

SYSTEMES TECHNIQUES AUTOMATISES (STA)

Préparations
M.P – P.C

Systemes Techniques
Automatisés (STA)

Module 1 :
Mécanique des Solides
Indéformables (MSI)

Module 2 :
Conception Mécanique
(CM)

Module 3 :
Automatique (Auto)

Préparation
Techno.

Systemes Techniques
Automatisés (STA)

Module 1 :
Mécanique des Solides
Indéformables et
Résistance des
Matériaux (MSI & RDM)

Module 2 :
Automatique (Auto)

FILIERES MP & PC

MODULE 1 : MECANIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES

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

I. 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>I.1- NOTIONS DE SOLIDES INDEFORMABLES</p> <p>I.2- PARAMETRAGE DE LA POSITION D'UN SOLIDE PAR RAPPORT A UN REPERE</p> <p>I.2.1- Référentiel (espace, temps)</p> <p>I.2.2- Equivalence entre repère et solide indéformable</p> <p>I.2.3- Paramétrage de la position de l'origine du repère lié au solide</p> <p>I.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	
I.3- LIAISONS NORMALISEES ENTRE SOLIDES (CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES)		2 H	
I.4- PARAMETRAGE D'UN SYSTEME DE SOLIDES		1 H 30	
I.5- LECTURE D'UN SCHEMA CINEMATIQUE : ELABORATION DU GRAPHE DES LIAISONS ; LOI "ENTREE SORTIE"		1 H 30	

II. CINEMATIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	18 H	1^{ère} année	S1 et S2

Objectifs généraux

Prévoir et vérifier les performances cinématiques des systèmes mécaniques

L'étudiant doit être capable de :

- ❖ 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 vitesse de 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>II.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>II.2- CINEMATIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES</p> <p>II.2.1. Appartenance réelle ou fictive d'un point à un solide</p> <p>II.2.2. Vecteur vitesse d'un point supposé appartenant à un solide</p> <p>II.2.3. Champ des 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 ; ... 	<p>4 H / S1</p>

<p>II.2.4. Torseur cinématique (définition, axe central ou axe de vissage, somme des torseurs, torseurs particuliers)</p> <p>II.2.5. Forme canonique des torseurs cinématiques des liaisons normalisées, Torseur cinématique équivalent de deux liaisons</p> <p>II.2.6. Composition des torseurs cinématiques (composition des vitesses de translation et des rotations)</p> <p>II.2.7. Méthodes de détermination de la vitesse d'un point d'un solide</p> <p>II.2.8. Champ des vecteurs accélérations d'un solide</p> <p>II.2.9. Composition des vecteurs accélérations</p>	<p>Insister sur l'utilité de la méthode graphique sur des systèmes réels (des pièces à l'échelle sont à utiliser)</p>	<p>7 H / S2</p>
<p>II.3- CINEMATIQUE DES SOLIDES EN CONTACT</p> <p>II.3.1. Roulement</p> <p>II.3.2. Pivotement</p> <p>II.3.3. Glissement</p> <p>II.3.4. Condition de Non Glissement</p>	<p>Résoudre complètement des problèmes cinématiques en combinant équiprojectivité, triangle des vitesses et CIR</p>	<p>3 H 30 / S2</p>
<p>II.4- MOUVEMENT PLAN SUR PLAN (CINEMATIQUE PLANE)</p> <p>II.1.4.1- Définition</p> <p>II.1.4.2- Centre Instantané de Rotation</p> <p>II.1.4.3- Cinématique graphique (équiprojectivité et triangle des vitesses)</p> <p>II.1.4.4- Recherche géométrique du Centre Instantané de Rotation</p> <p>II.1.4.5- Mouvement plan sur plan : Cas de trois plans</p>		<p>3 H 30 / S2</p>

III.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>III.1- MODELISATION DES ACTIONS MECANIQUES</p> <p>III.1.1- Définition, Classification et premier principe de la statique</p> <p>III.1.2- Modélisation des actions mécaniques, torseur statique équivalent de deux liaisons.</p> <p>III.1.3- Charges concentrées (Forces concentrées et Couples)</p> <p>III.1.4- Action de la pesanteur et Action d'un moteur</p> <p>III.2- ACTIONS MECANIQUES REPARTIES ; DENSITE DE CHARGE ; APPLICATION A UN CHARGEMENT UNIFORME</p>		3 H	

<p>III.3- ACTIONS MECANQUES TRANSMISSIBLES ; LIAISON PARFAITE (SANS FROTTEMENT)</p> <p>III.3.1- Dualité du torseur des actions mécaniques transmissibles et du torseur cinématique (comoment)</p> <p>III.3.2- Frottement de Glissement - Lois de Coulomb</p> <p>III.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>III.4- STATIQUE DES SOLIDES</p> <p>III.4.1- Equilibre d'un solide ou d'un système de solides</p> <p>III.4.2- Enoncé du Principe fondamental de la statique et des théorèmes généraux de la statique</p> <p>III.4.3- Théorème des actions mutuelles</p> <p>III.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>

IV.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>IV.1- CENTRE D'INERTIE D'UN SOLIDE CONTINU (DE FORME ELEMENTAIRE) : DEFINITION ET INCIDENCE DE LA SYMETRIE MATERIELLE</p> <p>IV.2- CENTRE D'INERTIE D'UN SOLIDE COMPOSE - FORMULE DU BARYCENTRE : DEFINITION ET INCIDENCE DE LA SYMETRIE MATERIELLE</p> <p>IV.3- THEOREMES DE GULDIN : PREMIER THEOREME ; DEUXIEME THEOREME</p> <p>IV.4- OPERATEUR D'INERTIE</p> <p>IV.4.1- Moments, Produits, Matrice et opérateur d'inertie d'un solide continu.</p> <p>IV.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>IV.4.3- Théorème de Huygens généralisé</p> <p>IV.5- MATRICE D'INERTIE D'UN SOLIDE COMPOSE. FORMULE DE CHANGEMENT DE BASE</p>	<p>Les définitions et les 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 une évaluation.</p> <p>La relation entre la forme de la matrice d'Inertie et la géométrie de la pièce est exigible.</p>	5 H	

V. 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>V.1- TORSEUR CINETIQUE OU TORSEUR DES QUANTITES DE MOUVEMENT</p> <p>V.1.1- Définition</p> <p>V.1.2- Expression de la résultante et du moment cinétiques d'un solide</p> <p>V.1.3- Expression de la résultante et du moment cinétiques d'un ensemble de solides</p> <p>V.2- TORSEUR DYNAMIQUE OU DES QUANTITES D'ACCELERATION</p> <p>V.2.1- Définition</p> <p>V.2.2- Expression de la résultante et du moment dynamiques d'un solide</p> <p>V.2.3- Expression de la résultante et du moment dynamiques d'un ensemble de solides</p> <p>V.3- ENERGIE CINETIQUE</p> <p>V.3.1- Définition</p> <p>V.3.2- Expression de l'énergie cinétique d'un solide</p> <p>V.3.3- Expression de l'énergie cinétique d'un ensemble de solides</p> <p>V.3.4- Inertie équivalente</p>	<p>Les applications doivent porter sur des cas réels.</p>	6 H	

VI. 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>VI.1- PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE</p> <p>VI.1.1- Enoncé du P.F.D.</p> <p>VI.1.2- Théorèmes généraux</p> <p>VI.1.3- Equation de mouvement</p> <p>VI.2- RAPPEL DU THEOREME DES ACTIONS MUTUELLES</p> <p>VI.3- APPLICATIONS</p> <p>VI.3.1- Solide en rotation autour d'un axe fixe</p> <p>VI.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	

VII. 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>VII.1- PUISSANCE</p> <p>VII.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>VII.1.2- Puissance développée par les actions mutuelles entre deux solides ou systèmes de solides</p> <p>VII.1.3- Liaison parfaite entre deux solides</p> <p>VII.1.4- Rendement énergétique</p> <p>VII.2- ENERGIE POTENTIELLE</p> <p>VII.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>VII.2.2- Energie potentielle développée par les actions mutuelles entre deux solides ou systèmes de solides</p> <p>VII.3- THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE (TEC)</p> <p>VII.3.1- Cas d'un solide</p> <p>VII.3.2- Cas d'un ensemble de solides</p> <p>VII.3.3- Intégrale première de l'énergie cinétique</p>		6 H	

MODULE 2 : CONCEPTION MECANIQUE

I. ETUDE DES SYSTEMES	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	4 H	1^{ère} année	S1
<p>Objectifs généraux</p> <p>Réaliser l'analyse fonctionnelle et structurelle des systèmes.</p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Isoler un système, justifier l'isolement et définir les éléments influents du milieu extérieur ❖ Identifier la nature des flux échangés (matière, énergie, information) traversant la frontière d'étude ❖ Préciser les caractéristiques de la valeur ajoutée par le système ❖ Déterminer ou calculer certaines performances et les comparer aux caractéristiques du dossier technique ❖ Identifier et caractériser les éléments de structure (sous-ensembles fonctionnels, chaînes fonctionnelles, partie opérative et partie commande) ❖ Identifier le ou les transmetteurs et définir les grandeurs d'entrée et de sortie ❖ Identifier le ou les actionneurs ainsi que les pré-actionneurs associés et définir la nature des énergies d'entrée et de sortie ❖ Identifier le ou les capteurs et définir la nature des informations d'entrée et de sortie ❖ Identifier une commande programmable par le nombre et la nature de ses entrées et de ses sorties ❖ Identifier la ou les interfaces ❖ Analyser tout ou partie d'un système par un modèle de description adapté au point de vue préalablement spécifié ❖ Décrire le fonctionnement en utilisant un vocabulaire adéquat et les outils de la communication technique ❖ S'approprier l'analyse fonctionnelle, temporelle et structurelle de la solution proposée 			
CONTENU	COMMENTAIRES	DUREE RECOMMANDEE	
<p>I.1- PRESENTATION GENERALE</p> <p>I.1.1- Définition d'un système, différents type des systèmes</p> <p>I.1.2- Besoin satisfait par un système (bête à corne)</p> <p>I.1.3- Matières d'œuvres et valeur ajoutée</p> <p>I.1.4- Diagramme des interacteurs et fonctions de services</p> <p>I.1.5- Cahier des charges (critères d'appréciations, niveaux et flexibilités)</p>	<p>Bien que cette partie soit introduite à ce niveau sous forme d'un cours dédié, son exploitation doit être, néanmoins, poursuivie tout le long des deux années d'étude en rappelant chaque fois qu'un nouveau système complexe est exploité (CdCF, F.S., Critères, Niveaux, ...).</p> <p>Les activités sont organisées à partir :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ De dossiers techniques incluant des documents multimédia ; 	4 H	

<p>I.2- STRUCTURE D'UN SYSTEME</p> <p>I.2.1- Chaîne d'énergie</p> <p> I.2.1.1- Alimenter en énergie (Source d'énergie)</p> <p> I.2.1.2- Distribuer l'énergie (Pré-actionneurs)</p> <p> I.2.1.3- Convertir l'énergie (Actionneurs)</p> <p> I.2.1.4- Transmettre l'énergie (Transmetteurs de puissance et de mouvement)</p> <p>I.2.2- Chaîne d'information</p> <p> I.2.2.1- Mesurer une grandeur</p> <p> I.2.2.2- Physique (Capteurs)</p> <p> I.2.2.3- Traiter les informations (Unité de traitement)</p> <p> I.2.2.4- Communiquer (Interface de communication)</p> <p>I.2.3- Mesure des grandeurs physiques manipulées dans le domaine de la mécanique</p> <p> I.2.3.1- Capteur de position</p> <p> I.2.3.2- Capteur de vitesse angulaire</p> <p> I.2.3.3- Capteur d'accélération</p> <p> I.2.3.4- Capteur de force</p> <p> I.2.3.5- Capteur de couple</p> <p>I.3- APPROCHE SYSTEME</p> <p>I.3.1- Analyse fonctionnelle descendante (modèle SADT)</p> <p>I.3.2- Diagramme FAST en lecture</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ De supports physiques dédiés (systèmes didactisés ou non) ; ✓ D'outils de simulation numérique (ex. : animation SolidWorks). <p>Ces activités d'étude des systèmes pourront se dérouler plus favorablement dans un laboratoire de S.T.A ou dans une salle dédiée et devront être introduites dès le début de la première année pour servir de présentation pour l'enseignement dispensé tout au long des deux années de formation.</p> <p>L'étude des chaînes fonctionnelles comme sous-ensembles de systèmes permet de construire une base de données de solutions industrielles associées aux fonctions principales (transférer, réguler, positionner, maintenir, transformer, ...).</p> <p>Les constituants des chaînes fonctionnelles (capteurs, pré-actionneurs, actionneurs, transmetteurs, ...) sont décrits en vue de leur identification.</p>	
---	---	--

II. COMMUNICATION TECHNIQUE	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	10 H	1^{ère} année	S2
<p>Objectifs généraux</p> <p>Lecture de documents techniques</p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Analyser un document technique ❖ Reconnaître les formes d'une pièce en sachant utiliser les différentes vues, coupes, sections et détails ❖ Reconnaître un élément normalisé et savoir l'identifier à partir d'un dossier technique fourni ❖ Reconnaître les schémas d'organes mécaniques, hydrauliques et pneumatiques les plus usuelles ❖ A partir d'un dessin d'un petit ensemble constituer les classes d'équivalence cinématique, tracer le graphe des liaisons et construire ou compléter un schéma cinématique 			
CONTENU	COMMENTAIRES		DUREE RECOMMANDEE
<p>II.1- RAPPEL : LES PRINCIPALES REGLES ET NORMES DU DESSIN</p> <p>II.2- LES ELEMENTS DE LIAISONS (VIS, ECROU, GOUJON, CLAVETTE, ...)</p> <p>II.3- LES ELEMENTS DE GUIDAGE (ROULEMENT, COUSSINET, ...)</p> <p>II.4- LES ELEMENTS DE TRANSMISSION (POULIE- COURROIE, ENGRENAGES, ...)</p> <p>II.5- SCHEMATISATION DES MECANISMES</p>	<p>Ce chapitre constitue un outil d'initiation à la lecture des plans de systèmes mécaniques.</p> <p>Initier l'apprenant à la DAO en appliquant les principales règles de dessin de définition considérées comme pré-requises.</p> <p>Les schématisations électrique, hydraulique et pneumatique ne doivent être abordées qu'au travers de l'étude de documents techniques et doivent se limiter au minimum indispensable à la conduite de l'étude proposée. Les étudiants doivent disposer en permanence d'une documentation sur la normalisation de ces schématisations.</p>		10 H

MODULE 3 : AUTOMATIQUE

I. INTRODUCTION	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	1 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>	0 H 30	
<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 15	
<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 15	

II. SYSTEMES LOGIQUES COMBINATOIRES	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	6 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. 			
CONTENU	COMMENTAIRES	DUREE RECOMMANDEE	
<p>II.1- FONCTIONS LOGIQUES</p> <p>II.1.1- Variable logique</p> <p>II.1.2- Codes binaires</p> <p> II.1.2.1- Naturel</p> <p> II.1.2.2- Réfléchi ou GRAY</p> <p>II.1.3- Opérateurs logiques</p> <p>II.1.4- Algèbre de Boole</p> <p> II.1.4.1- Définition</p> <p> II.1.4.2- Propriétés de base</p> <p> II.1.4.3- Théorèmes de Morgan</p> <p>II.1.5- Spécification d'une fonction logique</p> <p> II.1.5.1- Table de vérité</p> <p> II.1.5.2- Table de Karnaugh</p> <p>II.1.6- Expressions canoniques</p> <p> II.1.6.1- Somme de produits ($\Sigma\pi$)</p> <p> II.1.6.2- Produit de sommes ($\pi\Sigma$)</p> <p>II.1.7- Fonctions logiques incomplètement spécifiées</p> <p> II.1.7.1- Définition</p> <p> II.1.7.2- Etat indifférent</p> <p> II.1.7.3- Application</p>	<p>On montre le principe de chaque codage binaire des chiffres décimaux.</p> <p>On précise les propriétés de chaque code binaire.</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>	3 H	
<p>II.2- SIMPLIFICATION DES EXPRESSIONS DES FONCTIONS LOGIQUES</p> <p>II.2.1- Méthode algébrique</p> <p>II.2.2- Méthode de Karnaugh</p> <p> II.2.2.1- Présentation</p> <p> II.2.2.2- Règles d'optimisation de la simplification</p> <p> II.2.2.3- Formes minimales $\Sigma\pi$ et $\pi\Sigma$</p> <p> II.2.2.4- 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>Etudier quelques systèmes logiques combinatoires : Codeurs / Décodeurs, Transcodeurs, Afficheurs, etc....</p>	3 H	

III. SYSTEMES SEQUENTIELS ET MODELE GRAFCET	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	7 H	1 ^{ère} année	S1
<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> 			
CONTENU	COMMENTAIRES		DUREE RECOMMANDEE
<p>III.1- SYSTEMES SEQUENTIELS</p> <p>III.2- MODULE GRAFCET</p> <p>III.2.1- Introduction</p> <p>III.2.2- Eléments de base du GRAFCET</p> <p>III.2.2.1- Etape (initiale, situation du GRAFCET, bit d'état d'une étape X)</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>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>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>7 H</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- Structures des GRAFCETS avec Macro-étape</p>		
--	--	--

IV.SYTEMES LINEAIRES CONTINUS INVARIANTS	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	21 H30	2^{ème} 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>	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>IV.3.2.1- Linéarité</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>	3 H 30	

<p>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.4.1.1- Définition IV.4.1.2- 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 du premier ordre IV.5.1.1- Modèle IV.5.1.1.1- Equation différentielle IV.5.1.1.2- Fonction de transfert IV.5.1.2- Réponse indicielle IV.5.2- Système du second ordre IV.5.2.1- Modèle IV.5.2.1.1- Equation différentielle IV.5.2.1.2- Fonction de transfert IV.5.2.2- Réponses indicelles IV.5.2.2.1- Régime aperiodique IV.5.2.2.2- Régime critique IV.5.2.2.3- Régime pseudo-périodique</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 aperiodique 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 ; Définir le système du premier ordre généralisé (ou à zéros) ;</p>	5 H

	<p>Définir le système du second ordre généralisé (ou à zéros) ;</p> <p>Simuler le comportement temporel d'un SLCI ;</p> <p>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</p> <p>IV.6.1.1- Fonction de transfert complexe</p> <p>IV.6.1.2- Diagrammes de Bode</p> <p>IV.6.2- Système à action proportionnelle : Diagrammes de Bode</p> <p>IV.6.3- Système intégrateur : Diagrammes de Bode</p> <p>IV.6.4- Système du premier ordre</p> <p>IV.6.4.1- Diagrammes asymptotiques de Bode</p> <p>IV.6.4.2- Diagrammes réels de Bode</p> <p>IV.6.5- Système du second ordre</p> <p>IV.6.5.1- Diagrammes asymptotiques de Bode</p> <p>IV.6.5.2- Diagrammes réels de Bode</p>	<p>En régime sinusoïdal, on utilise le synonyme transmittance ;</p> <p>Définir les représentations fréquentielles dans le plan de Bode (Diagrammes asymptotiques et réels) ;</p> <p>Définir les paramètres caractéristiques du système du 1^{er} ordre (pulsation de cassure et bande passante) ;</p> <p>Mettre en évidence la relation entre le temps de réponse et la bande passante ;</p> <p>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) ;</p> <p>Utiliser les abaques nécessaires ;</p> <p>Définir les paramètres caractéristiques du système du 2^{ème} ordre (pulsation de résonance, facteur de résonance et bande passante) ;</p> <p>Identification des paramètres des systèmes (1^{er} ordre, 2^{ème} ordre) ;</p> <p>Simuler le comportement fréquentiel d'un SLCI ;</p> <p>Expérimenter et visualiser les réponses fréquentielles d'un système linéaire continu invariant (SLCI) ;</p> <p>AUTRES SYSTEMES :</p> <p>Tracés asymptotiques de Bode pour des systèmes d'ordres quelconques par exemples : Système du premier ordre avec intégration ; Système du premier ordre généralisé (ou à zéros) ; Système du second ordre avec intégration ; Système du second ordre généralisé (ou à zéros).</p>	6 H

IV. SYTEMES LINEAIRES CONTINUS INVARIANTS (suite)	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	15 H	2 ^{ère} 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		3 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)	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		7 H

<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>	Analyse du besoin, fonctions de service, cahier des charges, ...		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
<p>IX.1- GENERALITES SUR LES POUTRES</p> <p>IX.1.1- Poutre droite</p> <p>IX.1.2- Définition</p> <p>IX.1.3- Hypothèses</p> <p>IX.1.4- Propriétés géométriques d'une section droite</p> <p>IX.1.4.1- Centre géométrique d'une surface plane</p> <p>IX.1.4.2- Moment statique d'une surface plane</p> <p>IX.1.4.3- Moment quadratique d'une surface plane</p> <p>IX.1.4.4- Moment quadratique polaire d'une surface plane</p> <p>IX.1.5- Principe Fondamental de la Statique appliqué à la poutre</p> <p>IX.1.5.1- Modélisation des actions mécaniques extérieures exercées sur la poutre</p> <p>IX.1.5.2- Application du Principe Fondamental de la Statique (PFS)</p>	<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- Automatisation</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>	
---	---	--