGE

- 1. Le filtrage**
 - 1.1. Introduction
 - 1.2. Les filtres idéaux
 - 1.3. Les filtres réels
 - 1.4. Synthèse d'un filtre passe-bas réel
 - 1.5. Synthèse des filtres passe-haut, passe-bande
 - 1.6. Filtrage vu dans l'espace temporel
- 2. Amplification**
 - 2.1. Amplification idéale
 - 2.2. Amplification réelle

Chapitre 2 : BRUIT ET MODULATION

- 1. Le Bruit**
 - 1.1. Introduction
 - 1.2. Corrélation et densité spectrale
 - 1.3. Le bruit
- 2. Modulation**
 - 2.1. Nécessité de la modulation
 - 2.2. Modulation généralités
 - 2.3. Modulation d'amplitude "AM"
 - 2.4. Démodulation synchrone

Chapitre 3 : TRAITEMENT NUMERIQUE DU SIGNAL

- 1. Introduction**
- 2. Acquisition et restitution**
 - 2.1. Echantillonnage
 - 2.2. Restitution du signal
 - 2.3. Quantification
 - 2.4. Structure d'une chaîne de traitement numérique
- 3 Transformée en z**
 - 3.1. La transformée en z
 - 3.2. La transformée de Fourier d'un signal discret.
- 4 Filtrage numérique**
 - 4.1. Généralités
 - 4.2. Synthèse de filtres à réponse impulsionnelle infinie
 - 4.3. Propriétés des filtres à réponse impulsionnelle finie

Filière Mécanique

Module « Mécanique des milieux continus » (12h)

1. Introduction à la MMC
2. Éléments de calcul tensoriel
3. Tenseur des contraintes
4. Descriptions Eulérienne et Lagrangienne
5. Applications :
 - mécanique des fluides
 - mécanique du solide déformable

Module « Résistance des matériaux » (24h)

Chapitre 1 : LA RESISTANCE DES MATERIAUX

1. Introduction au calcul des structures
 - 1.1. MMC et RDM
 - 1.2. Les milieux curvilignes ou poutres
2. Schématisation des efforts extérieurs
 - 2.1. Les charges
 - 2.2. Les liaisons
 - 2.3. Les équations de la statique
 - 2.4. Systèmes instables, isostatiques, hyperstatiques
 - 2.5. Remarques
3. Exercices d'entraînement

Chapitre 2 : LES EFFORTS INTERIEURS EN RDM

1. Le torseur des efforts intérieurs
 - 1.1. Définition des efforts intérieurs
 - 1.2. Relation entre le torseur des efforts intérieurs et les contraintes
 - 1.3. Calcul des efforts intérieurs
 - 1.4. Equations d'équilibre sous forme différentielle locale
2. Applications
 - 2.1. Poutres droites
 - 2.2. Structures planes
 - 2.3. Hyperstaticité interne

Chapitre 3 : QUELQUES RAPPELS UTILES POUR LA SUITE DU COURS DE THEORIE DES POUTRES

1. Etude géométrique de la déformation
 - 1.1. Déplacement et déformation d'un domaine élémentaire
 - 1.2. Quelques rappels sur le tenseur de la déformation pure
 - 1.3. Compatibilité des déformations

2. **Contraintes dans un solide (quelques rappels)**
 - 2.1. Vecteur contrainte
 - 2.2. Lien entre vecteur contrainte et tenseur des contraintes
 - 2.3. Equations de l'équilibre local
3. **Loi de comportement - loi de Hooke**
4. **Energie potentielle élastique**
5. **Le problème de base de la RDM : le problème de Saint-Venant**
 - 5.1. Equilibre global - efforts intérieurs
 - 5.2. Approche MMC
 - 5.3. Principe de Saint-Venant (1856)

Chapitre 4 : EFFORT NORMAL

1. **Expérience de traction**
2. **Approche MMC : poutre prismatique (ou cylindrique) en traction**
3. **Treillis de barres - Cas des treillis plans**
 - 3.1. Isostaticité et hyperstaticité
 - 3.2. Exemple
 - 3.3. Ecriture de l'équilibre des nœuds
 - 3.4. Déplacements des nœuds
 - 3.5. Calcul complet d'un treillis plan (b barres, n nœuds)
4. **Effort normal dans une poutre quelconque**
 - 4.1. Formules fondamentales

Chapitre 5 : MOMENT DE FLEXION

1. **Flexion pure d'une poutre prismatique**
 - 1.1. Hypothèses
 - 1.2. Résolution du problème d'élasticité correspondant
 - 1.3. Montages dits de « flexion 4 points »
 - 1.4. Chargement maximal admissible - Comparaison section rectangulaire/section en I
2. **Moment fléchissant dans une poutre quelconque**
3. **Flexion plane d'une poutre rectiligne à plan moyen**
 - 3.1. Remarques
 - 3.2. Exercices
4. **Formulaire de la flexion plane des poutres prismatiques**
5. **Domaine de validité des formules**

Chapitre 6 : TORSION DES POUTRES

1. **Torsion pure d'une poutre cylindrique de révolution**
 - 1.1. Efforts intérieurs
 - 1.2. Résolution du problème d'élasticité
 - 1.3. Matrices des contraintes et des déformations - Déplacements - Vecteur rotation
 - 1.4. Rotation des sections - Rigidité de torsion
 - 1.5. Energie potentielle élastique
 - 1.6. Remarques
2. **Mesure du couple de torsion sur un arbre**
3. **Torsion d'une poutre pleine cylindrique de section droite quelconque**
4. **Poutres non prismatiques**

Chapitre 7 : EFFORT TRANCHANT

1. **Répartition des contraintes de cisaillement dues à l'effort tranchant**

- 1.1. Problème à résoudre
 - 1.2. Le théorème de la coupure
 - 1.3. Théorie approchée de l'effort tranchant
 - 1.4. Cas des sections en profil mince
 2. **Energie et flèche d'effort tranchant**
 - 2.1. Calcul du coefficient de section réduite
 - 2.2. Flexion avec effort tranchant : exemple.
 3. **Extension au cas des poutres non prismatiques**
- Chapitre 8 : ENERGETIQUE DES STRUCTURES**
1. **Travail des forces appliquées à une structure**
 2. **Théorème de réciprocité ou de Maxwell-Betti**
 3. **Matrice de souplesse (ou d'influence)**
 4. **Théorème de Castigliano**
 5. **Théorème de Menabréa ou de l'énergie minimale**
 6. **Cas de liaisons élastiques non dissipatives**
 7. **Remarques**

Chapitre 9 : SOLLICITATIONS COMBINEES

1. **Contraintes et déformations**
2. **Déplacements et rigidités**
3. **Formules de Bresse**
4. **Energie potentielle élastique**
5. **Calcul d'une ossature : méthode générale**
 - 5.1. Etude géométrique de l'ossature
 - 5.2. Statique de l'ossature
 - 5.3. Calcul du torseur des efforts intérieurs
 - 5.4. Calcul des inconnues hyperstatiques
 - 5.5. Calcul des contraintes, déformations, déplacements

Module « Mécanique des Fluides » (24h)

Chapitre 1 : GENERALITES ET GRANDEURS PHYSIQUES

1. **Modèle du fluide parfait**
 - 1.1. Généralités
 - 1.2. Grandeurs physiques caractérisant un fluide
 - 1.3. Modèle du fluide parfait

Chapitre 2 : STATIQUE DES FLUIDES

1. **Forces de pression.**
 - 1.1. Equation fondamentale de la statique des fluides (dans le repère fixe)
 - 1.2. Mouvement en bloc

Chapitre 3 : FLUIDE EN MOUVEMENT – LES REGIMES D'ECOULEMENT

1. **Expérience de Reynolds**
 - 1.1. Le régime laminaire
 - 1.2. Le régime turbulent
 - 1.3. Les régimes transitoires
2. **Profils de vitesse dans une section droite circulaire**
3. **Ecoulements permanents**

Chapitre 4 : CINEMATIQUE DES FLUIDES

1. **Description du mouvement d'un fluide**
 - 1.1. Le point de vue de Lagrange
 - 1.2. Le point de vue d'Euler
2. **Dérivée particulaire et accélération**
 - 2.1. Dérivée particulaire
 - 2.2. Accélération
3. **Circulation et flux d'un champ vectoriel**
 - 3.1. Circulation le long d'une courbe fermée
 - 3.2. Flux à travers une surface
 - 3.3. Théorème de Stokes
 - 3.4. Théorème d'Ostrogradski
4. **Bilan sur un volume de contrôle**
5. **Conservation de la masse**
6. **Tenseur des taux de déformation**
 - 6.1. Définition
 - 6.2. Taux d'allongement unitaire dans une direction
 - 6.3. Taux de glissement angulaire dans deux directions orthogonales
 - 6.4. Propriétés et interprétation physique des composants du tenseur

Chapitre 5 : DYNAMIQUE DES FLUIDES PARFAITS INCOMPRESSIBLES

1. **Théorème de la quantité de mouvement et du moment cinétique**
 - 1.1. Théorème de la quantité de mouvement
 - 1.2. Théorème du moment cinétique
2. **Equations locales du mouvement : équations d'Euler**
 - 2.1. Equations d'Euler
 - 2.2. Equations d'Euler en notation indicée
 - 2.3. Equations intrinsèques
3. **Equation intégrale de Bernoulli**

- 3.1. Cas d'un écoulement permanent et irrotationnel
- 3.2. Cas où l'écoulement est permanent et rotationnel
- 3.3. Cas d'un écoulement non permanent et irrotationnel
- 3.4. Cas d'un fluide traversant une machine hydraulique
4. **Définition de la charge**
 - 4.1. Charge en un point de l'écoulement
 - 4.2. Charge moyenne dans une section
 - 4.3. Ligne de courant, ligne piézométrique, ligne de charge

Chapitre 6 : DYNAMIQUE DES FLUIDES REELS

1. **Tenseur des contraintes et efforts surfaciques**
 - 1.1. Tenseur des contraintes
 - 1.2. Efforts surfaciques
 - 1.3. Efforts extérieurs sur la surface limitant un élément de volume
2. **Equation du mouvement et résolution**
 - 2.1. Equation de Navier-Stokes et conditions associées
 - 2.2. Solutions exactes des équations de Navier-Stokes
 - 2.3. Solutions approchées
3. **Couche limite laminaire**
 - 3.1. Equation de la couche limite
 - 3.2. Solution de Blasius dans le cas de la plaque plane sans gradient de pression

Chapitre 7 : ECOULEMENT D'UN FLUIDE REEL EN CONDUITE – PERTES DE CHARGE

1. **Incidence de la dissipation d'énergie**
 - 1.1. Incidence sur le théorème de Bernoulli
 - 1.2. Incidence sur la ligne de charge et la ligne piézométrique
2. **Pertes de charge linéaires**
3. **Pertes de charge singulières (ou accidentelles)**
 - 3.1. Expression d'une perte de charge singulière
 - 3.2. Mesure d'une perte de charge singulière
4. **Perte de charge totale -Caractéristique d'une conduite**
 - 4.1. Perte de charge totale
 - 4.2. Caractéristique d'une conduite
 - 4.3. Association de conduites

Chapitre 8 : LES POMPES NON VOLUMETRIQUES

1. **Généralités sur les turbomachines**
 - 1.1. Turbomachines à fluide incompressible
 - 1.2. Turbomachines à fluide compressible
2. **Description et construction d'une pompe centrifuge adaptée**
 - 2.1. Description
 - 2.2. Construction
3. **Description et construction d'une pompe à passage axial ou hélico-axial**
 - 3.1. Description
 - 3.2. Construction
 - 3.3. Théorème d'Euler
 - 3.4. Enoncé
4. **Caractéristiques d'une pompe**
 - 4.1. Caractéristique théorique

- 4.2. Caractéristique réelle
- 4.3. Rendements
- 5. Associations de pompes**
 - 5.1. Association de pompes en série
 - 5.2. Pompes en parallèle
- 6. Similitude**
 - 6.1. Eléments de similitude
 - 6.2. Fonctionnement semblable

Module « Thermique » (30h)

Chapitre 1 : TRANSPORTS DE CHALEUR PAR CONDUCTION

- 1. Équation de la chaleur :**
 - 1.1. Loi de Fourier
 - 1.2. Equation de la chaleur
 - 1.3. Conditions initiales et aux limites
 - 1.4. Nombres sans dimensions
- 2. Régime permanent :**
 - 2.1 Résistance thermique
 - 2.2 Résistance de contact
 - 2.3 Facteurs de forme
 - 2.4 Ailettes
- 3. Régime transitoire**
 - 3.1 Petit corps
 - 3.2 Milieu semi-infini
 - 3.3 Milieu fini
 - 3.4 Transferts à une et plusieurs dimensions

Chapitre 2 : TRANSFERTS THERMIQUES CONVECTIFS

- 6. Équations générales du transport convectif.**
- 7. Convection forcée**
 - 2.1. Couche limite laminaire
 - 2.2. Régime turbulent
 - 2.3. Analyse dimensionnelle et différentes corrélations.
- 3. Convection naturelle**
 - 3.1 Principe
 - 3.2 Analyse dimensionnelle et corrélations.

Chapitre 3 : TRANSFERTS RADIATIFS

- 1. Définition des principales grandeurs et rayonnement des corps opaques**
 - 1.1. Formule de Bouguer
 - 1.2. Loi de Kirchoff.
- 2. Le corps noir**
 - 2.1. Loi de Planck
 - 2.2. Loi de Stefan-Boltzmann
 - 2.3. Les corps gris
 - 2.4. Rayonnement réciproque de surfaces grises.
- 3. Rayonnement des gaz.**

Filière Électricité

Module « Electromagnétisme » (24h)

Chapitre 1 :

- 1. Les milieux conducteurs**
 - 1.1. Préliminaire : régime stationnaire
 - 1.2. Conservation de la charge
 - 1.3. La loi d'Ohm
 - 1.4. Notion sur la conductivité
 - 1.5. La loi d'Ohm en présence d'un champ magnétostatique
- 2. Force de Laplace**
 - 2.1. Définition
 - 2.2. Efforts s'exerçant sur un circuit filiforme dans un champ magnétique uniforme
- 3. Travail des forces de Laplace**
 - 3.1. Travail électromoteur et travail des forces de Laplace
 - 3.2. Travail des forces de Laplace en fonction du flux
 - 3.3. Calcul de la force et du moment s'exerçant sur un circuit placé dans un champ magnétique permanent
 - 3.4. Déplacement à intensité constante dans un champ permanent
- 4. Induction**
 - 4.1. Phénomènes expérimentaux – loi de Lenz
 - 4.2. Expression générale de la force électromotrice induite
- 5. La loi de Faraday**
- 6. Etude de deux configurations particulières**
 - 6.1. Circuit fixe dans un champ magnétique variable
 - 6.2. Circuit mobile dans un champ magnétique permanent
- 7. Généralisation au cas d'un circuit mobile dans un champ magnétique variable**
- 8. Cas particulier de la commutation**

Chapitre 2 :

- 1. Les équations de Maxwell**
- 2. L'approximation des régimes quasi-stationnaires (ARQS)**
- 3. Inductance propre**
 - 3.1. Définition
 - 3.2. Inductance et auto-induction
 - 3.3. Expression à partir du potentiel vecteur
- 4. Inductance mutuelle**
 - 4.1. Définition
 - 4.2. Expression à partir des potentiels vecteurs
 - 4.3. Matrice inductance
- 5. Les milieux aimantés**
 - 5.1. Définition
 - 5.2. Potentiel vecteur d'une distribution volumique de dipôles magnétiques
 - 5.3. Expression du champ magnétique de cette expression

- 5.4. Le champ magnétique d'excitation
- 6. **Les milieux magnétiques linéaires**
 - 6.1. Définition
 - 6.2. Conditions aux limites – passage d'un milieu à l'autre
- 7. **Matériau ferromagnétique**
 - 7.1. Cycle d'hystérésis
 - 7.2. Perméabilité magnétique
 - 7.3. Non-linéarité de l'inductance propre
 - 7.4. Utilisation des matériaux ferromagnétiques

Chapitre 3 : PHENOMENES DE PROPAGATION – ENERGIE ELECTROMAGNETIQUE

- 1. **Equations de Maxwell dans le vide en dehors des sources de champ – équation d'onde**
- 2. **L'onde plane**
- 3. **L'onde sphérique**
- 4. **L'onde électromagnétique plane progressive dans le vide (OEMPPV)**
 - 4.1. Structure de l'OEMPPV
 - 4.2. Double périodicité de l'OEMPPV
 - 4.3. Les différents domaines de longueur d'onde
 - 4.4. Représentation complexe de l'OEMPPV
 - 4.5. Polarisation d'une OEMPPV
- 5. **Réflexion d'une OEMPPV sur un conducteur parfait**
 - 5.1. Le conducteur parfait
 - 5.2. Réflexion normale d'une OEMPPV
- 6. **Transferts d'énergie entre le champ électromagnétique et la matière**
 - 6.1. Densité volumique de puissance lors d'un transfert d'énergie du champ électromagnétique vers la matière
 - 6.2. Bilan local d'énergie
 - 6.3. Vecteur de Poynting

Module « Électronique » (24h)

Chapitre 1 : LES COMPOSANTS SEMI-CONDUCTEURS

- 1. Notions de base sur les semi-conducteurs**
 - 1.1. Le semi-conducteur intrinsèque
 - 1.2. Le semi-conducteur dopé
- 2. La jonction PN**
 - 2.1. Préliminaire: le courant de diffusion
 - 2.2. La jonction PN
- 3. La diode (de redressement)**
 - 3.1. Généralités
 - 3.2. Polarisation de la diode
 - 3.3. Modélisation de la diode
 - 3.4. Puissance dissipée dans une diode
 - 3.5. Comment savoir si une diode est passante ou non.
 - 3.6. La diode zéner
- 4. Le transistor bipolaire**
 - 4.1. Généralités
 - 4.2. L'effet transistor
 - 4.3. Bilan des courants dans le transistor
 - 4.4. Les caractéristiques du transistor en émetteur commun
 - 4.5. Modélisation du transistor
 - 4.6. Polarisation d'un transistor
 - 4.7. Le transistor utilisé en amplificateur, exemple de l'amplificateur en émetteur commun -schéma variationnel
- 5. Les transistors à effet de champ**
 - 5.1. Le J-FET (Jonction Field Effect Transistor)
 - 5.2. Principe du MOSFET à appauvrissement
 - 5.3. Principe du MOSFET à enrichissement

Chapitre 2 : LES QUADRIPOLES PASSIFS LINEAIRES

- 1 Quadripôles passifs linéaires**
 - 1.1. Généralités
 - 1.2. Représentations matricielles d'un quadripôle
 - 1.3. Quadripôles en π et en T
- 2 Association de dipôles et de quadripôles**
 - 2.1. Principe
 - 2.2. Impédance d'entrée
 - 2.3. Impédance de sortie
 - 2.4. Adaptation d'impédances
- 3 Association de quadripôles**
 - 3.1. Série-série
 - 3.2. Parallèle-parallèle
 - 3.3. Série-parallèle
 - 3.4. Parallèle-série
 - 3.5. Cascade
- 4 Circuits électroniques commandés**
 - 4.1. Principe
 - 4.2. Source de tension commandée en tension STCT

- 4.3. Source de tension commandée en courant STCC
- 4.4. Source de courant commandée en tension SCCT
- 4.5. Source de courant commandée en courant SCCC
- 5. L'amplificateur opérationnel parfait**
 - 5.1. Caractéristique entrée-sortie
 - 5.2. Les différents régimes de fonctionnement de l'A.O.P.
- 6. Montages classiques de l'A.O.P. en régime linéaire**
 - 6.1. Amplificateur suiveur
 - 6.2. Amplificateur inverseur
 - 6.3. Amplificateur non-inverseur
 - 6.4. Amplificateur sommateur
 - 6.5. Amplificateur de différence
 - 6.6. Intégrateur
 - 6.7. Dérivateur
 - 6.8. Source de courant
 - 6.9. Dipôles simulés
 - 6.10. Filtres
- 7. L'A.O.P. en comparateur**
 - 7.1. Comparateur simple
 - 7.2. Comparateur à hystérésis (trigger de Schmitt)
 - 7.3. Oscillateur astable
- 8. Connaissance du régime de fonctionnement**

Chapitre 3 : L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL REEL – INTRODUCTION A L'ELECTRONIQUE NUMERIQUE

- 1. Caractéristiques de l'amplificateur opérationnel réel**
 - 1.1. Impédance d'entrée
 - 1.2. Caractéristique d'entrée-sortie
 - 1.3. Courant de polarisation et courant de décalage
 - 1.4. Schéma équivalent de l'amplificateur opérationnel avec tension de décalage et courants de polarisation
 - 1.5. Impédance de sortie
 - 1.6. Taux de montée - «slew rate»
 - 1.7. Comportement dynamique
- 2. Quelques définitions de la logique**
 - 2.1. Variable binaire
 - 2.2. Fonctions binaires
- 3 Etude de la logique combinatoire**
 - 3.1. Les fonctions logiques élémentaires
 - 3.2. D'autres fonctions fréquemment rencontrées élaborées à partir des quatre fonctions précédentes
 - 3.3. Propriétés de l'algèbre de Boole
 - 3.4. Représentation algébrique d'une table de vérité
 - 3.5. Simplification d'une fonction binaire
 - 3.6. Simplification d'une fonction binaire par le tableau de Karnaugh
 - 3.7. Réalisation de fonctions logiques à partir de portes NAND

Module « Electronique de puissance » (21h)

Chapitre 1 : PRINCIPES GENERAUX

- 1. L'électronique est une électronique de commutation**
 - 1.1. Notion d'interrupteur idéal
 - 1.2. Commutation spontanée et commutation forcée
 - 1.3. Caractérisation d'un interrupteur idéal
- 2. Structure des convertisseurs**
 - 2.1. Nature de la source / nature de la charge
 - 2.2. Convertisseur à liaison directe ou indirecte

Chapitre 2 : LES DIFFERENTS TYPES DE CONVERSION

- 1. Conversion continu-continu directe**
- 2. Conversion continu-continu indirecte**
- 3. Conversion continu-alternatif**
- 4. Conversion alternatif-continu**
- 5. Conversion alternatif-alternatif**

Module « Électrotechnique » (21h)

Chapitre 1 : SYSTEMES TRIPHASES EQUILIBRES – CIRCUITS MAGNETIQUES EN COURANT CONTINU

- 1 Généralités**
 - 1.1. Définition
 - 1.2. Représentation de Fresnel d'un système triphasé équilibré
 - 1.3. Représentation complexe d'un système triphasé équilibré direct
- 2 Grandeurs simples et grandeurs composées**
- 3 Couplage des générateurs et des récepteurs**
 - 3.1. Couplage en étoile
 - 3.2. Couplage en triangle
 - 3.3. Conditions pour avoir un réseau triphasé équilibré
- 4 Les puissances en régime triphasé équilibré**
 - 4.1. Expression à partir des grandeurs de phase
 - 4.2. Expression à partir des grandeurs de ligne
- 5 Le schéma monophasé équivalent**
- 6 Le circuit magnétique**
 - 6.1. Le flux du champ magnétique dans un circuit magnétique
 - 6.2. Le théorème d'Ampère
 - 6.3. La réluctance
 - 6.4. Analogie entre circuit magnétique et circuit électrique
 - 6.5. Cas des circuits magnétiques non-linéaires
- 7. La bobine à noyau de fer alimentée en continu**
 - 7.1. Constitution
 - 7.2. Inductance propre d'une bobine sans fuite
 - 7.3. Inductances d'une bobine avec fuites

Chapitre 2 : LES CIRCUITS MAGNETIQUES EN COURANT ALTERNATIF - LE TRANSFORMATEUR MONOPHASE – PRINCIPE DE LA CONVERSION ELECTROMECHANIQUE

- 1 Bobine à noyau de fer, alimentation sous tension sinusoïdale**
 - 1.1. Schéma équivalent
 - 1.2. Formule de Boucherot
 - 1.3. Allure du courant dans la bobine
 - 1.4. Pertes dans la bobine
 - 1.5. Schéma équivalent d'une bobine en régime sinusoïdal
- 2 Le transformateur monophasé**
 - 2.1. Le transformateur parfait
 - 2.2. Le transformateur réel
 - 2.3. Le transformateur réel dans l'hypothèse de Kapp
 - 2.4. Détermination des éléments du schéma équivalent
 - 2.5. Le transformateur en charge - Chute de tension au secondaire
- 3 Pertes et rendement d'un transformateur**
 - 3.1. Pertes
 - 3.2. Le rendement
- 4 Procédé d'étude des convertisseurs électromécaniques**
- 5 Conservation de l'énergie**
 - 5.1. Etude d'une conversion électrique → mécanique

- 6 Etude des systèmes électromagnétiques à simple excitation**
 - 6.1. Energie emmagasinée dans un circuit magnétique - coénergie
 - 6.2. Expression de la force selon x
 - 6.3. Fonctionnement cyclique d'un convertisseur -énergie mécanique développée au cours d'un cycle
- 7. Cas d'un système à double excitation**
 - 7.1. Mise en équation
 - 7.2. Exemple: cas d'un système à circuit magnétique linéaire

Chapitre 3 : LA MACHINE A COURANT CONTINU

- 1. Principe du moteur à courant continu**
 - 1.1. Constitution
 - 1.2. Principe de fonctionnement
 - 1.3. Mise en équation du moteur
 - 1.4. Mise en équation de la génératrice
- 2. Lois de comportement de la machine**
 - 2.1. Modes d'excitation
 - 2.2. Etude du moteur
 - 2.3. Etude de la génératrice

Filière Chimie

Module « Chimie générale » (48h)

Chapitre 1 : NOTIONS D'ATOMISTIQUE

1. **L'atome : caractéristiques**
 - 1.1. Caractéristiques
 - 1.2. La mole
 - 1.3. L'unité de masse atomique
 - 1.4. L'élément chimique
2. **Quantification de l'énergie des atomes**
 - 2.1. Spectres atomiques
 - 2.2. Niveaux d'énergie des atomes
3. **L'atome à un électron**
 - 3.1. Le modèle quantique
4. **L'atome à N électrons**
 - 4.1. Le modèle quantique
 - 4.2. Structure électronique

Chapitre 2 : LIAISONS CHIMIQUES ET REACTIONS CHIMIQUES

1. **La liaison chimique**
 - 1.1. La liaison covalente – Théorie de Lewis
 - 1.2. Théorie de l'hybridation en mécanique quantique
2. **La réaction chimique**
 - 2.1. Définition
 - 2.2. Equilibre d'une réaction chimique limitée

Chapitre 3 : COUPLE ACIDE–BASE

1. **Réaction acide-base**
 - 1.1. Définition
 - 1.2. Couple acide-base
 - 1.3. Cas de l'eau
 - 1.4. Force des acides forts et des bases fortes
 - 1.5. Forces comparées des acides faibles – forces comparées des bases faibles
2. **Acides et bases fortes : calcul de pH**
 - 2.1. Recherche de la réaction prépondérante
 - 2.2. Diagramme de prédominance
 - 2.3. pH des acides forts et bases fortes
 - 2.4. Monobase forte

Chapitre 4 : ACIDE FAIBLE / BASE FAIBLE

1. **Monoacide faible**
 - 1.1. L'autoprotolyse de l'eau est négligeable
 - 1.2. L'autoprotolyse de l'eau n'est pas négligeable
2. **Monobase faible**

Module « Cinétique chimique » (30h)

Chapitre 1 : DEFINITION ET MESURE DE LA VITESSE D'UNE REACTION CHIMIQUE

1. **Vitesse de consommation d'un réactif ou de formation d'un produit**
 - 1.1. Définition
 - 1.2. Unités d'extensité
2. **Vitesse de réaction globale**
 - 2.1. Cas d'une stoechiométrie unique
 - 2.2. Cas de stoechiométries multiples
3. **Classification des réacteurs chimiques**
 - 3.1. Mode d'introduction des réactifs et d'élimination des produits
 - 3.2. Evolution dans le temps
 - 3.3. Degré de mélange à l'intérieur du réacteur
 - 3.4. Rôle de la température
4. **Bilans instantanés de quantité de matière**
 - 4.1. Stoechiométries inconnues
 - 4.2. Stoechiométries connues
5. **Réacteur fermé, isotherme, parfaitement fermé**
 - 5.1. Stoechiométries inconnues
 - 5.2. Stoechiométries connues
 - 5.3. Avancement et taux de conversion en réacteur fermé
 - 5.4. Mesure expérimentale de la vitesse en réacteur fermé de composition uniforme
6. **Réacteur semi-fermé, isotherme, à composition uniforme**
7. **Réacteur ouvert, parfaitement agité en régime permanent**
 - 7.1. Stoechiométries inconnues
 - 7.2. Stoechiométries connues
 - 7.3. Avancement et taux de conversion en réacteur ouvert, parfaitement agité, fonctionnant en régime permanent
 - 7.4. Mesure expérimentale de la vitesse en réacteur ouvert, parfaitement agité, en régime permanent
8. **Réacteur ouvert, à écoulement piston, en régime permanent**
 - 8.1. Stoechiométries inconnues
 - 8.2. Stoechiométries connues
 - 8.3. Avancement, taux de conversion et seconde forme de l'équation caractéristique en réacteur piston fonctionnant en régime permanent

Chapitre 2 : LOIS DES VITESSES

1. **Réactions en phase gazeuse**
 - 1.1. Influence des concentrations
 - 1.2. Influence de la température
 - 1.3. Calcul des efforts intérieurs
 - 1.4. Equations d'équilibre sous forme différentielle locale
2. **Réactions en phase liquide**

Chapitre 3 : MECANISMES REACTIONNELS EN CINETIQUE HOMOGENE

1. **Principaux critères de classification des réactions homogènes**
 - 1.1. Mode d'activation
 - 1.2. Formes actives intermédiaires
2. **Schéma de filiation des constituants d'une réaction chimique**
 - 2.1. Notion de produits primaires et non-primaires

- 2.2. Etablissement d'un schéma de filiation des constituants
- 3. **Cinétique formelle**
 - 3.1. Réactions d'ordre simple
 - 3.2. Réactions composées sans ordre
- 4. **Principes cinétiques**
 - 4.1. Principes de réversibilité microscopique
 - 4.2. Principe de l'équilibre détaillé
 - 4.3. Principe du moindre changement de structure
- 5. **Réactions en séquence ouverte : réactions par stade**
 - 5.1. Exemple de la décomposition thermique du peroxyde de ditertiobutyle en phase gazeuse
 - 5.2. Exemple de la décomposition de
 - 5.3. Exemples de réactions de substitution nucléophile
- 6. **Réactions en séquence fermée : réactions en chaîne**
 - 6.1. Exemple de décomposition thermique du propanal en phase gazeuse
 - 6.2. Exemple de la synthèse thermique de HBr en phase gazeuse
- 7. **Réactions induites**
 - 7.1. Définition et exemples
 - 7.2. Réactions autoinduites (ou autoaccélérées)
- 8. **Cas particulier des réactions photochimiques**
 - 8.1. Acte photochimique primaire
 - 8.2. Réactions photochimiques globales
- 9. **Cas particulier des réactions radiochimiques**
- 10. **Résumé : caractéristiques comparées des réactions par stades et des réactions en chaîne**
 - 10.1. Forme des lois de vitesse
 - 10.2. Influence des traces

Module « Chimie organique » (48h)

Chapitre 1

1. **Réactivité en chimie organique**
 - 1.1. L'effet inductif
 - 1.2. L'effet mésomère
 - 1.3. Les réactifs
 - 1.4. Réactions
 - 1.5. Intermédiaires réactionnels
2. **Les alcanes**
 - 2.1. Présentation
 - 2.2. Substitution radicalaire : halogénéation des alcanes
3. **Mécanisme de la monochloration**

Chapitre 2

1. **Stéréoisomérisation**
 - 1.1. Définition
 - 1.2. Diastéréoisomérisation géométrique
 - 1.3. Composés à un carbone asymétrique
 - 1.4. Cas de deux carbones asymétriques
2. **Les alcènes et les alcynes**
 - 2.1. Les alcènes
 - 2.2. Les alcynes
 - 2.3. Les diènes

Chapitre 3 : REACTIONS AVEC LES ALCENES

1. **Addition sur les alcènes**
 - 1.1. Additions électrophiles ioniques
 - 1.2. Additions radicalaires
 - 1.3. Additions catalytiques : hydrogénation
 - 1.4. Additions sur les alcynes
2. **Oxydations**
 - 2.1. Ozonolyse (oxydation forte)

Chapitre 4 : NOYAU BENZENIQUE ET COMPOSES AROMATIQUES

1. **Présentation**
 - 1.1. Définition
 - 1.2. Nomenclature
 - 1.3. Structure du benzène
2. **Substitutions électrophiles**
 - 2.1. Nitration
 - 2.2. Halogénéation
 - 2.3. Alkylation : réaction de Friedel et Crafts
 - 2.4. Acylation
 - 2.5. Sulfonation
3. **Polysubstitutions électrophiles**
4. **Additions**
 - 4.1. Addition radicalaire : halogénéation
 - 4.2. Addition catalytique : hydrogénation

Chapitre 5

1. **Aldéhydes et cétones**
 - 1.1. Définition et nomenclature
 - 1.2. Propriétés
2. **Additions nucléophiles**
 - 2.1. Mécanismes réactionnels
 - 2.2. Addition d'eau : hydratation
 - 2.3. Addition des alcools
 - 2.4. Action de l'ammoniac et des amines
 - 2.5. Action des organomagnésiens
3. **Propriétés dues à la mobilité de l'hydrogène en α**
 - 3.1. Acidité des hydrogènes en α
 - 3.2. Enolisation
 - 3.3. Aldolisation
4. **Oxydo-réduction**
 - 4.1. Oxydation
 - 4.2. Réduction
 - 4.3. Dismutation des aldéhydes : réaction de Cannizzaro
5. **Acides carboxyliques**
 - 5.1. Définition et nomenclature
 - 5.2. Propriétés
 - 5.3. Fonctions dérivées
6. **Acidité de RCOOH**
 - 6.1. Force de l'acide
 - 6.2. Sels carboxylates
7. **Fonctions dérivées et esters**
 - 7.1. Passage des acides aux fonctions dérivées
 - 7.2. Passage aux esters

Module « Mécanique des Fluides » (24h)

Chapitre 1 : GENERALITES ET GRANDEURS PHYSIQUES

1. **Modèle du fluide parfait**
 - 1.1. Généralités
 - 1.2. Grandeurs physiques caractérisant un fluide
 - 1.3. Modèle du fluide parfait

Chapitre 2 : STATIQUE DES FLUIDES

1. **Forces de pression.**
 - 1.1. Equation fondamentale de la statique des fluides (dans le repère fixe)
 - 1.2. Mouvement en bloc

Chapitre 3 : FLUIDE EN MOUVEMENT – LES REGIMES D'ECOULEMENT

1. **Expérience de Reynolds**
 - 1.1. Le régime laminaire
 - 1.2. Le régime turbulent
 - 1.3. Les régimes transitoires
2. **Profils de vitesse dans une section droite circulaire**
3. **Ecoulements permanents**

Chapitre 4 : CINEMATIQUE DES FLUIDES

1. **Description du mouvement d'un fluide**
 - 1.1. Le point de vue de Lagrange
 - 1.2. Le point de vue d'Euler
2. **Dérivée particulaire et accélération**
 - 2.1. Dérivée particulaire
 - 2.2. Accélération
3. **Circulation et flux d'un champ vectoriel**
 - 3.1. Circulation le long d'une courbe fermée
 - 3.2. Flux à travers une surface
 - 3.3. Théorème de Stokes
 - 3.4. Théorème d'Ostrogradski
4. **Bilan sur un volume de contrôle**
5. **Conservation de la masse**
6. **Tenseur des taux de déformation**
 - 6.1. Définition
 - 6.2. Taux d'allongement unitaire dans une direction
 - 6.3. Taux de glissement angulaire dans deux directions orthogonales
 - 6.4. Propriétés et interprétation physique des composants du tenseur

Chapitre 5 : DYNAMIQUE DES FLUIDES PARFAITS INCOMPRESSIBLES

1. **Théorème de la quantité de mouvement et du moment cinétique**
 - 1.1. Théorème de la quantité de mouvement
 - 1.2. Théorème du moment cinétique
2. **Equations locales du mouvement : équations d'Euler**
 - 2.1. Equations d'Euler
 - 2.2. Equations d'Euler en notation indicée
 - 2.3. Equations intrinsèques

3. **Equation intégrale de Bernoulli**
 - 3.1. Cas d'un écoulement permanent et irrotationnel
 - 3.2. Cas où l'écoulement est permanent et rotationnel
 - 3.3. Cas d'un écoulement non permanent et irrotationnel
 - 3.4. Cas d'un fluide traversant une machine hydraulique
4. **Définition de la charge**
 - 4.1. Charge en un point de l'écoulement
 - 4.2. Charge moyenne dans une section
 - 4.3. Ligne de courant, ligne piézométrique, ligne de charge

Chapitre 6 : DYNAMIQUE DES FLUIDES REELS

2. **Tenseur des contraintes et efforts surfaciques**
 - 3.1. Tenseur des contraintes
 - 3.2. Efforts surfaciques
 - 3.3. Efforts extérieurs sur la surface limitant un élément de volume
4. **Equation du mouvement et résolution**
 - 2.1. Equation de Navier-Stokes et conditions associées
 - 2.2. Solutions exactes des équations de Navier-Stokes
 - 3.3. Solutions approchées
4. **Couche limite laminaire**
 - 3.1. Equation de la couche limite
 - 3.2. Solution de Blasius dans le cas de la plaque plane sans gradient de pression

Chapitre 7 : ECOULEMENT D'UN FLUIDE REEL EN CONDUITE – PERTES DE CHARGE

1. **Incidence de la dissipation d'énergie**
 - 1.1. Incidence sur le théorème de Bernoulli
 - 1.2. Incidence sur la ligne de charge et la ligne piézométrique
2. **Pertes de charge linéaires**
3. **Pertes de charge singulières (ou accidentelles)**
 - 3.1. Expression d'une perte de charge singulière
 - 3.2. Mesure d'une perte de charge singulière
4. **Perte de charge totale -Caractéristique d'une conduite**
 - 4.1. Perte de charge totale
 - 4.2. Caractéristique d'une conduite
 - 4.3. Association de conduites

Chapitre 8 : LES POMPES NON VOLUMETRIQUES

1. **Généralités sur les turbomachines**
 - 1.1. Turbomachines à fluide incompressible
 - 1.2. Turbomachines à fluide compressible
2. **Description et construction d'une pompe centrifuge adaptée**
 - 2.1. Description
 - 2.2. Construction
3. **Description et construction d'une pompe à passage axial ou hélico-axial**
 - 3.1. Description
 - 3.2. Construction
 - 3.3. Théorème d'Euler
 - 3.4. Enoncé
4. **Caractéristiques d'une pompe**

- 4.1. Caractéristique théorique
- 4.2. Caractéristique réelle
- 4.3. Rendements
- 5. Associations de pompes**
 - 5.1. Association de pompes en série
 - 5.2. Pompes en parallèle
- 6. Similitude**
 - 6.1. Eléments de similitude
 - 6.2. Fonctionnement semblable