

**CHAPITRE 0****HORAIRE RECOMMANDÉ : 8 HEURES****ETUDE DES SYSTÈMES****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. ANALYSE FONCTIONNELLE DÉSCENDANTE**

MISE EN ŒUVRE DE L'OUTIL SADT

**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,)

L'outil FAST n'est pas au programme.

## CHAPITRE 1

HORAIRE RECOMMANDÉ : 8 HEURES

# REPRESENTATION 2D

## OBJECTIFS

Etre capable de représenter et de définir une pièce ou un ensemble mécanique.

**Prérequis :** Normalisation des traits.

## PROGRAMME

### I. NORMALISATION

Rappels (formats, traits, échelles, ...)

### II. PROJECTION ORTHOGONALE.

II.1. DÉFINITION ( PLAN DE PROJECTION, PIÈCE, OBSERVATEUR ).

II.2. DISPOSITION DES VUES ( CUBE DE PROJECTION ).

II.3. TRACÉ DES INTERSECTIONS USUELLES.

*II.3.1. Intersections plan/plan*

*II.3.2. Intersections cylindre/plans.*

*II.3.3. Intersections cylindre/cylindre : à axes  $\perp$  et coplanaires de même diamètres et de diamètres différents*

*II.3.4. Représentation des surfaces filetées*

### III. COUPE - SECTIONS

III.1. COUPE SIMPLE.

III.2. DEMI COUPE

III.3. COUPE À PLANS PARALLÈLES

III.4. SECTIONS (SORTIES, RABATTUES)

III.5. COUPE LOCALE

### IV. COTATION DIMENSIONNELLE

## COMMENTAIRES

Les cotations géométriques et fonctionnelles ainsi que le tolérancement ne sont pas au programme.

Les applications doivent porter sur des pièces extraites de dessins d'ensembles.

**CHAPITRE 2**

**HORAIRE RECOMMANDÉ : 4 HEURES**

**REPRESENTATION 3D**

**OBJECTIFS**

- Etre capable de représenter une pièce mécanique en perspective cavalière et en perspective isométrique.
- Etre capable de représenter une pièce par des perspectives en coupe.

**PROGRAMME**

**I. LA PERSPECTIVE CAVALIÈRE " PROJECTION OBLIQUE "**

- I.1. DÉFINITION ET BUT
- I.2. CONVENTIONS ( ÉCHELLE DE RÉDUCTION , ANGLE ET DIRECTIONS DES FUYANTES )
- I.3. REPRÉSENTATIONS DU CONTOUR CIRCULAIRE

**II. LA PERSPECTIVE ISOMÉTRIQUE " PROJECTION ORTHOGONALE "**

- II.1. DÉFINITION ET BUT
- II.2. CONVENTIONS ( ÉCHELLES DE RÉDUCTIONS , ANGLES DES FUYANTES )
- II.3. REPRÉSENTATION DU CONTOUR CIRCULAIRE

**COMMENTAIRES**

Les applications doivent porter sur des pièces extraites de dessins d'ensembles.

**CHAPITRE 3**

**HORAIRE RECOMMANDÉ : 4 HEURES**

**ELEMENTS NORMALISES**

**OBJECTIFS**

Etre capable de désigner, d'identifier et de représenter un élément normalisé.

**PROGRAMME**

**I. ELÉMENTS FILETÉS.**

- I.1. TYPES: VIS, GOUJON, ECROU
- I.2. REPRÉSENTATION NORMALISÉE
- I.3. DÉSIGNATION

**II. RONDELLES**

- II.1. TYPES
- II.2. DÉSIGNATION - REPRÉSENTATION

**III. CLAVETTES.**

- III.1. CLAVETTES PARALLÈLES ORDINAIRES ( FORME A, FORME B, FORME C ).
- III.2. CLAVETTES DISQUES.
- III.3. DÉSIGNATION.

**IV. GOUPILLES**

- IV.1. TYPES
- IV.2. DÉSIGNATION - REPRÉSENTATION

**V. ANNEAUX ÉLASTIQUES.**

- V.1. TYPES
- V.2. DÉSIGNATION - REPRÉSENTATION

**VI. REPRÉSENTATION DES ROUES DENTÉES (CYLINDRIQUES À DENTURE DROITE)**

**VII. REPRÉSENTATION DES ROULEMENTS (ROULEMENTS BC)**

**COMMENTAIRES**

A partir d'un dessin d'ensemble des parenthèses peuvent être ouvertes pour mettre en relief l'emploi, la normalisation et la désignation des éléments énumérés ci dessus.

**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. APPLICATION SYMÉTRIQUE ET ANTISYMÉTRIQUE**

- I.1. DÉFINITION ET THÉORÈME
- I.2. PROPRIÉTÉS DES APPLICATIONS ANTISYMÉTRIQUES

**II. CHAMP DE VECTEURS ANTISYMÉTRIQUES****III. LES TORSEURS**

- III.1. DÉFINITION
- III.2. INVARIANTS SCALAIRE ET VECTORIEL D'UN TORSEUR
- III.3. EQUIPROJECTIVITÉ
- III.4. OPÉRATIONS SUR LES TORSEURS
  - III.4.1. Somme des torseurs
  - III.4.2. Egalité de deux torseurs
  - III.4.3. Produit (ou Comoment) de deux torseurs
  - III.4.4. Dérivation des torseurs
- III.5. AXE CENTRAL D'UN TORSEUR
  - Equation vectorielle (*l'équation analytique n'est pas au programme*)
- III.6. TORSEURS PARTICULIERS
  - III.6.1. Torseur Nul
  - III.6.2. Torseur Couple
  - III.6.3. Torseur Glisseur
- III.7. DÉCOMPOSITION D'UN TORSEUR
  - III.7.1. Décomposition en deux glisseurs
  - III.7.2. Décomposition centrale en la somme d'un couple et d'un glisseur
- III.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 LA 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. DETERMINATION 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 en classe 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 d'appliquer le P.F.S. et de déterminer les inconnues statiques 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 insister 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 : 6 HEURES

**GÉOMÉTRIE DES MASSES****OBJECTIFS**

Les compétences acquises doivent permettre de :

- déterminer le centre d'inertie d'un système de solides indéformables,
- 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,

**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 7****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 8**

**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 9**

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



**CHAPITRE 0**

**HORAIRE RECOMMANDÉ : 1 HEURES**

**INTRODUCTION A L'AUTOMATIQUE**

**OBJECTIFS**

Cette partie a pour but la présentation de l'automatique, de ses domaines d'application, de son but, 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**
  - III.1. SYSTÈMES COMBINATOIRES
  - III.2. SYSTÈMES SÉQUENTIELS
  - III.3. 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 : 5 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
- Identifier un système combinatoire
- Exprimer le fonctionnement par un ensemble d'équations logiques
- Optimiser la représentation logique par simplification.

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

- I.1. VARIABLES ET POSTULATS DE BOOLE
- I.2. SPÉCIFICATION D'UNE FONCTION BOOLÉENNE
- I.3. FONCTIONS LOGIQUES DE BASE
- I.4. FONCTIONS LOGIQUES UNIVERSELLES

**II. SIMPLIFICATION DES FONCTIONS LOGIQUES**

- II.1. INTRODUCTION
- II.2. MÉTHODE DE KARNAUGH
  - II.2.1. *Présentation*
  - II.2.2. *Simplification*
  - II.2.3. *Règles d'optimisation de la simplification*

**COMMENTAIRES**

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

Donner le tableau récapitulatif des opérateurs logiques.

**CHAPITRE 2****HORAIRE RECOMMANDÉ : 6 HEURES****SYSTÈMES SÉQUENTIELS ET MODÈLE GRAFCET****OBJECTIFS**

Les compétences acquises doivent permettre :

- d'identifier les systèmes séquentiels
- 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 D'UN SYSTÈME SÉQUENTIEL

I.2. DÉFINITION DE LA FONCTION MÉMOIRE

**II. GRAFCET**

II.1. GÉNÉRALITÉS

II.2. DÉFINITIONS GÉNÉRALES

*II.2.1. Etape - action**II.2.2. Transition – Réceptivité**II.2.3. Liaisons orientées*

II.3. RÈGLES D'ÉVOLUTION D'UN GRAFCET

II.4. COMPLÉMENTS SUR LE GRAFCET

*II.4.1. Saut d'étapes**II.4.2. Séquence unique**II.4.3. Reprise de séquences**II.4.4. Sélection de séquences**II.4.5. Parallélisme structural**II.4.6. Représentation des évènements**II.4.7. Temporisation**II.4.8. Synchronisation de deux grafjets**II.4.9. Macro-étape (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.

L'interprétation algorithmique du GRAFCET est hors programme.

**CHAPITRE 3****HORAIRE RECOMMANDÉ : 24 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 la représentation de Bode
- construire la fonction de transfert modélisant le comportement d'un système asservi
- analyser la stabilité d'un système asservi

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

- I.1. DÉFINITION
- I.2. SIGNAUX CANONIQUES (TESTS)
  - I.2.1. *Impulsion de Dirac*
  - I.2.2. *Echelon*
  - I.2.3. *Rampe*
  - I.2.4. *Sinusoïde*
- I.3. REPRÉSENTATIONS FRÉQUENTIELLES
  - I.3.1. *Nyquist*
  - I.3.2. *Bode*
  - I.3.3. *Black*

**II. TRANSFORMATION DE LAPLACE**

- II.1. DÉFINITION
- II.2. PROPRIÉTÉS PRINCIPALES DE LA T.L.
  - II.2.1. *Linéarité*
  - II.2.2. *Différentiation*
  - II.2.3. *Intégration*
  - II.2.4. *Théorème du retard*
  - II.2.5. *Théorèmes de la valeur initiale et de la valeur finale*
  - II.2.6. *T.L des fonctions périodiques*
- II.3. TRANSFORMÉES DES FONCTIONS USUELLES
  - II.3.1. *Impulsion de Dirac*
  - II.3.2. *Echelon*
  - II.3.3. *Rampe*

**III. SCHÉMAS FONCTIONNELS ET LEURS TRANSFORMATIONS**

- III.1. FONCTION DE TRANSFERT
  - III.1.1. *Transmittance opérationnelle*
  - III.1.2. *Transmittance harmonique*
- III.2. SCHÉMA FONCTIONNEL
- III.3. RÈGLES DE SIMPLIFICATION

III.3.1. Association en cascade

III.3.2. Association en parallèle

III.3.3. Réduction des boucles

- \* Transmittance en boucle ouverte
- \* Transmittance en boucle fermée
- \* Transmittance de l'erreur

III.4. PRISE EN COMPTE DES PERTURBATIONS

#### IV. ANALYSE TEMPORELLE DES SYSTÈMES LINÉAIRES FONDAMENTAUX

IV.1. SYSTÈME FONDAMENTAL DU PREMIER ORDRE

IV.1.1. Définition

IV.1.2. Réponse indicielle

IV.2. SYSTÈME FONDAMENTAL DU SECOND ORDRE

IV.2.1. Définition

IV.2.2. Réponse indicielle

- \* Régime apériodique
- \* Régime pseudo – périodique

#### V. ANALYSE HARMONIQUE DES SYSTÈMES LINÉAIRES FONDAMENTAUX

V.1. SYSTÈME FONDAMENTAL DU PREMIER ORDRE

V.2. SYSTÈME FONDAMENTAL DU SECOND ORDRE

V.2.1. Représentation de Bode

V.2.2. Paramètres caractéristiques

- \* pulsation de résonance
- \* facteur de résonance
- \* pulsation de coupure
- \* bande passante

#### VI. STABILITÉ ET PRÉCISION D'UN SYSTÈME ASSERVI

VI.1. INTRODUCTION

VI.2. CONDITION DE STABILITÉ

VI.3. MÉTHODE ALGÈBRE : CRITÈRE DE ROUTH

VI.4. MÉTHODE GRAPHIQUE : CRITÈRE DU REVERS

VI.5. MARGES DE STABILITÉ

VI.5.1. marge de gain

VI.5.2. marge de phase

VI.6. PRÉCISION DES SYSTÈMES ASSERVIS

#### VII. CORRECTION DES SYSTÈMES ASSERVIS

VII.1. NÉCESSITÉ DE LA CORRECTION

VII.2. DIVERS MODES DE CORRECTION

VII.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 (Nyquist et Black ne sont présentés qu'à titre indicatif).