

<p>IV.8.2.3- Correction Proportionnelle Intégrale (P.I)</p> <p>IV.8.2.4- Correction Proportionnelle Dérivée (P.D)</p> <p>IV.8.2.5- Correction Proportionnelle Intégrale Dérivée (PID)</p> <p>IV.8.3- Rejet de perturbations</p>	<p>corrections et leurs réglages.</p> <p>AUTRES TYPES DE CORRECTIONS : Correction par « compensation de pôles » ; Correction par boucle interne (correction tachymétrique) ...</p> <p>Découverte en T.P. d'une implémentation numérique d'un système asservi à partir d'un calculateur (C.A.N., C.N.A., période d'échantillonnage).</p>	
---	---	--

FILIERE Technologique

MODULE 1 : MECANIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES ET RESISTANCE DES MATERIAUX

I. INTRODUCTION	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	2 H	1^{ère} année	S1
<p>Objectifs généraux</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Etudier un système dans sa globalité : Analyse du besoin, cahier des charges, fonctions de service, ... ❖ Savoir analyser une situation en vue de satisfaire les fonctions de services ; ❖ Préciser l'intérêt de la mécanique des solides indéformables dans la conception d'un système technique. 			
CONTENU	COMMENTAIRES		DUREE RECOMMANDEE
<p>INTRODUCTION Cadre et objectifs de l'étude des STA.</p>	<p>Analyse du besoin, fonctions de service, cahier des charges, ...</p>		2 H

II. MODELISATION ET PARAMETRAGE DES SYSTEMES MECANIQUES	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	7 H	1^{ère} année	S1
<p>Objectifs généraux</p> <p>Modéliser ou identifier les performances cinématiques des systèmes (ou mécanismes).</p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Paramétrer la position d'un solide dans un mécanisme en mouvement simple par rapport à un référentiel ; ❖ Identifier le paramétrage d'une liaison élémentaire ; ❖ Lire un schéma cinématique afin de comprendre le principe de fonctionnement ; ❖ Etablir le graphe des liaisons à partir d'un schéma cinématique ; ❖ Etablir les relations scalaires indépendantes qui découlent de la condition géométrique de la fermeture des chaînes cinématiques ; ❖ Déterminer la loi "Entrée-Sortie". 			
CONTENU	COMMENTAIRES	DUREE RECOMMANDEE	
<p>II.1- NOTIONS DE SOLIDES INDEFORMABLES</p> <p>II.2- PARAMETRAGE DE LA POSITION D'UN SOLIDE PAR RAPPORT A UN REPERE</p> <p>II.2.1- Référentiel (espace, temps)</p> <p>II.2.2- Equivalence entre repère et solide indéformable</p> <p>II.2.3- Paramétrage de la position de l'origine du repère lié au solide</p> <p>II.2.4- Paramétrage de l'orientation de la base du repère lié au solide (Les angles de Cardan et d'Euler)</p>	<p>Il est préférable de faire, avec les étudiants, une ou deux applications de paramétrage d'un système de solides limité aux liaisons pivot et glissière.</p> <p>Par la suite, dans toutes les applications relatives à un système de solides, le paramétrage sera donné.</p> <p>Les applications porteront autant que possible sur des systèmes réels.</p>	2 H	
II.3- LIAISONS NORMALISEES ENTRE SOLIDES (CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES)		2 H	
II.4- PARAMETRAGE D'UN SYSTEME DE SOLIDES		1 H 30	
II.5- LECTURE D'UN SCHEMA CINEMATIQUE : ELABORATION DU GRAPHE DES LIAISONS ; LOI "ENTREE SORTIE"		1 H 30	

III. CINEMATIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	18 H	1^{ère} année	S1 et S2
<p>Objectifs généraux</p> <p>Prévoir et vérifier les performances cinématiques des systèmes mécaniques</p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Exploiter la dérivation vectorielle ; ❖ Déterminer le vecteur vitesse d'un point d'un solide par rapport à un autre solide ; ❖ Déterminer le torseur cinématique d'un solide en mouvement par rapport à un autre solide et identifier le type de mouvement ; ❖ Ecrire, dans le cas d'une chaîne fermée, la loi entrée sortie et les relations scalaires indépendantes qui découlent de la fermeture cinématique de la chaîne cinématique ; ❖ Déterminer 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 et utiliser les outils de la cinématique graphique pour caractériser le mouvement d'un solide ; ❖ Déterminer le vecteur accélération d'un point d'un solide par rapport à un autre solide ; ❖ Discuter les résultats obtenus par rapports aux fonctions de services énoncés dans le cahier des charges. 			
CONTENU	COMMENTAIRES	DUREE RECOMMANDEE	
<p>III.1- DETERMINATION DES VECTEURS VITESSES INSTANTANEEES DE ROTATION ; FORMULE FONDAMENTALE DE LA DERIVATION VECTORIELLE ; PASSAGE D'UNE BASE DE REFERENCE A UNE BASE MOBILE ; APPLICATIONS</p> <p>III.2- CINEMATIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES</p> <p>III.2.1- Appartenance réelle ou fictive d'un point à un solide</p> <p>III.2.2- Vecteur vitesse d'un point supposé appartenant à un solide</p> <p>III.2.3- Champ de Vecteurs vitesses des points d'un solide</p>	<p>Dans toutes les applications relatives à un système de solides le paramétrage sera défini par l'enseignant.</p> <p>Exemples d'application à traiter en classe :</p> <ul style="list-style-type: none"> * Système de transformation de mouvement (bielle-manivelle, vis-écrou, etc.) ; * Robots (composition de mouvement) ; * Roulement avec et sans glissement entre deux roues à axes parallèles ; * Des réducteurs de vitesses à engrenages à axes parallèles ou concourants ; * Mécanisme à quatre barres ; ... 	4 H / S1	

<p>III.2.4- Torseur cinématique (définition, axe central ou axe de vissage, somme des torseurs, torseurs particuliers)</p> <p>III.2.5- Forme canonique des torseurs cinématiques des liaisons normalisées, Torseur cinématique équivalent de deux liaisons</p> <p>III.2.6- Composition des torseurs cinématiques (composition des vitesses de translation et des rotations)</p> <p>III.2.7- Méthodes de détermination de la vitesse d'un point d'un solide</p> <p>III.2.8- Champ des vecteurs accélérations d'un solide</p> <p>III.2.9- Composition des vecteurs accélérations</p>		7 H / S2
<p>III.3- CINEMATIQUE DES SOLIDES EN CONTACT</p> <p>III.3.1. Roulement</p> <p>III.3.2. Pivotement</p> <p>III.3.3. Glissement</p> <p>III.3.4. Condition de Non Glissement</p>	<p>Insister sur l'utilité de la méthode graphique sur des systèmes réels (des pièces à l'échelle sont à utiliser).</p> <p>Résoudre complètement des problèmes cinématiques en combinant équiprojectivité, triangle des vitesses et CIR</p>	3 H 30 / S2
<p>III.4- MOUVEMENT PLAN SUR PLAN (CINEMATIQUE PLANE)</p> <p>III.4.1. Définition</p> <p>III.4.2. Centre Instantané de Rotation</p> <p>III.4.3. Cinématique graphique (équiprojectivité et triangle des vitesses)</p> <p>III.4.4. Recherche géométrique du Centre Instantané de Rotation</p> <p>III.4.5. Mouvement plan sur plan : Cas de trois plans</p>		3 H 30 / S2

IV. STATIQUE DES SOLIDES	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	15 H	1^{re} année	S2
<p>Objectifs généraux</p> <p>Modéliser, prévoir et vérifier les performances statiques des systèmes mécaniques</p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Déterminer le torseur relatif à un pointeur (vecteur lié) ou un glisseur (vecteur glissant) et une somme de vecteurs caractérisant des charges concentrées. Maîtriser la notion du bras de levier ; ❖ Déterminer le torseur représentatif d'un couple et constater son indépendance vis-à-vis du point de réduction ; ❖ Déterminer la densité d'un chargement réparti ; Savoir la représenter par un torseur ; Déterminer le torseur représentatif de l'ensemble du chargement réparti ; Interpréter géométriquement ce type de chargement sur des cas simples ; ❖ Déterminer le torseur des actions mécaniques transmissibles par une liaison élémentaire parfaite ou avec frottement de glissement ; ❖ Tracer le graphe d'analyse statique du mécanisme (graphe des liaisons avec les actions mécaniques extérieures exercées sur le mécanisme) ; ❖ Identifier le nombre de sous-systèmes indépendants à isoler ; ❖ Identifier le nombre d'équations algébriques à écrire (modélisation spatiale et plane) ; ❖ Isoler un à un chacun des sous-systèmes indépendants ; Identifier son extérieur ; Faire l'inventaire des actions mécaniques extérieures exercées sur chaque sous-système ; ❖ Ecrire, en leurs points d'application, les torseurs de toutes les actions mécaniques extérieures exercées sur le sous-système isolé ; puis les transférer en un même point donné ; ❖ Déterminer, au point choisi, le torseur résultant de toutes les actions mécaniques extérieures exercées sur le sous-système isolé ; ❖ Appliquer le PFS à tous les sous-systèmes indépendants jusqu'à la détermination complète des composantes statiques inconnues au niveau des liaisons entre les différents solides du mécanisme ; ❖ Traiter des cas d'arc-boutement, de maintien de contact et du basculement comme applications ; ❖ Exploiter et interpréter les résultats obtenus (Discuter les résultats obtenus par rapports aux fonctions de services énoncés dans le cahier des charges). 			
CONTENU	COMMENTAIRES	DUREE RECOMMANDEE	
<p>IV.1- MODELISATION DES ACTIONS MECANIQUES</p> <p>IV.1.1-Définition, Classification et premier principe de la statique</p> <p>IV.1.2-Modélisation des actions mécaniques, torseur statique équivalent de deux liaisons</p> <p>IV.1.3-Charges concentrées (Forces concentrées et Couples)</p> <p>IV.1.4-Action de la pesanteur et Action d'un moteur</p> <p>IV.2- ACTIONS MECANIQUES REPARTIES ; DENSITE DE CHARGE ; APPLICATION A UN CHARGEMENT UNIFORME</p>		3 H	

<p>IV.3- ACTIONS MECANQUES TRANSMISSIBLES ; LIAISON PARFAITE (SANS FROTTEMENT)</p> <p>IV.3.1-Dualité du torseur des actions mécaniques transmissibles et du torseur cinématique (comoment)</p> <p>IV.3.2-Frottement de Glissement - Lois de Coulomb</p> <p>IV.3.3-Hypothèse de la symétrie plane</p>	<p>Les moments répartis ne doivent pas être traités.</p> <p>Le frottement de Pivotement, et de Roulement sont hors programme.</p>	<p>4 H</p>
<p>IV.4- STATIQUE DES SOLIDES</p> <p>IV.4.1-Equilibre d'un solide ou d'un système de solides</p> <p>IV.4.2-Enoncé du Principe fondamental de la statique et des théorèmes généraux de la statique</p> <p>IV.4.3-Théorème des actions mutuelles</p> <p>IV.4.4-Cas particulier de l'équilibre d'un solide soumis à l'action de 2 ou 3 glisseurs, résolution par la méthode graphique : équilibre d'un solide soumis à l'action de 2 ou 3 forces coplanaires</p>	<p>Insister sur le fait que si un solide est à l'équilibre sous l'action de deux forces, celles-ci doivent être alignés, des systèmes à barres simples pourront être traités.</p> <p>Insister sur le fait que si un solide est à l'équilibre sous l'action de trois forces, celles-ci doivent être parallèles où concourantes, des systèmes à barres simples pourront être traités.</p> <p>Insister sur l'utilité de la méthode graphique sur des systèmes réels (des pièces à l'échelle sont à utiliser)</p>	<p>8 H</p>

V. GEOMETRIE DES MASSES	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	5 H	2^{ème} année	S1
<p>Objectifs généraux</p> <p>Modéliser et/ou identifier l'opérateur d'inertie d'un solide indéformable</p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Déterminer le centre d'inertie d'un solide continu et d'un système composé d'un ensemble de solides continus ❖ Déterminer la matrice d'inertie d'un solide en un point quelconque ❖ Identifier un repère principal d'inertie (symétries matérielles) ❖ Déterminer la matrice d'inertie des solides de forme géométrique obtenue à partir d'association de formes élémentaires ❖ Appliquer le théorème de Huygens et déterminer la matrice d'inertie d'un système composé d'un ensemble de solides continus 			
CONTENU	COMMENTAIRES	DUREE RECOMMANDEE	
<p>V.1- CENTRE D'INERTIE D'UN SOLIDE CONTINU (DE FORME ELEMENTAIRE) : DEFINITION ET INCIDENCE DE LA SYMETRIE MATERIELLE</p> <p>V.2- CENTRE D'INERTIE D'UN SOLIDE COMPOSE - FORMULE DU BARYCENTRE : DEFINITION ET INCIDENCE DE LA SYMETRIE MATERIELLE</p> <p>V.3- THEOREMES DE GULDIN : PREMIER THEOREME ; DEUXIEME THEOREME</p> <p>V.4- OPERATEUR D'INERTIE</p> <p>V.4.1- Moments, Produits, Matrice et opérateur d'inertie d'un solide continu.</p> <p>V.4.2- Influence de la symétrie matérielle. Moments et axes principaux d'inertie. Moment d'inertie par rapport à un axe quelconque passant par l'origine du repère.</p> <p>V.4.3- Théorème de Huygens généralisé</p> <p>V.5- MATRICE D'INERTIE D'UN SOLIDE COMPOSE. FORMULE DE CHANGEMENT DE BASE</p>	<p>Les définitions expressions générales sont associées à celles valables uniquement pour le solide indéformable.</p> <p>Les calculs des éléments d'Inertie (Matrice d'inertie / Centre d'Inertie) ne donnent pas lieu à évaluation.</p> <p>La relation entre la forme de la matrice d'Inertie et la géométrie de la pièce est exigible.</p>	5 H	

VI. CINETIQUE	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	6 H	2^{ème} année	S1
<p>Objectifs généraux</p> <p>Modéliser et/ou identifier les éléments cinétiques d'un solide et d'un ensemble de solides</p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Déterminer le torseur cinétique, le torseur dynamique et l'énergie cinétique d'un ensemble de solides en mouvement par rapport à un référentiel 			
CONTENU	COMMENTAIRES	DUREE RECOMMANDEE	
<p>VI.1- TORSEUR CINETIQUE OU TORSEUR DES QUANTITES DE MOUVEMENT</p> <p>VI.1.1- Définition</p> <p>VI.1.2- Expression de la résultante et du moment cinétiques d'un solide</p> <p>VI.1.3- Expression de la résultante et du moment cinétiques d'un ensemble de solides</p> <p>VI.2- TORSEUR DYNAMIQUE OU DES QUANTITES D'ACCELERATION</p> <p>VI.2.1- Définition</p> <p>VI.2.2- Expression de la résultante et du moment dynamiques d'un solide</p> <p>VI.2.3- Expression de la résultante et du moment dynamiques d'un ensemble de solides</p> <p>VI.3- ENERGIE CINETIQUE</p> <p>VI.3.1- Définition</p> <p>VI.3.2- Expression de l'énergie cinétique d'un solide</p> <p>VI.3.3- Expression de l'énergie cinétique d'un ensemble de solides</p> <p>VI.3.4- Inertie équivalente</p>	<p>Les applications doivent porter sur des cas réels.</p>	6 H	

VII. DYNAMIQUE DES SYSTEMES DE SOLIDES	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	7 H	2^{ème} année	S2
<p>Objectifs généraux</p> <p>Modéliser, prévoir et vérifier les performances dynamiques des systèmes mécaniques</p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Déterminer les inconnues de liaison ou les efforts extérieurs spécifiés dans le cas où le mouvement est imposé en appliquant le PFD ❖ Donner la loi du mouvement sous forme d'équations différentielles en appliquant le PFD ❖ Déterminer les conditions d'équilibrage d'un solide en rotation autour d'un axe fixe 			
CONTENU	COMMENTAIRES	DUREE RECOMMANDEE	
<p>VII.1- PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE</p> <p>VII.1.1- Enoncé du P.F.D.</p> <p>VII.1.2- Théorèmes généraux</p> <p>VII.1.3- Equation de mouvement</p> <p>VII.2- RAPPEL DU THEOREME DES ACTIONS MUTUELLES</p> <p>VII.3- APPLICATIONS</p> <p>VII.3.1- Solide en rotation autour d'un axe fixe</p> <p>VII.3.2- Conditions d'équilibrage statique et dynamique</p>	<p>L'application du PFD est par rapport à un repère galiléen.</p> <p>Il faut montrer aux étudiants que le PFS est un cas particulier du PFD.</p>	7 H	

VIII. ENERGETIQUE	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	6 H	2^{ème} année	S2
<p>Objectifs généraux</p> <p>Modéliser, prévoir et vérifier les performances énergétiques des systèmes mécaniques</p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Calculer la puissance développée par les actions au niveau des liaisons ❖ Calculer la puissance développée par les actions extérieures à un système en mouvement par rapport à un référentiel ❖ Déterminer les inconnues de liaison ou les efforts extérieurs spécifiés dans le cas où le mouvement est imposé en appliquant le TEC ❖ Donner la loi du mouvement sous forme d'équations différentielles dans le cas où les efforts extérieurs sont connus en appliquant le TEC 			
CONTENUS	COMMENTAIRES	DUREE RECOMMANDEE	
<p>VIII.1- PUISSANCE</p> <p>VIII.1.1- Puissance développée par une action mécanique extérieure à un solide ou un système de solides dans son mouvement par rapport à un repère</p> <p>VIII.1.2- Puissance développée par les actions mutuelles entre deux solides ou systèmes de solides</p> <p>VIII.1.3- Liaison parfaite entre deux solides</p> <p>VIII.1.4- Rendement énergétique</p> <p>VIII.2- ENERGIE POTENTIELLE</p> <p>VIII.2.1- Energie potentielle développée par une action mécanique extérieure à un solide ou un système de solides dans son mouvement par rapport à un repère</p> <p>VIII.2.1- Energie potentielle développée par les actions mutuelles entre deux solides ou systèmes de solides</p> <p>VIII.3- THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE (TEC)</p> <p>VIII.3.1- Cas d'un solide</p> <p>VIII.3.2- Cas d'un ensemble de solides</p> <p>VIII.3.2- Intégrale première de l'énergie cinétique</p>		6 H	

IX. RESISTANCE DES MATERIAUX	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	14 H	2^{ème} année	S2

Objectifs généraux

Modéliser, dimensionner et vérifier la résistance d'une poutre

L'étudiant doit être capable de :

- ❖ Dresser le bilan des actions mécaniques extérieures s'exerçant sur la poutre ;
- ❖ Appliquer le PFS à la poutre et résoudre le système d'équations qui en découle. Ainsi, déterminer complètement les composantes statiques inconnues au niveau des liaisons entre la poutre et son milieu extérieur ;
- ❖ Projeter sur les vecteurs de la base liée à la poutre les composantes correspondant aux différentes sollicitations (Effort Normal de traction-compression, Efforts tranchants, Moment de torsion et Moments de flexion)
- ❖ Définir les travées de coupure de la poutre ;
- ❖ Travée par travée, effectuer la coupure, isoler une partie, lui appliquer le PFS et déterminer le torseur de cohésion ;
- ❖ Tracer le diagramme des efforts intérieurs au long de la poutre et déterminer leurs valeurs maximales ;
- ❖ Vérifier la (ou les) condition(s) de résistance de la poutre ou déterminer ses dimensions transversales ;
- ❖ Déterminer la déformation de la poutre droite soumise à une sollicitation simple.

CONTENUS	COMMENTAIRES	DUREE RECOMMANDEE
IX.1- GENERALITES SUR LES POUTRES IX.1.1- Poutre droite IX.1.2- Définition IX.1.3- Hypothèses IX.1.4- Propriétés géométriques d'une section droite IX.1.4.1- Centre géométrique d'une surface plane IX.1.4.2- Moment statique d'une surface plane IX.1.4.3- Moment quadratique d'une surface plane IX.1.4.4- Moment quadratique polaire d'une surface plane IX.1.5- Principe Fondamental de la Statique appliqué à la poutre IX.1.5.1- Modélisation des actions mécaniques extérieures exercées sur la poutre IX.1.5.2- Application du Principe Fondamental de la Statique (PFS)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ On se limite aux poutres isostatiques ; ✓ Les caractéristiques géométriques des sections droites seront établies dans le cas de sections simples : circulaires et rectangulaires ; ✓ Les notations et les schématisations utilisées doivent être conformes à la norme en vigueur (en 3D ou en 2D) ; ✓ L'étude de la torsion ne doit être appliquée qu'à une poutre droite de section circulaire. 	14 H

IX.1.5.3- Résolution : Détermination des réactions aux appuis

IX.1.6- Torseur des efforts de cohésion interne

IX.1.6.1- Effort normal

IX.1.6.2- Effort tranchant

IX.1.6.3- Moment fléchissant

IX.1.6.4- Moment de torsion

IX.1.6.5- Relation entre effort tranchant et moment de flexion

IX.1.7- Diagramme des efforts intérieurs au long de la poutre

IX.1.8- Notion de contraintes

IX.1.8.1- Vecteur contrainte

IX.1.8.2- Contrainte normale

IX.1.8.3- Contrainte tangentielle

IX.2- SOLLICITATIONS SIMPLES

IX.2.1- Traction – Compression

IX.2.1.1- Essai de traction

IX.2.1.2- Contrainte normale

IX.2.1.3- Déformation

IX.2.1.4- Loi de comportement : Loi de Hooke

IX.2.1.5- Condition de résistance

IX.2.2- Cisaillement simple

IX.2.2.1- Contrainte de cisaillement

IX.2.2.2- Condition de résistance

IX.2.3- Flexion plane simple

IX.2.3.1- Contrainte normale due au moment de flexion

IX.2.3.2- Contrainte tangentielle due à l'effort tranchant

IX.2.3.3- Equation de la déformée

IX.2.3.4- Condition de résistance à la contrainte normale

IX.2.4- Torsion

IX.2.4.1- Déformation

IX.2.4.2- Contrainte tangentielle due au moment de torsion

IX.2.4.3- Condition de résistance
Condition de rigidité

MODULE 2 : AUTOMATIQUE

I. INTRODUCTION	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	2 H	1^{ère} année	S1
<p>Objectifs généraux</p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Analyser le fonctionnement d'un système automatique ; ❖ Extraire du cahier des charges les objectifs de l'automatisation et les performances désirées ; ❖ Identifier le système à commander et choisir la commande adéquate (logique ou asservi). 			
CONTENU	COMMENTAIRES	DUREE RECOMMANDEE	
<p>I.1- INTRODUCTION</p> <p>I.1.1- Définitions</p> <p style="padding-left: 20px;">I.1.1.1- Automatique</p> <p style="padding-left: 20px;">I.1.1.2- Automatismes</p> <p style="padding-left: 20px;">I.1.1.3- Système ou procédé</p> <p>I.1.2- Intérêts d'un système automatisé</p> <p>I.1.3- Structure d'un système d'automatisation</p> <p style="padding-left: 20px;">I.1.3.1- Partie commande ou chaîne d'informations (processeurs, mémoires, régulateurs, convertisseurs,...)</p> <p style="padding-left: 20px;">I.1.3.2- Pré actionneurs</p> <p style="padding-left: 20px;">I.1.3.3- Capteurs</p> <p style="padding-left: 20px;">I.1.3.4- Partie opérative ou chaîne d'énergie (actionneurs, transmetteurs, effecteurs,...)</p>	<p>Cette introduction ne nécessite aucune connaissance préalable : il s'agit d'une sensibilisation à l'automatique ;</p> <p>On présente les domaines d'application de l'automatisation ;</p> <p>On montre les différences entre les deux types de systèmes de commande : analogique (logique câblée) et numérique (logique programmée) ;</p> <p>La chaîne d'information contient la fonction « acquérir » (capteurs) ;</p> <p>La chaîne d'énergie contient la fonction « distribuer énergie » (pré actionneur).</p>	1 H	
<p>I.2- DIFFERENTS TYPES DE SYSTEMES AUTOMATISES</p> <p>I.2.1- Systèmes logiques</p> <p style="padding-left: 20px;">I.2.1.1- Combinatoires</p> <p style="padding-left: 20px;">I.2.1.2- Séquentiels</p> <p>I.2.2- Systèmes asservis</p> <p style="padding-left: 20px;">I.2.2.1- Continus</p> <p style="padding-left: 20px;">I.2.2.2- Discrets</p>	<p>On présente les différents types de systèmes en automatique à travers des exemples d'illustration.</p> <p>On explique le fonctionnement des deux commandes : logique (tout ou rien) et asservi.</p>	0 H 30	
<p>I.3- NOTION DE CAHIER DES CHARGES</p>	<p>Il faut mettre en lumière les étapes d'automatisation d'un système pluridisciplinaire.</p>	0 H 30	

II. SYSTEMES LOGIQUES COMBINATOIRES	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	12 H	1^{ère} année	S1
<p>Objectifs généraux</p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Identifier un système combinatoire ; ❖ Coder une information ; ❖ Décrire le fonctionnement du système par une table de vérité ; ❖ Exprimer le fonctionnement du système par un ensemble d'équations logiques ; ❖ Optimiser la représentation logique par simplification ; ❖ Représenter un logigramme et simuler son fonctionnement. 			
CONTENU	COMMENTAIRES	DUREE RECOMMANDEE	
<p>II.1- CODAGE DE L'INFORMATION</p> <p>II.1.1- Variables binaires</p> <p>II.1.2- Systèmes de numération</p> <p> II.1.2.1- Binaire</p> <p> II.1.2.2- Hexadécimal</p> <p>II.1.3- Codes binaires</p> <p> II.1.3.1- Naturel</p> <p> II.1.3.2- Réfléchi ou GRAY</p> <p> II.1.3.3- Décimal Codé Binaire (DCB)</p>	<p>On montre le principe de chaque codage binaire des chiffres décimaux.</p> <p>On précise les propriétés de chaque code binaire.</p>	2 H	
<p>II.2- FONCTIONS LOGIQUES</p> <p>II.2.1- Variable logique</p> <p>II.2.2- Opérateurs logiques</p> <p>II.2.3- Algèbre de Boole</p> <p> II.2.3.1- Définition</p> <p> II.2.3.2- Propriétés de base</p> <p> II.2.3.3- Théorèmes de Morgan</p> <p>II.2.4- Spécification d'une fonction logique</p> <p> II.2.4.1- Table de vérité</p> <p> II.2.4.2- Table de Karnaugh</p> <p>II.2.5- Expressions canoniques</p> <p> II.2.5.1- Somme de produits ($\Sigma\pi$)</p> <p> II.2.5.2- Produit de sommes ($\pi\Sigma$)</p> <p>II.2.6- Fonctions logiques incomplètement spécifiées</p> <p> II.2.6.1- Définition</p> <p> II.2.6.2- Etat indifférent</p> <p> II.2.6.3- Application</p>	<p>On se limitera à des fonctions d'au plus cinq variables.</p> <p>Donner le tableau récapitulatif des opérateurs logiques.</p> <p>Utiliser les états indifférents.</p>	4 H	

<p>II.3- SIMPLIFICATION DES EXPRESSIONS DES FONCTIONS LOGIQUES</p> <p>II.3.1- Méthode algébrique II.3.2- Méthode de Karnaugh II.3.2.1- Présentation II.3.2.2- Règles d'optimisation de la simplification II.3.2.3- Formes minimales $\Sigma\pi$ et $\pi\Sigma$ II.3.2.4- Cas des fonctions incomplètement spécifiées</p>	<p>On présente la démarche de résolution d'un problème de logique combinatoire (cahier de charges, table de vérité, simplification, logigramme, etc.)</p>	<p>2 H</p>
<p>II.4- ETUDE DE QUELQUES SYSTEMES COMBINATOIRES</p> <p>II.4.1- Codeurs / Décodeurs II.4.2- Transcodeurs II.4.3- Afficheurs II.4.4- Multiplexeurs / Démultiplexeurs</p>	<p>Etudier quelques systèmes logiques combinatoires : Codeur, décodeur, transcodeur, capteur logique incrémentale, afficheur, tec...</p> <p>Résoudre un problème de logique combinatoire (cahier de charges, table de vérité, simplification, logigramme, etc.)</p>	<p>4 H</p>

<p>III. SYSTEMES SEQUENTIELS ET MODELE GRAFCET</p>	<p>VOLUME HORAIRE RECOMMANDE</p>	<p>NIVEAU</p>	<p>SEMESTRE</p>
	<p>14 H</p>	<p>1^{ère} année</p>	<p>S1</p>
<p>Objectifs généraux</p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Identifier les systèmes séquentiels ; ❖ Elaborer les trois niveaux d'un GRAFCET ; ❖ Appliquer les cinq règles d'évolution du GRAFCET ; ❖ <u>Respecter la normalisation internationale CEI récente d'un GRAFCET.</u> 			
<p>CONTENU</p>	<p>COMMENTAIRES</p>		<p>DUREE RECOMMANDEE</p>
<p>III.1- SYSTEMES SEQUENTIELS</p> <p>III.1.1- Définition d'un système séquentiel III.1.2- Définition de la fonction mémoire</p>	<p>Mettre en évidence la différence entre un système combinatoire et un système séquentiel ;</p> <p>Insister particulièrement sur l'obtention d'un effet mémoire ;</p> <p>Donner un exemple de réalisation d'une mémoire.</p>		<p>2 H</p>
<p>III.2- MODELE GRAFCET</p> <p>III.2.1- Introduction III.2.2- Eléments de base du GRAFCET III.2.2.1- Etape (initiale, situation du GRAFCET, bit d'état d'une étape X)</p>	<p>Distinguer entre les variables d'entrée et de sortie aux niveaux des réceptivités et des actions.</p> <p>Montrer les avantages d'une commande hiérarchisée.</p>		<p>12 H</p>

<p>III.2.2.2- Actions (continue, conditionnelle, temporisée, mémorisée, impulsionnelle)</p> <p>III.2.2.3- Transition</p> <p>III.2.2.4- Réceptivités (à niveau, à front, temporisée, mémoire d'étape, toujours vraie, de comptage)</p> <p>III.2.2.5- Liaisons orientées</p> <p>III.2.3- Règles d'évolution du GRAFCET</p> <p>III.2.3.1- Situation initiale</p> <p>III.2.3.2- Franchissement d'une transition</p> <p>III.2.3.3- Evolution des étapes actives</p> <p>III.2.3.4- Evolutions simultanées</p> <p>III.2.3.5- Activation et désactivation simultanées</p> <p>III.2.4- Différents points de vue d'un GRAFCET</p> <p>III.2.4.1- GRAFCET du point de vue système</p> <p>III.2.4.2- GRAFCET du point de vue partie opérative</p> <p>III.2.4.3- GRAFCET du point de vue partie commande</p> <p>III.2.5- Structure de base d'un GRAFCET</p> <p>III.2.5.1- Séquence unique</p> <p>III.2.5.2- Sélection de séquences ou aiguillage en OU (séquences exclusives, saut d'étapes, reprise de séquence)</p> <p>III.2.5.3- Séquences simultanées ou aiguillage en ET</p> <p>III.2.5.4- Synchronisation de deux GRAFCETS</p> <p>III.2.6- Structure hiérarchisées des GRAFCETS</p> <p>III.2.6.1- Dialogue entre GRAFCETS</p> <p>III.2.6.2- Marco-étape</p> <p>III.2.6.3- Macro-tâche</p>	<p>Présenter les moyens de gérer la hiérarchisation des GRAFCETS (synchronisation à l'aide des bits d'état X, macro-étapes).</p>	
---	--	--

IV. SYTEMES LINEAIRES CONTINUS INVARIANTS	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	28 H	2^{ère} année	S1
<p>Objectifs généraux</p> <p>A partir d'un système linéaire continu invariant (mécanique, électrique, thermique, hydraulique ou autre), les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Construire la fonction de transfert modélisant le comportement d'un système asservi (modèle de connaissance) ; ❖ Maîtriser la représentation de la réponse temporelle à un échelon ; ❖ Identifier le modèle d'un système inconnu à partir de sa réponse temporelle à un échelon (Modèle de comportement) ; ❖ Maîtriser les représentations fréquentielle dans le plan de Bode ; ❖ Identifier le modèle d'un système inconnu à partir de sa réponse fréquentielle (Modèle de comportement) ; ❖ Généraliser les représentations asymptotiques de Bode pour un système d'ordre quelconque ; ❖ Analyser la stabilité d'un système asservi et déterminer les conditions permettant d'assurer la stabilité ; ❖ Etudier la stabilité par analyse fréquentielle ; ❖ Calculer l'erreur en régime permanent pour une entrée en échelon, rampe et accélération ; ❖ Extraire du cahier des charges les performances désirées et choisir le correcteur qui convient le mieux pour une application donnée ; ❖ Simuler, Mettre en œuvre une expérimentation (protocole expérimental), mesurer et valider les performances d'un système. 			
CONTENU	COMMENTAIRES		DUREE RECOMMANDEE
<p>IV.1- SYSTEMES LINEAIRES CONTINUS INVARIANTS</p> <p>IV.1.1- Définitions</p> <p>IV.1.1.1- Linéarité</p> <p>IV.1.1.2- Continuité</p> <p>IV.1.1.3- Invariance</p> <p>IV.1.1.4- Causalité</p> <p>IV.1.2- Signaux canoniques</p> <p>IV.1.2.1- Impulsion de Dirac</p> <p>IV.1.2.2- Echelon</p> <p>IV.1.2.3- Rampe</p> <p>IV.1.2.4- Sinusoïde</p>			1 H
<p>IV.2- MODELISATION DES SYSTEMES DYNAMIQUES</p> <p>IV.2.1- Modèle de connaissance</p> <p>IV.2.2- Modèle de comportement</p> <p>IV.2.3- Linéarisation autour d'un point de fonctionnement</p>	<p>Montrer les limites du modèle linéaire.</p> <p>La découverte des non linéarités (hystérésis, retard, saturation, seuil, ...) est réalisée lors des activités pratiques (TP), simulation et TD.</p> <p>Linéariser le modèle autour d'un point de fonctionnement.</p>		1 H
<p>IV.3- TRANSFORMEES DE LAPLACE</p> <p>IV.3.1- Définition</p> <p>IV.3.2- Propriétés principales de la T.L</p>	<p>Les propriétés et les théorèmes des T.L. sont donnés sans démonstration. Ces outils ne font pas l'objet des évaluations sur ces savoirs ;</p>		4 H

<p>IV.3.2.1- Linéarité IV.3.2.2- Dérivation IV.3.2.3- Intégration IV.3.2.4- Théorème du retard IV.3.2.5- Théorème de la valeur initiale et de la valeur finale IV.3.2.6- T.L des fonctions périodiques IV.3.3- Transformation des signaux usuels IV.3.3.1- Impulsion de Dirac IV.3.3.2- Echelon IV.3.3.3- Rampe IV.3.3.4- Sinusoïde</p>	<p>Calcul de transformées des signaux canoniques et quelconques ; Calcul de transformées de Laplace inverses ; Résolution des équations différentielles à l'aide des T.L.</p>	
<p>IV.4- SCHEMAS FONCTIONNELS ET LEURS TRANSFORMATIONS IV.4.1- Fonction de transfert IV.4.1.3- Définition IV.4.1.4- Propriétés : Ordre, pôles, zéros, gain statique IV.4.2- Schémas fonctionnels IV.4.2.1- Règles de simplification IV.4.2.1.1- Association en cascade IV.4.2.1.2- Association en parallèle IV.4.2.1.3- Réduction des boucles a- Fonction de transfert en boucle ouverte FTBO b- Fonction de transfert en boucle fermée FTBF IV.4.2.2- Transformation usuelles IV.4.2.3- Prise en compte de perturbation</p>	<p>Trouver les fonctions de transfert de quelques systèmes (électrique, mécanique, etc.) Exemples : Capteur de position, de vitesse, d'accélération, d'effort, de pression, de température, de débit, ..., Moteur à CC, ... Représenter un système d'équations par un schéma- bloc Identifier et caractériser un capteur, actionneur,...</p>	5 H
<p>IV.5- ANALYSE TEMPORELLE DES SYSTEMES LINEAIRES FONDAMENTAUX IV.5.1- Système à action proportionnelle IV.5.1.1- Définition IV.5.1.2- Réponse indicielle IV.5.2- Système à action intégrale IV.5.2.1- Définition IV.5.2.2- Réponse impulsionnelle IV.5.2.3- Réponse indicielle IV.5.3- Système du premier ordre IV.5.3.1- Modèle IV.5.3.1.1- Equation différentielle IV.5.3.1.2- Fonction de transfert IV.5.3.2- Réponse temporelle IV.5.3.2.1- Réponse impulsionnelle IV.5.3.2.2- Réponse indicielle IV.5.3.2.3- Réponse à une rampe IV.5.4- Système du second ordre IV.5.4.1- Modèle</p>	<p>Définir les paramètres caractéristiques d'un système premier ordre (gain statique, constante de temps, temps de réponse à 5%) ; Définir les paramètres caractéristiques d'un système second ordre ; En régime apériodique et critique : (gain statique, temps de réponse à 5%, temps du point d'inflexion) ; En régime pseudo-périodique (gain statique, coefficient d'amortissement, pulsation propre (non amortie), pseudo-pulsation, temps de réponse à 5%, dépassement, temps de pic, ...) ; Approximation d'un système du 2^{eme} ordre par un système du 1^{er} ordre : Notion des pôles dominants ; Identification des paramètres des systèmes fondamentaux du 1^{er} ordre et du 2^{eme} ordre ;</p>	8 H

<p>IV.5.4.1.1- Equation différentielle IV.5.4.1.2- Fonction de transfert IV.5.4.2- Réponse temporelle IV.5.4.2.1- Réponse impulsionnelle IV.5.4.2.2- Réponse indicielle a- Régime apériodique b- Régime critique c- Régime pseudo-périodique</p>	<p>Définir le système du premier ordre généralisé (ou à zéros) ; Définir le système du second ordre généralisé (ou à zéros) ; Simuler le comportement temporel d'un SLCI ; Expérimenter et visualiser la réponse temporelle d'un système linéaire continu invariant (SLCI).</p>	
<p>IV.6- ANALYSE HARMONIQUE DES SYSTEMES LINEAIRES FONDAMENTAUX</p> <p>IV.6.1- Représentations de la fonction de transfert dans le domaine complexe IV.6.1.1- Fonction de transfert IV.6.1.2- Diagrammes de Bode IV.6.2- Système à action proportionnelle : Diagrammes de Bode IV.6.3- Système intégrateur : Diagrammes de Bode IV.6.4- Système du premier ordre IV.6.4.1- Diagrammes asymptotiques de Bode IV.6.4.2- Diagrammes réels de Bode IV.6.5- Système du second ordre IV.6.5.1- Diagrammes asymptotiques de Bode IV.6.5.2- Diagrammes réels de Bode IV.6.6- Autres systèmes IV.6.6.1- Système du premier ordre avec intégration IV.6.6.2- Système du premier ordre généralisé (ou à zéro) IV.6.6.3- Système du second ordre avec intégration IV.6.6.4- Système du second ordre généralisé (ou à zéro) IV.6.6.5- Systèmes d'ordre quelconque</p>	<p>En régime sinusoïdal, on utilise le synonyme transmittance ; Définir les représentations fréquentielles dans le plan de Bode (Diagrammes asymptotiques et réels) ; Définir les paramètres caractéristiques du système du 1^{er} ordre (pulsation de cassure et bande passante) ; Mettre en évidence la relation entre le temps de réponse et la bande passante ; Les réponses fréquentielles du système du second ordre sont à étudier dans le plan de Bode pour chaque régime de fonctionnement (apériodique, critique, pseudo – périodique) ; Utiliser les abaques nécessaires ; Définir les paramètres caractéristiques du système du 2^{ème} ordre (pulsation de résonance, facteur de résonance et bande passante) ; Identification des paramètres des systèmes (1^{er} ordre, 2^{ème} ordre) ; Simuler le comportement fréquentiel d'un SLCI ; Expérimenter et visualiser les réponses fréquentielles d'un système linéaire continu invariant (SLCI) ; Tracés asymptotiques de Bode.</p>	<p>9 H</p>

IV. SYTEMES LINEAIRES CONTINUS INVARIANTS (SUITE)	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	20 H	2^{ème} année	S2
CONTENU	COMMENTAIRES		DUREE RECOMMANDEE
IV.7- ANALYSE DES PERFORMANCES DES SYSTEMES LINEAIRES CONTINUS IV.7.1- Stabilité IV.7.1.1- Définition IV.7.1.2- Condition fondamentale de stabilité IV.7.1.3- Méthode algébrique : critère de Routh IV.7.1.4- Méthode graphique : critère du revers IV.7.1.5- Marges de stabilité (marge de gain et marge de phase) dans le plan de Bode	Rappeler la fonction de transfert FTBO et FTBF ; Mettre en évidence le rôle du gain de FTBO sur les performances du système ; Position des pôles dans le plan complexe et stabilité ; Limite de stabilité : Point critique ; Analyser la stabilité d'un système à partir des pôles de la fonction de transfert.		4 H
IV.7.2- Précision IV.7.2.1- Erreur en régime permanent IV.7.2.1.1- Erreur indicielle IV.7.2.1.2- Erreur de traînage IV.7.2.1.3- Erreur en accélération IV.7.2.2- Influence de la classe de la FTBO IV.7.2.3- Influence des perturbations	Montrer que l'action intégrale permet d'annuler l'erreur statique. Erreur due à la consigne Erreur due à la perturbation		4 H
IV.7.3- Rapidité IV.7.3.1- Définition IV.7.3.2- Temps de réponse à 5% IV.7.3.3- Bande passante			1 H
IV.8- CORRECTION DES SYSTEMES ASSERVIS IV.8.1- Nécessité de la correction IV.8.1.1- Cahier des charges : critères de performances (stabilité, précision et rapidité) IV.8.1.2- Système asservi IV.8.1.2.1- Définition IV.8.1.2.2- Structure générale IV.8.1.2.3- Différents modes de fonctionnement (en poursuite et en régulation) IV.8.2- Différents types de correction IV.8.2.1- Correction Proportionnelle (P) IV.8.2.2- Correction Intégrale (I) IV.8.2.3- Correction Proportionnelle Intégrale (P.I)	Mettre en évidence la nécessité de l'asservissement pour stabiliser le système ; Etude d'un cas de réglage de performances d'un système asservi ; Examiner l'action de chaque type de correcteurs sur les performances d'un système asservi ; Choisir le correcteur qui convient le mieux pour une application donnée ; Réduction de l'ordre des modèles (compensation du pôle dominant) ; Envisager des simulations et des T.P. pour comparer les divers modes de corrections et leurs réglages ;		11 H

<p>IV.8.2.4- Correction Proportionnelle Dérivée (P.D)</p> <p>IV.8.2.5- Correction Proportionnelle Intégrale Dérivée (PID)</p> <p>IV.8.2.6- Correction par avance de phase</p> <p>IV.8.2.7- Correction par retard de phase</p> <p>IV.8.2.8- Correction par avance et retard de phase</p> <p>IV.8.3- Rejet de perturbations</p>	<p>AUTRES TYPES DE CORRECTIONS :</p> <p>Correction par « compensation de pôles », Correction par boucle interne (correction tachymétrique) ...</p> <p>APPLICATIONS :</p> <p>Etudes des régulateurs de vitesse des Moteurs à courant continu : Se limiter à modéliser les différents composants de la commande des moteurs à courant continu en vue d'une association dans une boucle d'asservissement : Hacheur - Moteur à c.c – Charge.</p> <p>Découverte en T.P. d'une implémentation numérique d'un système asservi à partir d'un calculateur (C.A.N., C.N.A., période d'échantillonnage).</p>	
---	---	--