

**CHAPITRE 1****HORAIRE RECOMMANDÉ : 8 HEURES****ETUDE DES SYSTEMES****OBJECTIFS**

A partir d'un dossier technique relatif à un système réel, les compétences acquises doivent permettre de :

- classer le système industriel dans son domaine d'activité,
- identifier les matières d'œuvre entrantes et sortantes du système,
- préciser les caractéristiques de la valeur ajoutée par le système ,
- identifier et caractériser les éléments de structure (sous-ensembles fonctionnels. Chaînes fonctionnelles, partie opérative et partie commande)

**PROGRAMME****I. REPRÉSENTATION GÉNÉRALE**

- I.1. DÉFINITIONS : MATIÈRE D'ŒUVRE, VALEUR AJOUTÉE, FONCTIONS.
- I.2. FONCTIONS DE SERVICE (FONCTION PRINCIPALE, FONCTION CONTRAINTE), FONCTIONS TECHNIQUES, CRITÈRES D'APPRÉCIATION D'UNE FONCTION
- I.3. DIFFÉRENTS SYSTÈMES

**II. STRUCTURE D'UN SYSTÈME**

- II.1. DÉFINITIONS : PARTIE COMMANDE, PARTIE OPÉRATIVE ;
- II.2. RELATION ENTRE PARTIE COMMANDE ET PARTIE OPÉRATIVE ;
  - II.2.1. *Définitions: Chaîne d'action - Chaîne d'acquisition*
  - II.2.2. *Constituants de la chaîne d'action : préactionneurs, actionneurs, transmetteurs de puissance, effecteurs.*
  - II.2.3. *Constituants de la chaîne d'acquisition : capteurs, transmetteurs d'informations.*

**III. MÉTHODES D'ANALYSE**

- III.1 MISE EN ŒUVRE DE L'OUTIL SADT
- III.2 MISE EN ŒUVRE DE L'OUTIL FAST

**COMMENTAIRES**

Les activités sont organisées à partir de dossiers techniques relatifs à un système réel.

L'analyse fonctionnelle par l'outil SADT doit permettre d'identifier les constituants principaux, leurs fonctions et leur organisation pour un système existant à partir d'un dossier technique préparé à cet effet. La recherche des fonctions à travers des outils spécifiques (bête à cornes, pieuvre, ...) n'est pas au programme.

L'étude des chaînes fonctionnelles (ou axes) comme sous-ensembles de systèmes permet de définir une base de données de solutions industrielles associées aux fonctions principales (transférer, réguler, positionner, maintenir, transformer,)

**CHAPITRE 2**

**HORAIRE RECOMMANDÉ : 20 HEURES**

**COMMUNICATION TECHNIQUE**

**OBJECTIFS**

Etre capable de:

- lire et comprendre le dessin d'ensemble de la partie opérative d'un système mécanique et définir une des pièces de ce système soit par la méthode de projection orthogonale soit par une perspective cavalière ou isométrique.
- définir la cotation dimensionnelle d'une pièce.
- Désigner et représenter, en utilisant un document technique (Exemple : Guide du dessinateur industriel), les éléments normalisés.

**PROGRAMME**

**I. PROJECTION ORTHOGONALE (RAPPEL)**

**II. PERSPECTIVES CAVALIÈRE ET ISOMÉTRIQUE**

**III. COUPES ET SECTIONS**

**IV. TRACÉ DES INTERSECTIONS USUELLES**

- Intersection plan/plan
- Intersection plan/cylindre
- Intersection cylindre/cylindre
- Intersection cône/plan
- Intersection cône/cylindre
- Intersection de congés cylindriques

**V. DÉSIGNATION ET REPRÉSENTATION DES VISSERIES ET ÉLÉMENTS D'ASSEMBLAGE**

- Visserie (Vis, Boulons, Écrous et Goujons)
- Rondelles
- Goupilles
- Clavette
- Ergots
- Anneaux élastiques
- Rivets

**VI. COTATION DIMENSIONNELLE**

**CHAPITRE 3****HORAIRE RECOMMANDÉ : 10 HEURES****COTATION ET TOLERANCEMENT****OBJECTIFS**

Etre capable de:

- identifier et installer une cote fonctionnelle, la cote condition et la chaîne de cotes associées
- définir le tolérancement associé à une cote
- identifier et installer les tolérances géométriques et d'état de surface associées aux surfaces fonctionnelles d'une pièce.

Montrer l'intérêt des tolérances géométriques et indiquer la normalisation correspondante (règles et symboles).

Décrire les principaux défauts de surface et indiquer les règles d'inscription normalisée et les critères de choix d'un état de surface.

**PROGRAMME****I. TOLÉRANCEMENT**

- Définition
- Types
- Normalisation

**II. COTATION FONCTIONNELLE**

- Définitions
- Représentation vectorielle des chaînes de cotes
- Mise en place d'une chaîne de cotes par l'utilisation du graphe des contacts

**III. AJUSTEMENTS**

- Définition
- Désignation normalisée
- Systèmes d'ajustements:
  - Système de l'alésage normal
  - Système de l'arbre normal
- Choix d'un ajustement

**IV. DÉFAUTS DES SURFACES**

- Définitions
- Classification

**V. TOLÉRANCES GÉOMÉTRIQUES**

- Définitions
- Tolérances de forme
- Tolérances de position et d'orientation
- Inscription normalisée des tolérances géométriques

**VI. ÉTAT DE SURFACE**

- Définitions
  - Défauts de surfaces
  - Profil
  - Ligne moyenne
  - Ra
  - Rt
- Inscription normalisée d'un état de surface
- Choix d'une spécification d'état de surface

**COMMENTAIRES**

Les tolérances de forme et de position seront déterminées qualitativement. Le calcul de leur étendue n'est pas au programme.

Le choix d'une spécification d'état de surface en relation avec la fonction à remplir par la surface sera effectué par l'emploi de documents techniques.

Au moins une application doit traiter du cas de la cotation d'un plan de jauge (cône, deux plans inclinés)

**CHAPITRE 4****HORAIRE RECOMMANDÉ : 60 HEURES****ETUDE DES LIAISONS****OBJECTIFS**

Etre capable d'analyser et de choisir les solutions constructives pour assurer des liaisons encastrement, pivot, glissière, hélicoïdale et rotule.

**PROGRAMME****I. LES LIAISONS MÉCANIQUES NORMALISÉES**

(Rappel : degrés de liberté, représentation normalisée)

**II. ETUDE DE LA LIAISON ENCASTREMENT****II.1. CLASSIFICATION**

- Démontable / non démontable
- Par adhérence
- Par obstacle
- Par adhérence et obstacle

**II.2. ASSEMBLAGE PAR ÉLÉMENTS FILETÉS****II.3. ASSEMBLAGE PAR VIS DE PRESSION****II.4. ASSEMBLAGE PAR CLAVETAGE / CANNELURES****II.5. ASSEMBLAGE PAR GOUPILLES****II.6. EMMANCHEMENTS***II.6.1. Emmanchement cylindrique*

- Frettage
- Tampon tangent
- Pincement

*II.6.2. Emmanchement conique***II.7. ASSEMBLAGES SOUDÉS****II.8. ASSEMBLAGES COLLÉS****III. LIAISON GLISSIÈRE****III.1. PAR GLISSEMENT À PARTIR DE SECTION CYLINDRIQUE**

- Par ergot et rainure
- Par vis à téton long et rainures
- Par clavette libre
- Par arbre cannelé

**III.2. PAR GLISSEMENT À PARTIR DE SECTION PRISMATIQUE**

- Par un V et un appui plan
- Par queue d'aronde ou par un T
- Systèmes de rattrapage de jeux

**III.3. PAR ÉLÉMENTS ROULANTS**

- Douilles à billes
- Guides à billes
- Guidage par rails

## III.4. ARC-BOUTEMENT

## IV. LIAISON PIVOT

## IV.1. PALIERS LISSES

- Palier en régime hydrostatique
- Palier en régime hydrodynamique
- Palier en régime onctueux ou sec :
  - Principales familles
  - Calcul des coussinets (produit PV limite d'usure)
  - Dimensions normalisées des coussinets

## IV.2. PALIERS À ROULEMENTS

- Constitution d'un roulement
- Types de charges supportées par les roulements
- Différents types de roulements
- Désignation normalisée d'un roulement
- Choix du type de roulement
- Montage des roulements
- Choix des ajustements
- Lubrification et étanchéité des paliers à roulements

## V. LIAISON HÉLICOÏDALE

## V.1. DÉFINITIONS (PROFIL; NOMBRE DE FILETS, SENS DE L'HÉLICE)

## V.2. LIAISON AVEC FROTTEMENT DE GLISSEMENT

- Relation couple - effort axial (sans démonstration)
- Critère d'irréversibilité (sans démonstration)

## V.3. LIAISON AVEC FROTTEMENT DE ROULEMENT

## VI. LIAISON ROTULE

## VI.1. SOLUTIONS CONSTRUCTIVES USUELLES

## VI.2. ROTULES NORMALISÉES

**COMMENTAIRES**

Les outils d'étude de systèmes enseignés par ailleurs (notamment l'analyse fonctionnelle) doivent être mis en œuvre dans l'étude et l'analyse des liaisons.

Pour la liaison encastrement on se limitera à la présentation des solutions technologique des cas les plus courants. L'étudiant doit être capable de déterminer les sollicitations auxquelles sont soumises les différents éléments intervenant dans la réalisation de cette liaison. Les calculs se limiteront à la vérification des clavettes et des goupilles au cisaillement et au matage.

Dans l'étude de la liaison glissière, on se limitera à la présentation des solutions technologiques les plus utilisées en précisant qualitativement les directions de charge que peuvent tolérer chacune de ces solutions. Le phénomène d'arc-boutement doit être présenté avec la démonstration de la mise en place du critère de non arc-boutement. L'étudiant doit être capable de choisir une solution technologique et de la concevoir. Pour les liaisons glissières avec élément roulant, on se limitera à la présentation de leur principe de fonctionnement et des applications potentielles de cette technologie.

Pour le guidage en rotation sur paliers lisses en régime hydrodynamique et hydrostatique, on se limitera à la présentation des phénomènes physiques mis en jeu.

Pour le montage de roulements on développera d'une manière complète les solutions technologiques dans le cas des liaisons par deux roulement de type BC et KB (arbre tournant et moyeu tournant).

On s'intéressera particulièrement à la modélisation des guidages sur roulements (liaison assurée au niveau de chaque roulement, liaison globale, degré d'hyperstatisme). Le calcul de la durée de vie n'est pas au programme.

Le critère d'irréversibilité et la relation couple - effort axial seront présentés sans démonstration.

**CHAPITRE 5**

**HORAIRE RECOMMANDÉ : 9 HEURES**

**LUBRIFICATION ET ETANCHEITE**

**OBJECTIFS**

Etre capable de choisir un dispositif de lubrification et des dispositions d'étanchéité.

**PROGRAMME**

**I. LUBRIFICATION**

- Définition et propriétés des lubrifiants
- Différents modes de lubrification
- Critère de choix du lubrifiant

**II. ÉTANCHEITÉ**

- Différents types d'étanchéité
- Dispositions technologiques

**COMMENTAIRES**

On insistera particulièrement sur l'utilisation, la représentation et la désignation des éléments standards pour la lubrification et l'étanchéité.



**CHAPITRE 1**

**HORAIRE RECOMMANDÉ : 14 HEURES**

**ETUDES DES MATÉRIAUX**

**OBJECTIFS**

*L'étudiant doit:*

- *savoir identifier un matériau à partir de sa désignation normalisée*
- *savoir faire un choix convenable d'un matériau qui répond aux conditions fonctionnelles du système*
- *savoir choisir le traitement thermique convenable pour une application donnée*

**PROGRAMME**

**I. PROPRIÉTÉS DES MATÉRIAUX**

Physiques, mécaniques, chimiques, métallurgiques (relatives au procédé d'élaboration)

**II. ÉLABORATION DES FERREUX**

**III. CLASSIFICATION DES MATÉRIAUX**

Matériaux métalliques (ferreux, non ferreux)

Matériaux plastiques

**IV. DÉSIGNATION NORMALISÉE DES MATÉRIAUX MÉTALLIQUES**

Matériaux ferreux

Matériaux métalliques non ferreux

Cas d'utilisation

**V. CARACTÉRISATION MÉCANIQUE DES MATÉRIAUX**

Essai de traction

Essai de résilience

Essai de dureté (Brinell, Rockwell, Vickers)

**VI. TRAITEMENT THERMIQUE DES ACIERS**

Généralités (structures cristallines , grosseur de grain,...)

Diagramme Fer-Carbone

Traitement thermique (trempe, revenu, recuit, trempe superficielle)

Traitement thermochimique (cémentation, nitruration , carbonituration)

Exemples d'applications et de choix

**COMMENTAIRES**

Pour les propriétés métallurgiques, on se limitera à la définition des propriétés liées au procédé d'élaboration (fluidité, retrait, soudabilité,...).

Pour les traitement thermiques des aciers, on se limitera à la présentation du principe de chaque traitement thermique, de son utilité et de son incidence sur les caractéristiques mécaniques de l'acier traité. La définition quantitative des traitements thermiques n'est pas au programme.

## CHAPITRE 2

HORAIRE RECOMMANDÉ : 16 HEURES

**PROCÉDÉS D'OBTENTION DES PIÈCES****OBJECTIFS**

*L'étudiant doit:*

- *connaître les principes, les possibilités et les domaines d'application des différents procédés d'obtention des pièces,*
- *être capable d'identifier qualitativement les procédés à mettre en œuvre pour une application donnée*

**PROGRAMME****I. MODES D'OBTENTION D'UNE PIÈCE MÉCANIQUE****II. MOULAGE**

- Types
- Domaines d'application

**III. FORMAGE À CHAUD**

- Types: forgeage libre au marteau pilon, estampage/matriçage)
- Domaines d'application

**IV. TRAVAIL DES MÉTAUX EN FEUILLES**

- Pliage
- Emboutissage
- Découpage-poinçonnage

**V. SOUDAGE**

- Classification des différents procédés
- Soudage Oxyacétylénique
- Soudage à l'arc (par baguette enrobée, MIG, TIG, MAG)
- Soudage à la résistance

**VI. MISE EN ŒUVRE DES PLASTIQUES**

- Injection
- Extrusion
- Soufflage

**COMMENTAIRES**

Ce chapitre se limitera à la présentation des procédés usuels d'élaboration de pièces. Aucun calcul lié à ces procédés n'est au programme.



**CHAPITRE 3**

**HORAIRE RECOMMANDÉ : 10 HEURES**

**PROCÉDÉS DE MOULAGE**

**OBJECTIFS**

*L'étudiant doit:*

- connaître les différents procédés de moulage
- être capable d'analyser qualitativement le tracé de pièces et de modèles

**PROGRAMME**

- I. PRINCIPE DES PROCÉDÉS DE MOULAGE
- II. MOULAGE EN MOULE NON PERMANENT À MODÈLE PERMANENT (SABLE, CARAPACE)
- III. MOULAGE EN MOULE NON PERMANENT À MODÈLE NON PERMANENT (CIRE PERDUE)
- IV. MOULAGE EN MOULE PERMANENT (EN COQUILLE PAR GRAVITÉ OU SOUS PRESSION)
- V. TRACÉ DES PIÈCES BRUTES ET DE MODÈLES (SIMPLIFIÉ)
- VI. ETUDES ET PRÉPARATION DES MOULES (SABLES, OUTILS, CONCEPTION DES MOULES).
- VII. APPLICATIONS POUR DES PIÈCES SIMPLES

**COMMENTAIRES**

Dans ce chapitre on se limitera aux règles qualitatives permettant le tracé des pièces brutes et des modèles. Aucun calcul relatif au tracé n'est au programme. Seul le moulage de pièces métalliques est à traiter.

Les applications doivent concerner des pièces de géométrie simple.

## CHAPITRE 4

HORAIRE RECOMMANDÉ : 15 HEURES

**USINAGE À L'OUTIL COUPANT****OBJECTIFS**

L'étudiant doit:

- connaître les différents procédés d'usinage à l'outil coupant
- faire le choix des procédés d'usinage en fonction de la forme désirée
- être capable de choisir les conditions de coupe et l'outil.
- savoir éditer et interpréter un programme C.N.C. pour les pièces de tournage et de fraisage de forme simple
- pouvoir réaliser le repérage isostatique d'une pièce.
- pouvoir calculer les côtes de fabrication.

**PROGRAMME****I. PROCÉDÉS D'USINAGE**

- I.1. USINAGE SUR MACHINE UNIVERSELLE
  - I.1.1. Tournage (machine, formes réalisées et outils)
  - I.1.2. Fraisage (machine, formes réalisées et outils)
- I.2. USINAGE SUR MACHINE À COMMANDE NUMÉRIQUES (CNC)
  - I.2.1. Généralités sur les machines C.N.C.
  - I.2.2. Notion de programmation (langage ISO)
  - I.2.3. Applications ( tournage et fraisage)

**II. ETUDE DE LA COUPE**

- II.1. ETUDE DE L'OUTIL DE COUPE
  - II.1.1. Matériaux
  - II.1.2. Présentation de la géométrie de l'outil (se limiter à la partie active de l'outil de chariotage en main)
- II.2. CONDITIONS ET EFFORTS DE COUPE
  - II.2.1. Choix des vitesses, avances et profondeurs , temps d'usinage
  - II.2.2. Calcul de différents paramètres (effort de coupe, puissance de coupe)

**III. ANALYSE D'USINAGE**

- III.1. CONTRAINTES D'ANTÉRIORITÉ EN TOURNAGE
- III.2. AVANT PROJET DE GAMME D'USINAGE
- III.3. DÉTERMINATION DES COTES DE FABRICATION
  - III.3.1. Types de côtes de fabrication
  - III.3.2. Méthode de calcul

**COMMENTAIRES**

L'étude de l'outil s'intéressera particulièrement à la mise en évidence des caractéristiques fonctionnelles de l'outil et des critères de leur choix en fonction de la nature de la fonction d'usinage, du matériau à usiner et des exigences de qualité.

Pour les contraintes d'antériorité, on se limitera à la présentation de règles qualitatives pour tenir compte des spécifications géométriques et dimensionnelles exigées.

Le transfert des tolérances géométriques n'est pas au programme. Les dispersions et les cotes de réglage ne sont pas au programme.

CHAPITRE 5

HORAIRE RECOMMANDÉ : 5 HEURES

## MÉTROLOGIE

### OBJECTIFS

*L'étudiant doit:*

- savoir choisir l'instrument de mesure en fonction de la cote à contrôler et de la précision demandée
- savoir définir une procédure de contrôle

### PROGRAMME

#### I. QUALITÉS DES INSTRUMENTS DE MESURE

- Etendue de mesurage
- Sensibilité
- Classe de précision

#### II. INSTRUMENTS USUELS POUR LA MESURE DIRECTE

- Pied à coulisse
- Micromètre
- Comparateur

#### III. MESURE INDIRECTE

- Mesure d'angle
- Mesure de cône
- Mesure de filetage
- Utilisation d'une barre-sinus
- Utilisation d'une règle-sinus

#### IV. INSTRUMENTS DE CONTROLES

- Etalons
- Jauges
- Calibres à limites

#### V. MÉTROLOGIE PNEUMATIQUE

- Principe
- Description de l'appareillage de mesure
- Avantages et domaine d'application

### COMMENTAIRES

Le contrôle de formes n'est pas au programme.

La métrologie optique et la métrologie électrique ne sont pas au programme.

**CHAPITRE 0**

**HORAIRE RECOMMANDÉ : 2 HEURES**

**CALCUL VECTORIEL**

**OBJECTIFS**

Maîtriser les opérations usuelles de calcul vectoriel

**PROGRAMME**

- I. CARACTÉRISTIQUES D'UN VECTEUR**
- II. DIFFÉRENTS TYPES DE VECTEURS**
- III. OPÉRATIONS SUR LES VECTEURS**
  - III.1. SOMME ET DIFFÉRENCE
  - III.2. MULTIPLICATION D'UN VECTEUR PAR UN SCALAIRE
  - III.3. PRODUIT SCALAIRE
  - III.4. PRODUIT VECTORIEL
  - III.5. DOUBLE PRODUIT VECTORIEL
  - III.6. PRODUIT MIXTE
- IV. DIVISION VECTORIELLE**
- V. MOMENT D'UN VECTEUR LIÉ PAR RAPPORT À UN POINT**
- VI. MOMENTS D'UN VECTEUR GLISSANT PAR RAPPORT À UN AXE**

**COMMENTAIRES**

Ce chapitre constitue un rappel sur les opérations acquises au secondaire et introduit de nouvelles opérations (produit vectoriel, produit mixte, division vectorielle, moment).



## CHAPITRE 1

HORAIRE RECOMMANDÉ : 6 HEURES

**TORSEURS****OBJECTIFS**

- maîtriser la notion de torseur et ses propriétés en s'appuyant sur des définitions mathématiques
- maîtriser les opérations sur les torseurs
- traiter le cas des torseurs associés à  $n$  vecteurs glissants,
- savoir déterminer l'axe central d'un torseur et donner son équation vectorielle.
- savoir décomposer un torseur

**PROGRAMME****I. LES TORSEURS**

- I.1. DÉFINITION
- I.2. INVARIANTS SCALAIRE ET VECTORIEL D'UN TORSEUR
- I.3. EQUIPROJECTIVITÉ
- I.4. OPÉRATIONS SUR LES TORSEURS
  - I.4.1. Somme des torseurs
  - I.4.2. Egalité de deux torseurs
  - I.4.3. Produit (ou Comoment) de deux torseurs
  - I.4.4. Dérivation des torseurs
- I.5. AXE CENTRAL D'UN TORSEUR  
*Equation vectorielle (l'équation analytique n'est pas au programme)*
- I.6. TORSEURS PARTICULIERS
  - I.6.1. Torseur Nul
  - I.6.2. Torseur Couple
  - I.6.3. Torseur Glisseur
- I.7. DÉCOMPOSITION D'UN TORSEUR
  - I.7.1. Décomposition en deux glisseurs
  - I.7.2. Décomposition centrale en la somme d'un couple et d'un glisseur
- I.8. TORSEURS ASSOCIÉS À  $n$  VECTEURS GLISSANTS

**COMMENTAIRES**

Les exercices d'application doivent permettre aux étudiants de manipuler les propriétés des torseurs et les calculs sur les torseurs.

## CHAPITRE 2

HORAIRE RECOMMANDÉ : 4 HEURES

**PARAMÉTRAGE DES SYSTÈMES MÉCANIQUES****OBJECTIFS**

Les compétences acquises doivent permettre à partir d'un système de solides de :

- paramétrer la position d'un solide en mouvement par rapport à un référentiel,
- définir le paramétrage d'une liaison élémentaire,
- établir le graphe des liaisons à partir d'un schéma cinématique,
- établir les relations scalaires indépendantes entre les différents paramètres introduits au système pour un paramétrage donné,
- lire un schéma cinématique et déterminer la loi "Entrée-Sortie"

**PROGRAMME****I. NOTION DE SOLIDE INDÉFORMABLE****II. PARAMÉTRAGE DE LA POSITION D'UN SOLIDE PAR RAPPORT À UN REPÈRE**

II.1. PARAMÉTRAGE DE LA POSITION DE L'ORIGINE DU REPÈRE LIÉ AU SOLIDE

II.2. PARAMÉTRAGE DE L'ORIENTATION DE LA BASE DU REPÈRE LIÉ AU SOLIDE

*II.2.1. Nombre de paramètres indépendants positionnant un solide dans un repère.**II.2.2. Les Angles d'Euler.***III. DÉFINITION, MODÉLISATION ET DEGRÉ DE LIBERTÉ DES LIAISONS ÉLÉMENTAIRES****IV. PARAMÉTRAGE D'UN SYSTÈME DE SOLIDES****V. LECTURE D'UN SCHÉMA CINÉMATIQUE**

V.1. ELABORATION DU GRAPHE DES LIAISONS

V.2. LOI "ENTRÉE SORTIE"

**COMMENTAIRES**

Dans toutes les applications relatives à un système de solides le paramétrage sera défini par l'enseignant. Les applications porteront autant que possible sur des systèmes réels.

## CHAPITRE 3

HORAIRE RECOMMANDÉ : 14 HEURES

**CINÉMATIQUE DES SYSTÈMES DE SOLIDES INDÉFORMABLES****OBJECTIFS**

Rappels des définitions de la cinématique du point.

Les connaissances acquises dans cette partie doivent permettre aux étudiants de :

- maîtriser parfaitement la dérivation composée d'un vecteur,
- déterminer le torseur cinématique d'un solide en mouvement et identifier le type de mouvement à partir des invariants,
- déterminer le vecteur accélération d'un point d'un solide,

Dans le cas des solides en contact, les connaissances acquises doivent permettre aux étudiants de:

- calculer le vecteur glissement en un point de contact de deux solides en mouvement,
- décomposer le vecteur instantané de rotation en un vecteur rotation de roulement et un vecteur rotation de pivotement,
- identifier un mouvement plan sur plan et déterminer la base et la roulante.

**PROGRAMME****I. DÉFINITIONS**

- I.1. MOUVEMENT ABSOLU ET MOUVEMENT RELATIF
- I.2. VECTEUR POSITION D'UN POINT D'UN SOLIDE
- I.3. VECTEUR VITESSE D'UN POINT D'UN SOLIDE
- I.4. VECTEUR ACCÉLÉRATION D'UN POINT D'UN SOLIDE

**II. FORMULE DE DÉRIVATION VECTORIELLE**

- II.1. DÉRIVÉE D'UN VECTEUR MOBILE PAR RAPPORT À UN REPÈRE
- II.2. DÉRIVATION COMPOSÉE D'UN VECTEUR MOBILE.
  - II.2.1. Cas général (application avec les angles d'Euler)
  - II.2.2. Cas d'un mouvement plan
- II.3. COMPOSITION DES VECTEURS VITESSES INSTANTANÉES DE ROTATION

**III. CINÉMATIQUE DES SOLIDES INDÉFORMABLES**

- III.1. CHAMP DES VITESSES D'UN SOLIDE
- III.2. DÉFINITION DU TORSEUR CINÉMATIQUE
- III.3. DIFFÉRENTS MOUVEMENTS D'UN SOLIDE (TRANSLATION, ROTATION, HÉLICOÏDAL)
- III.4. COMPOSITION DES VECTEURS VITESSES
- III.5. COMPOSITION DES TORSEURS CINÉMATIQUE
- III.6. CHAMP DES VECTEURS ACCÉLÉRATIONS D'UN SOLIDE
- III.7. COMPOSITION DES VECTEURS ACCÉLÉRATIONS
- III.8. TORSEURS CINÉMATIQUE DES LIAISONS ÉLÉMENTAIRES

**IV. CINÉMATIQUE DES SOLIDES EN CONTACT**

- IV.1. VECTEUR VITESSE DE GLISSEMENT EN UN POINT DE CONTACT
- IV.2. VECTEUR ROTATION DE ROULEMENT ET ROTATION DE PIVOTEMENT
- IV.3. LES AXOÏDES D'UN MOUVEMENT

**V. MOUVEMENT PLAN SUR PLAN (CINÉMATIQUE PLANE)**

- V.1. DÉFINITION
- V.2. CENTRE INSTANTANÉ DE ROTATION
- V.3. BASE ET ROULANTE
- V.4. RECHERCHE GÉOMÉTRIQUE DU CENTRE INSTANTANÉ DE ROTATION
- V.5. MOUVEMENT PLAN SUR PLAN DE TROIS PLANS

**COMMENTAIRES**

Pour les axoïdes du mouvement d'un solide on se limitera à la définition et à la représentation des axoïdes relatifs aux cas usuels.

***Exemple d'application à traiter en classe :***

- Système de transformation de mouvement (bielle-manivelle, etc.),
- Robots (composition des torseurs cinématique, compositions des accélérations)
- Roulement avec et sans glissement entre deux roues à axes parallèles
- Deux roues dentées à axes concourants (axoïdes).
- Mécanisme à trois barres (C.I.R, Base, Roulante)
- Echelle contre un mur (C.I.R., Base, Roulante)

**CHAPITRE 4**

**HORAIRE RECOMMANDÉ : 4 HEURES**

**MODELISATION DES ACTIONS MÉCANIQUES**

**OBJECTIFS**

L'étudiant doit être capable de :

- déterminer le torseur des actions mécaniques transmissibles par une liaison élémentaire,
- isoler un système de solides et faire l'inventaire des actions mécaniques extérieures

**PROGRAMME**

**VI. REPRÉSENTATION DES ACTIONS MÉCANIQUES**

- VI.1. DÉFINITION DES ACTIONS MÉCANIQUES
- VI.2. CLASSIFICATION DES ACTIONS MÉCANIQUES
- VI.3. PREMIER PRINCIPE DE LA STATIQUE

**VII. MODÉLISATION DES ACTIONS MÉCANIQUES À DISTANCE (APPLICATION AU CHAMP DE PESANTEUR)**

**VIII. MODÉLISATION DES ACTIONS MÉCANIQUES DE CONTACT**

- VIII.1. TORSEUR D'ACTION MÉCANIQUE DE CONTACT
- VIII.2. ACTIONS DE CONTACT AVEC FROTTEMENT LOIS DE COULOMB
- VIII.3. HYPOTHÈSE DU CONTACT SANS FROTTEMENT
- VIII.4. SOLIDES EN CONTACT PONCTUEL
  - \* Frottement de glissement,
  - \* Frottement de pivotement
  - \* Frottement de Roulement
- VIII.5. TORSEUR STATIQUE DES LIAISONS ÉLÉMENTAIRES SANS FROTTEMENT

**COMMENTAIRES**

Exemples d'application à traiter avec les étudiants :

- Montage d'usinage,
- Systèmes à leviers articulés (isostatiques),

**CHAPITRE 5**

**HORAIRE RECOMMANDÉ : 6 HEURES**

**STATIQUE DES SOLIDES**

**OBJECTIFS**

L'étudiant doit être capable de :

- appliquer le P.F.S. et déterminer les inconnues du système.

**PROGRAMME**

- I. EQUILIBRE D'UN SOLIDE OU D'UN SYSTÈME DE SOLIDES PAR RAPPORT À UN REPÈRE.
- II. ENONCÉ DU PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA STATIQUE ET DES THÉORÈMES GÉNÉRAUX DE LA STATIQUE
- III. THÉORÈME DES ACTIONS MUTUELLES OU RÉCIPROQUES
- IV. CAS PARTICULIER DE L'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS À L'ACTION DE 2 OU 3 GLISSEURS

**COMMENTAIRES**

Les applications doivent s'attarder sur la mise en place du modèle de calcul à partir d'un système réel (identification du solide ou du système de solides à isoler, identification des actions extérieures, ...).

La résolution par la méthode graphique pourrait faire l'objet d'un TP.

**CHAPITRE 6****HORAIRE RECOMMANDÉ : 10 HEURES****ANALYSE DES MÉCANISMES****OBJECTIFS**

L'étudiant doit :

- savoir déterminer les classes d'équivalence à partir d'un système mécanique,
- savoir établir un graphe des liaisons,
- savoir lire et établir un schéma cinématique d'un mécanisme,
- savoir déterminer les torseurs statique et cinématique de la liaison équivalente (liaisons en série ou en parallèle)
- savoir déterminer le degré de mobilité et d'hyperstatisme
- distinguer les mécanismes isostatique et hyperstatique

**PROGRAMME****I. DÉFINITION D'UN MÉCANISME****II. SCHÉMA CINÉMATIQUE D'UN MÉCANISME****III. GRAPHE DES LIAISONS****IV. LIAISON ÉQUIVALENTE (TORSEUR CINÉMATIQUE ET TORSEUR STATIQUE)**

IV.1. DES LIAISONS EN PARALLÈLE

IV.2. DES LIAISONS EN SÉRIE

**V. MÉCANISME À CHAÎNE OUVERTE :**

V.1. DEGRÉ DE MOBILITÉ

V.2. DEGRÉ D'HYPERSTATISME

**VI. MÉCANISME À CHAÎNE FERMÉE :**

VI.1. DEGRÉ DE MOBILITÉ

VI.2. DEGRÉ D'HYPERSTATISME

**VII. MÉCANISME À CHAÎNE COMPLEXE :**

VII.1. NOMBRE CYCLOMATIQUE

VII.2. DEGRÉ DE MOBILITÉ

VII.3. DEGRÉ D'HYPERSTATISME

**COMMENTAIRES**

On se limitera pour l'étude du mécanisme à chaîne complexe à un nombre cyclomatique inférieur ou égal à 2 .

Prévoir des applications sur des cas réels (mécanisme de transmission et de transformation de mouvement ).

## CHAPITRE 7

HORAIRE RECOMMANDÉ : 20 HEURES

**RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX****OBJECTIFS**

L'étudiant doit être capable de :

- déterminer le torseur des efforts intérieurs en tout point de la poutre
- tracer l'évolution de chaque composante du torseur des efforts intérieurs le long de la poutre .
- dimensionner une poutre droite soumise à une sollicitation simple,
- déterminer la déformation d'une poutre droite soumise à une sollicitation simple

**PROGRAMME****I. POUTRE DROITE**

- I.1. DÉFINITION
- I.2. HYPOTHÈSES

**II. PROPRIÉTÉS GÉOMÉTRIQUES D'UNE SECTION DROITE**

- II.1. CENTRE DE SURFACE
- II.2. MOMENT STATIQUE D'UNE SURFACE PLANE
- II.3. MOMENT QUADRATIQUE
- II.4. MOMENT QUADRATIQUE POLAIRE

**III. TORSEUR DES EFFORTS INTÉRIEURS**

- III.1. EFFORT NORMAL
- III.2. EFFORT TRANCHANT
- III.3. MOMENT DE TORSION
- III.4. MOMENT DE FLEXION
- III.5. RELATIONS ENTRE EFFORT TRANCHANT ET MOMENT DE FLEXION

**IV. NOTION DE CONTRAINTES**

- IV.1. VECTEUR CONTRAINTE
- IV.2. CONTRAINTE NORMALE
- IV.3. CONTRAINTE TANGENTIELLE

**V. SOLLICITATIONS SIMPLES**

- V.1. TRACTION -COMPRESSION
  - V.1.1. *Essai de traction*
  - V.1.2. *Contrainte normale*
  - V.1.3. *Déformation*
  - V.1.4. *Loi de Hooke*
  - V.1.5. *Condition de résistance*
  - V.1.6. *Notion qualitative sur la concentration de contraintes*
- V.2. CISAILLEMENT SIMPLE
  - V.2.1. *Contrainte de cisaillement*



- V.2.2. *Condition de résistance*
- V.2.3. *Condition de cisaillement*
- V.3. FLEXION: PLANE SIMPLE
  - V.3.1. *Essai de flexion (3 points)*
  - V.3.2. *Contrainte normale, relation avec le moment de flexion*
  - V.3.3. *Contrainte tangentielle due à l'effort tranchant*
  - V.3.4. *Equation de la déformée*
  - V.3.5. *Condition de résistance à la contrainte normale*
- V.4. TORSION : APPLIQUÉE SEULEMENT À UNE POUTRE DROITE À SECTION CIRCULAIRE
  - V.4.1. *Essai de torsion*
  - V.4.2. *Déformation*
  - V.4.3. *Contrainte tangentielle en fonction du moment du torsion*
  - V.4.4. *Relation entre contrainte et déformation*
  - V.4.5. *Condition de résistance*
  - V.4.6. *Condition de rigidité*

### **COMMENTAIRES**

Les applications traitées doivent porter sur des cas réels isostatique.

## CHAPITRE 8

HORAIRE RECOMMANDÉ : 6 HEURES

**GÉOMÉTRIE DES MASSES****OBJECTIFS**

Les compétences acquises doivent permettre de :

- déterminer le centre d'inertie d'un système de solides indéformable,
- déterminer le tenseur (matrice) d'inertie d'un solide en son centre de gravité et en un point quelconque; identifier le repère principal d'inertie,
- déterminer le tenseur (matrice) d'inertie dans le cas où le solide présente une symétrie matérielle.

**PROGRAMME****I. MODÉLISATION DES ACTIONS MÉCANIQUES**

- I.1. AXIOME : PRINCIPE DE CONSERVATION DE MASSE
- I.2. MASSE SPÉCIFIQUE
- I.3. MASSE

**II. CENTRE D'INERTIE D'UN SYSTÈME MATÉRIEL**

- II.1. DÉFINITION
- II.2. PROPRIÉTÉS DU CENTRE D'INERTIE
  - II.2.1. Détermination par fractionnement du centre d'inertie d'un système complexe.
  - II.2.2. Symétrie du système
- II.3. THÉORÈMES DE GULDIN
  - II.3.1. Premier théorème
  - II.3.2. Deuxième théorème

**III. MOMENT D'INERTIE D'UN SOLIDE PAR RAPPORT À UN AXE****IV. OPÉRATEUR D'INERTIE**

- IV.1. DÉFINITION
- IV.2. MATRICE (OU TENSEUR) D'INERTIE
- IV.3. EXPRESSION DU MOMENT D'INERTIE PAR RAPPORT À UN AXE
- IV.4. PRODUIT D'INERTIE PAR RAPPORT À DEUX DROITES PERPENDICULAIRES
  - IV.4.1. Définition
  - IV.4.2. Expression du produit d'inertie par rapport à deux droites perpendiculaires

**V. LES DIFFÉRENTS MOMENTS D'INERTIE**

- V.1. DÉFINITIONS
- V.2. RELATION ENTRE LES DIFFÉRENTS MOMENTS D'INERTIE

**VI. THÉORÈME DE HUYGHENS****VII. BASE PRINCIPALE D'INERTIE**

**VIII. INFLUENCE DE LA SYMÉTRIE MATÉRIELLE DU SOLIDE**

VIII.1. PLAN DE SYMÉTRIE MATÉRIELLE

VIII.2. AXE DE SYMÉTRIE MATÉRIELLE

**COMMENTAIRES**

Les applications doivent être orientées principalement vers la détermination du centre de masse et de la matrice d'inertie d'un solide de forme géométrique simple, (à titre d'exemple : sphère pleine ou creuse, cylindre plein ou creux, etc. ) ainsi que ceux des solides de forme géométrique obtenue à partir d'association de formes géométriques élémentaires.

## CHAPITRE 9

HORAIRE RECOMMANDÉ : 6 HEURES

**CINÉTIQUE****OBJECTIFS**

Les connaissances acquises doivent permettre de déterminer le torseur cinétique, le torseur dynamique et l'énergie cinétique d'un système de solides.

**PROGRAMME****I. TORSEUR CINÉTIQUE OU TORSEUR DES QUANTITÉS DE MOUVEMENT**

- I.1. DÉFINITION
- I.2. CALCUL DE LA RÉSULTANTE CINÉTIQUE
- I.3. CALCUL DU MOMENT CINÉTIQUE
  - I.3.1. Théorème de Koëinig*
  - I.3.2. Moment cinétique d'un solide et d'un système de solides*

**II. TORSEUR DYNAMIQUE OU DES QUANTITÉS D'ACCÉLÉRATION**

- II.1. DÉFINITION
- II.2. CALCUL DE LA RÉSULTANTE DYNAMIQUE
- II.3. RELATION ENTRE LE MOMENT DYNAMIQUE ET LE MOMENT CINÉTIQUE

**III. ENERGIE CINÉTIQUE**

- III.1. DÉFINITION
- III.2. CALCUL DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE
  - III.2.1. Théorème de Koëinig*
  - III.2.2. Energie cinétique d'un solide et d'un système de solides*

**COMMENTAIRES**

Les applications doivent porter sur des cas réels (reprendre les exemples traités dans le chapitre cinématique).

**CHAPITRE 10**

**HORAIRE RECOMMANDÉ : 7 HEURES**

**DYNAMIQUE DES SYSTÈMES DE SOLIDES**

**OBJECTIFS**

Les connaissances acquises doivent permettre d'appliquer le principe fondamental de la dynamique à un système de solides par rapport à un repère galiléen afin de :

- déterminer les inconnues des torseurs de liaison ou le torseur des actions extérieures,
- établir les équations de mouvement (équations différentielles) dans le cas où les actions mécanique de liaison sont connues.

**PROGRAMME**

**I. I. PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE**

- I.1. ENONCÉ DU P.F.D.
- I.2. EQUATION DE MOUVEMENT
- I.3. INTÉGRALE PREMIÈRE DU MOUVEMENT

**II. THÉORÈME DES ACTIONS MUTUELLES**

**III. EQUILIBRAGE DYNAMIQUE**

**COMMENTAIRES**

Il faut montrer aux étudiants que le P.F.S. est un cas particulier du P.F.D.

La résolution des équations différentielles pourrait faire l'objet d'un TP en utilisant un outil informatique (MAPLE par exemple)

**CHAPITRE 11****HORAIRE RECOMMANDÉ : 5 HEURES****THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE****OBJECTIFS**

Les connaissances acquises doivent permettre :

- de calculer la puissance développée par les actions au niveau des liaisons d'un mécanisme,
- d'appliquer le théorème de l'énergie cinétique pour déterminer les équations de mouvement d'un solide ou d'un système de solides.

**PROGRAMME****I. PUISSANCE**

- I.1. PUISSANCE DÉVELOPPÉ PAR UNE ACTION MÉCANIQUE EXTÉRIEURE À UN SYSTÈME DE SOLIDES DANS SON MOUVEMENT PAR RAPPORT À UN REPÈRE
- I.2. PUISSANCE DÉVELOPPÉE PAR LES ACTIONS MUTUELLES ENTRE DEUX ENSEMBLES MATÉRIELS
- I.3. CAS PARTICULIER D'UNE LIAISON PARFAITE ENTRE DEUX SOLIDES

**II. ENERGIE POTENTIELLE**

- II.1. ENERGIE POTENTIELLE D'UN SYSTÈME DE SOLIDES ASSOCIÉ À UNE ACTION MÉCANIQUE EXTÉRIEURE
- II.2. ENERGIE POTENTIELLE DE DEUX SYSTÈMES DE SOLIDES ASSOCIÉE À UNE ACTION MUTUELLE

**III. THÉORÈME DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE**

- III.1. CAS D'UN SOLIDE
- III.2. CAS D'UN ENSEMBLE DE SOLIDES
- III.3. INTÉGRALE PREMIÈRE DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE

**COMMENTAIRES**

Les applications doivent porter sur des cas réels en utilisant les deux méthodes: PFD, méthode énergétique.

**CHAPITRE 0****HORAIRE RECOMMANDÉ : 2 HEURES****INTRODUCTION A L'AUTOMATIQUE****OBJECTIFS**

Cette partie a pour but la présentation de la discipline, de ses domaines d'application, de son but et de son évolution.

En d'autres termes, mettre l'accent sur son importance dans la formation d'un futur ingénieur.

**PROGRAMME****I. DÉFINITION****II. INTÉRÊTS DE L'AUTOMATIQUE****III. DIFFÉRENTS TYPES DE SYSTÈMES EN AUTOMATIQUE**

- Systèmes combinatoires
- Systèmes séquentiels
- Systèmes asservis

**COMMENTAIRES**

Cette introduction ne nécessite aucune connaissance préalable : il s'agit d'une sensibilisation à l'automatique.

On présente les différents types de systèmes en automatique à travers des exemples d'illustration.

**CHAPITRE 1****HORAIRE RECOMMANDÉ : 8 HEURES****SYSTÈMES COMBINATOIRES****OBJECTIFS**

Cette partie doit permettre à l'étudiant de :

- Maîtriser :
  - La table de vérité
  - Les codes binaires naturel et réfléchi
  - Les expressions canoniques
  - La représentation d'un logigramme et d'un schéma électrique
- Identifier un système combinatoire.
- Exprimer le fonctionnement par un ensemble d'équations logiques,
- Traduire ce fonctionnement au moyen d'une technologie.
- Optimiser la représentation logique par simplification.

**PROGRAMME****I. FONCTIONS LOGIQUES**

- I.1. INTRODUCTION
- I.2. FONCTIONS LOGIQUES D'UNE VARIABLE
- I.3. FONCTIONS LOGIQUES DE DEUX VARIABLES
- I.4. PROPRIÉTÉS DIVERSES :
  - Distributivité
  - Théorèmes de DE MORGAN
  - Opérateur universel
  - Différentes représentations d'une fonction logique.

**II. SIMPLIFICATION DES FONCTIONS LOGIQUES**

- II.1. INTRODUCTION
- II.2. MÉTHODE ALGÈBRIQUE
- II.3. MÉTHODE DE KARNAUGH
  - Présentation
  - Simplification
  - Règles d'optimisation de la simplification
  - Exemples
- II.4. COMPLÉMENTS SUR LES FONCTIONS ON ET NI

**COMMENTAIRES**

On se limitera à des fonctions d'au plus cinq variables.

Donner le tableau récapitulatif des opérateurs logiques.

Présenter l'étude de quelque systèmes industriels et en particulier les applications de base en logique combinatoire (Codeur, décodeur, multiplexeur, transcodeur ...)



**CHAPITRE 2****HORAIRE RECOMMANDÉ : 12 HEURES****SYSTÈMES SÉQUENTIELS ET MODÈLE GRAFCET****OBJECTIFS**

Les compétences acquises doivent permettre :

- d'identifier les systèmes séquentiels et de décrire leur fonctionnement
- d'étudier le mode marche et arrêt d'un système séquentiel
- de réaliser le schéma technologique correspondant
- d'élaborer les différents points de vue d'un GRAFCET.

**PROGRAMME****I. SYSTÈMES SÉQUENTIELS**

- I.1. DÉFINITION
- I.2. FONCTION BISTABLE
- I.3. BISTABLE À MARCHE PRIORITAIRE
- I.4. BISTABLE À ARRÊT PRIORITAIRE
- I.5. BISTABLE À MAINTIEN PRIORITAIRE
- I.6. BISTABLE À CHANGEMENT PRIORITAIRE
- I.7. BISTABLE RS

**II. GRAFCET**

- II.1. GÉNÉRALITÉS
- II.2. DÉFINITIONS GÉNÉRALES
  - Etape - action
  - Transition – Réceptivité
  - Liaisons orientées
- II.3. RÈGLES D'ÉVOLUTION D'UN GRAFCET
- II.4. COMPLÉMENTS SUR LE GRAFCET
  - Séquence unique
  - Saut d'étapes
  - Reprise de séquences
  - Sélection de séquences
  - Parallélisme structural
  - Représentation des événements
  - Temporisation
  - Synchronisation de deux grafjets
  - Macro – Etape (ME)

**COMMENTAIRES**

On commence par mettre en évidence la différence entre un système combinatoire et un système séquentiel.

On insiste particulièrement sur l'obtention d'un effet mémoire

Seul le cas des bistables asynchrones est à considérer.

Les études de cas sont menées au travers d'études de systèmes industriels.

L'interprétation algorithmique du GRAFCET est hors programme.

**CHAPITRE 3****HORAIRE RECOMMANDÉ : 38 HEURES****SYSTÈMES LINEAIRES CONTINUS ET INVARIANTS****OBJECTIFS**

A partir d'un système linéaire continu et invariant (mécanique, électrique, thermique, hydraulique ou autre), les compétences acquises doivent permettre de :

- maîtriser les représentations fréquentielles
- construire la fonction de transfert modélisant le comportement d'un système asservi.
- Analyser la stabilité d'un système asservi
- Choisir le correcteur qui convient le mieux pour une application donnée.

**PROGRAMME****I. GÉNÉRALITÉS****II. SYSTÈMES LINÉAIRES CONTINUS ET INVARIANTS**

## II.1. DÉFINITION

## II.2. SIGNAUX CANONIQUES (TESTS)

- Impulsion de Dirac
- Echelon
- Rampe
- Sinusoïde

## II.3. REPRÉSENTATIONS FRÉQUENTIELLES

- Nyquist
- Bode
- Black

**III. TRANSFORMATION DE LAPLACE**

## III.1. DÉFINITION

## III.2. PROPRIÉTÉS PRINCIPALES DE LA T.L

- Linéarité
- Différentiation
- Intégration
- Théorème du retard
- Théorèmes de la valeur initiale et de la valeur finale
- T.L des fonctions périodiques

## III.3. TRANSFORMÉES DES FONCTIONS USUELLES

- \* Impulsion de Dirac
- \* Echelon
- \* Rampe

**IV. SCHÉMAS FONCTIONNELS ET LEURS TRANSFORMATIONS**

## IV.1. FONCTION DE TRANSFERT

- Transmittance opérationnelle
- Transmittance harmonique

- IV.2. SCHÉMA FONCTIONNEL
- IV.3. RÈGLES DE SIMPLIFICATION
  - Association en cascade
  - Association en parallèle
  - Réduction des boucles
    - \* Transmittance en boucle ouverte
    - \* Transmittance en boucle fermée
    - \* Transmittance de l'erreur
- IV.4. PRISE EN COMPTE DES PERTURBATIONS

## V. ANALYSE TEMPORELLE DES SYSTÈMES LINÉAIRES FONDAMENTAUX

- V.1. SYSTÈME À ACTION PROPORTIONNELLE
  - Définition
  - Réponse indicielle
- V.2. SYSTÈME INTÉGRATEUR
  - Définition
  - Réponse indicielle
- V.3. SYSTÈME FONDAMENTAL DU PREMIER ORDRE
  - Définition
  - Réponse impulsionnelle
  - Réponse indicielle
- V.4. SYSTÈME FONDAMENTAL DU SECOND ORDRE
  - Définition
  - Réponse indicielle
    - \* Régime apériodique
    - \* Régime pseudo – périodique

## VI. ANALYSE HARMONIQUE DES SYSTÈMES LINÉAIRES FONDAMENTAUX

- VI.1. SYSTÈME À ACTION PROPORTIONNELLE
  - Nyquist
  - Bode
- VI.2. SYSTÈME INTÉGRATEUR
  - Nyquist
  - Bode
- VI.3. SYSTÈME FONDAMENTAL DU PREMIER ORDRE
  - Nyquist
  - Bode
- VI.4. SYSTÈME FONDAMENTAL DU SECOND ORDRE
  - Nyquist
  - Bode
  - Paramètres caractéristiques
    - \* pulsation de résonance
    - \* facteur de résonance
    - \* pulsation de coupure
    - \* bande passante

**VII. STABILITÉ D'UN SYSTÈME ASSERVI**

- VII.1. INTRODUCTION
- VII.2. CONDITION DE STABILITÉ
- VII.3. MÉTHODE ALGÈBRE : CRITÈRE DE ROUTH
- VII.4. MÉTHODE GRAPHIQUE : CRITÈRE DU REVERS
- VII.5. MARGES DE STABILITÉ
  - marge de gain
  - marge de phase

**VIII. PRÉCISION DES SYSTÈMES ASSERVIS**

- VIII.1. ERREUR EN RÉGIME PERMANENT
  - erreur indicielle
  - erreur de traînage
  - erreur en accélération
- VIII.2. INFLUENCE DES PERTURBATIONS

**IX. CORRECTION DES SYSTÈMES ASSERVIS**

- IX.1. NÉCESSITÉ DE LA CORRECTION
- IX.2. DIVERS MODES DE CORRECTION
  - Proportionnelle (P)
  - Dérivée (D)
  - Intégrale (I)
  - Proportionnelle et Dérivée (PD)
  - Proportionnelle et Intégrale (PI)
  - Proportionnelle, Intégrale et Dérivée (PID)
- IX.3. REJET DE PERTURBATIONS

**COMMENTAIRES**

On met en évidence la nécessité de l'asservissement pour stabiliser le système.

Les critères de stabilité sont à considérer dans le plan de Bode.

- Expliquer comment une action proportionnelle assure la stabilité d'un système.
- Montrer que l'action intégrale permet d'annuler l'erreur statique.
- Le calcul et le tracé du module et de la phase de la fonction de transfert pour une entrée harmonique doivent être maîtrisés.
- On montre l'importance du plan de Bode dans le passage boucle ouverte, boucle fermée.
- On illustre l'amélioration des performances apportées par la fermeture de la boucle.
- Du point de vue représentation, seul le diagramme de Bode est développé (les diagrammes de Nyquist et de Black ne sont présentés qu'à titre indicatif).

**CHAPITRE 6****HORAIRE RECOMMANDÉ : HEURES****ORGANES DE TRANSMISSION DE PUISSANCE****OBJECTIFS**

Identifier , choisir , définir ou compléter un organe de transmission de puissance.

**PROGRAMME****I. ACCOUPLEMENT**

- I.1 Fonction
- I.2 Classification
- I.3 Critère de choix

**II. EMBRYAGES**

- II.1 Fonction
- II.2 Classification
- II.3 Systèmes de commandes des embrayages
- II.4 Couple transmissible

**III. FREINS**

- III.1 Fonction
- III.2 Classification
- III.3 Couple de freinage
- III.4 Système de commandes de frein

**IV. LIENS FLEXIBLES**

- IV.1 Fonction
- IV.2 Classification (courroies et chaines)
- IV.3 Etude cinématique
- IV.4 Tension de pose

**V. COMMENTAIRES**

- Pour le choix des accouplements se référer a une documentation technique.
- Des applications sur les embrayages et les freins doivent traiter des cas de mécanismes réels.
- L'étude cinématique se limitera au calcul de rapport de vitesse.

## **TRANSMETTEURS DE PUISSANCE**

### **OBJECTIFS**

Identification , étude technologique et étude cinématiques d'un transmetteur de puissance .

### **PROGRAMME**

#### **I. REDUCTEUR DE VITESSE**

- I.1 Fonction
- I.2 Classification (axe fixe , axe mobil)
- I.3 Etude cinématique
- I.4 Choix

#### **II. BOITES DE VITESSES**

- II.1 Fonction
- II.2 Classification
- II.3 Etude cinématique
- II.4 Choix

#### **III. VARIATEURS DE VITESSES**

- III.1 Fonction
- III.2 Différents types de variateurs
- III.3 Etude cinématique

#### **IV COMMENTAIRES**

- On se limitera pour l'étude cinématique aux rapport de vitesses.
- Pour la formule de WILLIS la démonstration n'est pas demandée.