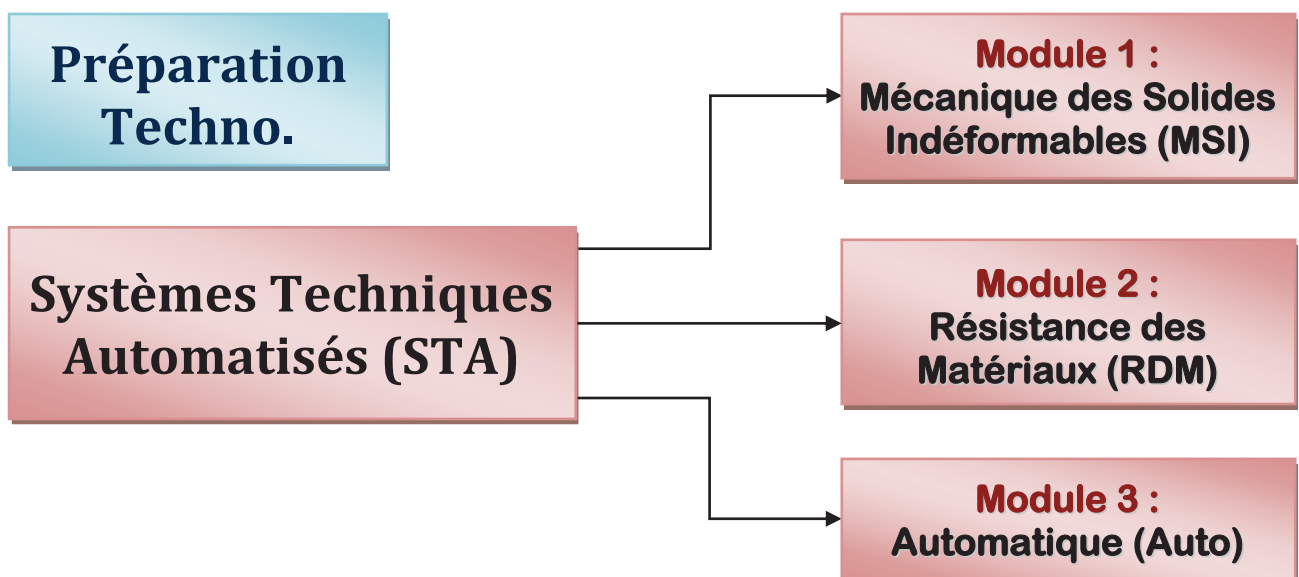
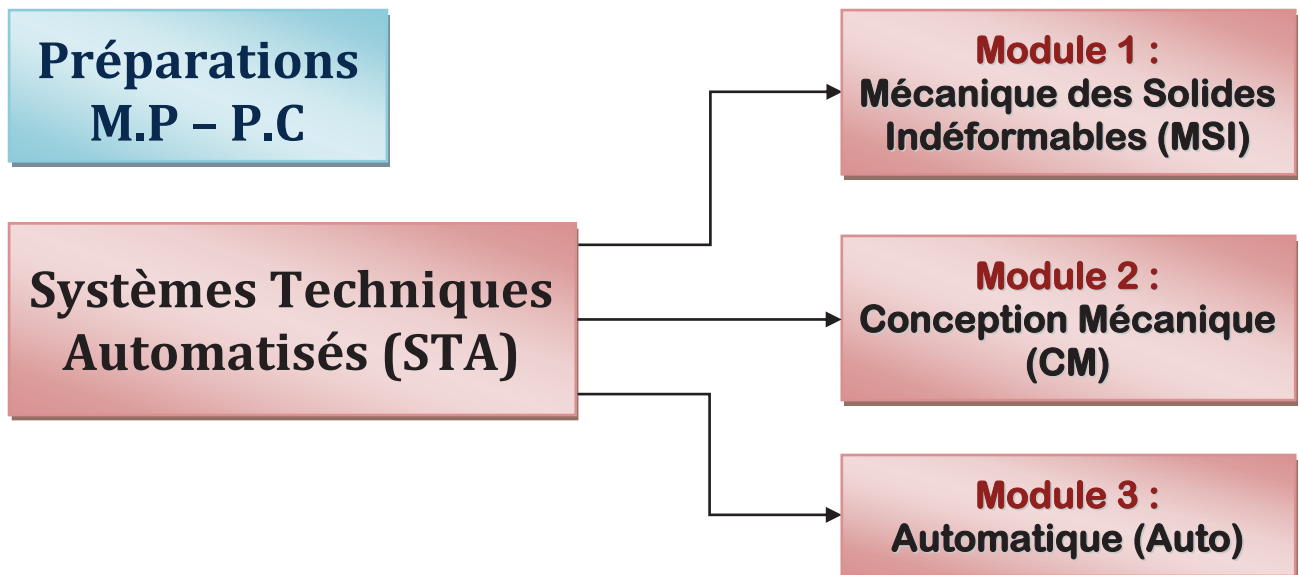


# SYSTEMES TECHNIQUES AUTOMATISES (STA)



# FILIERES MP & PC

## MODULE 1 : MECANIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES

<b>0. INTRODUCTION</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	2 H	1 <sup>ère</sup> année	S1
<p><b>Objectifs généraux</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Etudier un système dans sa globalité ;</li> <li>❖ Savoir analyser une situation (savoir satisfaire les critères).</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>		<b>DUREE RECOMMANDEE</b>
<p><b>INTRODUCTION</b> Cadre et objectifs des STA.</p>	<p>Etude du besoin, fonctions de service, cahier des charges, ...</p>		2 H

<b>I. MODELISATION ET PARAMETRAGE DES SYSTEMES MECANIQUES</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>7 H</b>	<b>1<sup>ère</sup> année</b>	<b>S1</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></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"> <li>❖ Paramétrer la position d'un solide dans un mécanisme en mouvement simple par rapport à un référentiel ;</li> <li>❖ Identifier le paramétrage d'une liaison élémentaire ;</li> <li>❖ Lire un schéma cinématique afin de comprendre le principe de fonctionnement ;</li> <li>❖ Etablir le graphe des liaisons à partir d'un schéma cinématique ;</li> <li>❖ Etablir les relations scalaires indépendantes qui découlent de la condition géométrique de la fermeture des chaînes cinématiques ;</li> <li>❖ Déterminer la loi "Entrée-Sortie".</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>I.1- NOTIONS DE SOLIDES INDEFORMABLES</b></p> <p><b>I.2- PARAMETRAGE DE LA POSITION D'UN SOLIDE PAR RAPPORT A UN REPERE</b></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	
<b>I.3- LIAISONS NORMALISEES ENTRE SOLIDES (CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES)</b>		2 H	
<b>I.4- PARAMETRAGE D'UN SYSTEME DE SOLIDES</b>		1 H 30	
<b>I.5- LECTURE D'UN SCHEMA CINEMATIQUE : ELABORATION DU GRAPHE DES LIAISONS ; LOI "ENTREE SORTIE"</b>		1 H 30	

<b>II. CINEMATIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>18 H</b>	<b>1<sup>ère</sup> année</b>	<b>S1 et S2</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></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"> <li>❖ Maîtriser la dérivation vectorielle ;</li> <li>❖ Déterminer le vecteur vitesse d'un point d'un solide par rapport à un autre solide ;</li> <li>❖ Déterminer le torseur cinématique d'un solide en mouvement par rapport à un autre solide et identifier le type de mouvement ;</li> <li>❖ 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 ;</li> <li>❖ Calculer le vecteur glissement en un point de contact de deux solides en mouvement ;</li> <li>❖ Décomposer le vecteur instantané de rotation en un vecteur rotation de roulement et un vecteur rotation de pivotement ;</li> <li>❖ Identifier un mouvement plan et utiliser les outils de la cinématique graphique pour déterminer le mouvement d'un solide ;</li> <li>❖ Déterminer le vecteur accélération d'un point d'un solide par rapport à un autre solide.</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>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</b></p> <p><b>II.2-CINEMATIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES</b></p> <p>II.2.1. Appartenance réelle ou fictive d'un point à un solide</p> <p>II.2.2. Vitesse d'un point supposé appartenant à un solide</p> <p>II.2.3. Champ des 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"> <li>* Système de transformation de mouvement (bielle-manivelle, vis-écrou, etc.) ;</li> <li>* Robots (composition de mouvement) ;</li> <li>* Roulement avec et sans glissement entre deux roues à axes parallèles ;</li> <li>* Des réducteurs de vitesses à engrenages à axes parallèles ou concourants ;</li> <li>* Mécanisme à quatre barres ; ...</li> </ul>	4 H / S1	

<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</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>7 H / S2</p>
<p><b>II.3-CINEMATIQUE DES SOLIDES EN CONTACT</b></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>3 H 30 / S2</p>
<p><b>II.4-MOUVEMENT PLAN SUR PLAN (CINEMATIQUE PLANE)</b></p> <p>II.4.1. Définition</p> <p>II.4.2. Centre Instantané de Rotation</p> <p>II.4.3. Cinématique graphique (équiprojectivité et triangle des vitesses)</p> <p>II.4.4. Recherche géométrique du Centre Instantané de Rotation</p> <p>II.4.5. Mouvement plan sur plan de trois plans</p>		<p>3 H 30 / S2</p>

<b>III.STATIQUE DES SOLIDES</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>15 H</b>	<b>1<sup>re</sup> année</b>	<b>S2</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></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"> <li>❖ 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 ;</li> <li>❖ Déterminer le torseur représentatif d'un couple et constater son indépendance vis-à-vis du point de réduction ;</li> <li>❖ Déterminer la densité, en un point donné, 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 ;</li> <li>❖ Déterminer le torseur des actions mécaniques transmissibles par une liaison élémentaire parfaite ou avec frottement de glissement ;</li> <li>❖ Tracer le graphe d'analyse du mécanisme (graphe des liaisons avec les actions mécaniques extérieures exercées sur le mécanisme) ;</li> <li>❖ Identifier le nombre de sous-systèmes indépendants à isoler ;</li> <li>❖ Identifier le nombre d'équations algébriques à écrire (modélisation spatiale et plane) ;</li> <li>❖ Isoler un à un chacun des sous-systèmes indépendants ; Identifier son extérieur ; Faire l'inventaire des actions mécaniques extérieures exercées sur chaque sous-système ;</li> <li>❖ 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 ;</li> <li>❖ Déterminer, au point choisi, le torseur résultant de toutes les actions mécaniques extérieures exercées sur le sous-système isolé ;</li> <li>❖ 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 ;</li> <li>❖ Traiter des cas d'arc-boutement, de maintien de contact et du basculement comme applications ;</li> <li>❖ Exploiter et interpréter les résultats obtenus.</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>III.1- MODELISATION DES ACTIONS MECANIQUES</b></p> <p>III.1.1- Définition, Classification et premier principe de la statique</p> <p>III.1.2- Modélisation des actions mécaniques</p>		3 H	

<p>III.1.3- Charges concentrées (Forces concentrées et Couples)</p> <p>III.1.4- Echelon Action de la pesanteur et Action d'un moteur</p> <p><b>III.2- ACTIONS MECANQUES REPARTIES ; DENSITE DE CHARGE ; APPLICATION A UN CHARGEMENT UNIFORME</b></p>		
<p><b>III.3- ACTIONS MECANQUES TRANSMISSIBLES ; LIAISON PARFAITE (SANS FROTTEMENT)</b></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><b>III.4- STATIQUE DES SOLIDES</b></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>8 H</p>

<b>IV.GEOMETRIE DES MASSES</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>5 H</b>	<b>2<sup>ème</sup> année</b>	<b>S1</b>

### Objectifs généraux

Modéliser et/ou identifier l'opérateur d'inertie d'un solide indéformable

L'étudiant doit être capable de :

- ❖ 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

<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>
<p><b>IV.1- CENTRE D'INERTIE D'UN SOLIDE CONTINU (DE FORME ELEMENTAIRE) : DEFINITION ET INCIDENCE DE LA SYMETRIE MATERIELLE</b></p> <p><b>IV.2- CENTRE D'INERTIE D'UN SOLIDE COMPOSE - FORMULE DU BARYCENTRE : DEFINITION ET INCIDENCE DE LA SYMETRIE MATERIELLE</b></p> <p><b>IV.3- THEOREMES DE GULDIN : PREMIER THEOREME ; DEUXIEME THEOREME</b></p> <p><b>IV.4- OPERATEUR D'INERTIE</b></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><b>IV.5- MATRICE D'INERTIE D'UN SOLIDE COMPOSE. FORMULE DE CHANGEMENT DE BASE</b></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



<b>V. CINETIQUE</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>6 H</b>	<b>2<sup>ème</sup> année</b>	<b>S1</b>
<p><b>Objectifs généraux :</b></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"> <li>❖ Déterminer le torseur cinétique, le torseur dynamique et l'énergie cinétique d'un ensemble de solides en mouvement par rapport à un référentiel</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>V.1- TORSEUR CINETIQUE OU TORSEUR DES QUANTITES DE MOUVEMENT</b></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><b>V.2- TORSEUR DYNAMIQUE OU DES QUANTITES D'ACCELERATION</b></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><b>V.3- ENERGIE CINETIQUE</b></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>	<p>6 H</p>	

<b>VI.DYNAMIQUE DES SYSTEMES DE SOLIDES</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>7 H</b>	<b>2<sup>ème</sup> année</b>	<b>S2</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></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"> <li>❖ Déterminer les inconnues de liaison ou les efforts extérieurs spécifiés dans le cas où le mouvement est imposé en appliquant le PFD</li> <li>❖ Donner la loi du mouvement sous forme d'équations différentielles en appliquant le PFD</li> <li>❖ Déterminer les conditions d'équilibrage d'un solide en rotation autour d'un axe fixe</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>VI.1- PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE</b></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><b>VI.2- THEOREME DES ACTIONS MUTUELLES</b></p> <p><b>VI.3- APPLICATIONS</b></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	

<b>VII. ENERGETIQUE</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>6 H</b>	<b>2<sup>ème</sup> année</b>	<b>S2</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></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"> <li>❖ Calculer la puissance développée par les actions au niveau des liaisons</li> <li>❖ Calculer la puissance développée par les actions extérieures à un système en mouvement par rapport à un référentiel</li> <li>❖ Déterminer les inconnues de liaison ou les efforts extérieurs spécifiés dans le cas où le mouvement est imposé en appliquant le TEC</li> <li>❖ Donner la loi du mouvement sous forme d'équations différentielles dans le cas où les efforts extérieurs sont connus en appliquant le TEC</li> </ul>			
<b>CONTENUS</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>VII.1- PUISSANCE</b></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><b>VII.2- ENERGIE POTENTIELLE</b></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><b>VII.3- THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE (TEC)</b></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**

<b>I. ETUDE DES SYSTEMES</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>4 H</b>	<b>1<sup>ère</sup> année</b>	<b>S1</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></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"> <li>❖ Isoler un système, justifier l'isolement et définir les éléments influents du milieu extérieur</li> <li>❖ Identifier la nature des flux échangés (matière, énergie, information) traversant la frontière d'étude</li> <li>❖ Préciser les caractéristiques de la valeur ajoutée par le système</li> <li>❖ Déterminer ou calculer certaines performances et les comparer aux caractéristiques du dossier technique</li> <li>❖ Identifier et caractériser les éléments de structure (sous-ensembles fonctionnels, chaînes fonctionnelles, partie opérative et partie commande)</li> <li>❖ Identifier le ou les transmetteurs et définir les grandeurs d'entrée et de sortie</li> <li>❖ Identifier le ou les actionneurs ainsi que les pré-actionneurs associés et définir la nature des énergies d'entrée et de sortie</li> <li>❖ Identifier le ou les capteurs et définir la nature des informations d'entrée et de sortie</li> <li>❖ Identifier une commande programmable par le nombre et la nature de ses entrées et de ses sorties</li> <li>❖ Identifier la ou les interfaces</li> <li>❖ Analyser tout ou partie d'un système par un modèle de description adapté au point de vue préalablement spécifié</li> <li>❖ Décrire le fonctionnement en utilisant un vocabulaire adéquat et les outils de la communication technique</li> <li>❖ S'approprier l'analyse fonctionnelle, temporelle et structurelle de la solution proposée</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>I.1- PRESENTATION GENERALE</b></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"> <li>✓ De dossiers techniques incluant des documents multimédia ;</li> </ul>	4 H	

<p><b>I.2- STRUCTURE D'UN SYSTEME</b></p> <p>I.2.1- Chaîne d'énergie</p> <p>I.2.1.1- Alimenter en énergie (Source)</p> <p>I.2.1.2- d'énergie)</p> <p>I.2.1.3- Distribuer l'énergie</p> <p>I.2.1.4- (Pré-actionneurs)</p> <p>I.2.1.5- Convertir l'énergie</p> <p>I.2.1.6- (Actionneurs)</p> <p>I.2.1.7- 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><b>I.3- APPROCHE SYSTEME</b></p> <p>I.3.1- Analyse fonctionnelle descendante (modèle SADT)</p> <p>I.3.2- Diagramme FAST en lecture</p>	<p>✓ De supports physiques dédiés (systèmes didactisés ou non) ;</p> <p>✓ D'outils de simulation numérique (ex. : animation SolidWorks).</p> <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>	
--	--	--

<b>II. COMMUNICATION TECHNIQUE</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>10 H</b>	<b>1<sup>ère</sup> année</b>	<b>S2</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></p> <p>Lecture de documents techniques</p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Analyser un document technique</li> <li>❖ Reconnaître les formes d'une pièce en sachant utiliser les différentes vues, coupes, sections et détails</li> <li>❖ Reconnaître un élément normalisé et savoir l'identifier à partir d'un dossier technique fourni</li> <li>❖ Reconnaître les schémas d'organes mécaniques, hydrauliques et pneumatiques les plus usuelles</li> <li>❖ 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</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>		<b>DUREE RECOMMANDEE</b>
<p><b>II.1-RAPPEL : LES PRINCIPALES REGLES ET NORMES DU DESSIN</b></p> <p><b>II.2-LES ELEMENTS DE LIAISONS (VIS, ECROU, GOUJON, CLAVETTE, ...)</b></p> <p><b>II.3-LES ELEMENTS DE GUIDAGE (ROULEMENT, COUSSINET, ...)</b></p> <p><b>II.4-LES ELEMENTS DE TRANSMISSION (POULIE-COURROIE, ENGRENAGES, ...)</b></p> <p><b>II.5-SCHEMATISATION DES MECANISMES</b></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

<b>I. INTRODUCTION</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>1 H</b>	<b>1<sup>ère</sup> année</b>	<b>S1</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Analyser le fonctionnement d'un système automatique ;</li> <li>❖ Extraire du cahier des charges les objectifs de l'automatisation et les performances désirées ;</li> <li>❖ Identifier le système à commander et choisir la commande adéquate (logique ou asservi).</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>I.1- INTRODUCTION</b></p> <p>I.1.1- Définitions</p> <p>I.1.1.1- Automatique</p> <p>I.1.1.2- Automatisme</p> <p>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>I.1.3.1- Partie commande ou chaîne d'informations (processeurs, mémoires, régulateurs, convertisseurs,...)</p> <p>I.1.3.2- Pré actionneurs</p> <p>I.1.3.3- Capteurs</p> <p>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) La chaîne d'énergie contient la fonction « distribuer énergie » (pré actionneur)</p>	0 H 30	
<p><b>I.2- DIFFERENTS TYPES DE SYSTEMES AUTOMATISES</b></p> <p>I.2.1- Systèmes logiques</p> <p>I.2.1.1- Combinatoires</p> <p>I.2.1.2- Séquentiels</p> <p>I.2.2- Systèmes asservis</p> <p>I.2.2.1- Continus</p> <p>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><b>I.3- NOTION DE CAHIER DES CHARGES</b></p> <p>I.3.1- Définition</p> <p>I.3.2- Critères et niveaux de performance</p> <p>I.3.3- Démarche d'automatisation</p>	<p>Il faut mettre en lumière les étapes d'automatisation d'un système pluridisciplinaire.</p>	0 H 15	

<b>II. SYSTEMES LOGIQUES COMBINATOIRES</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>5 H</b>	<b>1<sup>ère</sup> année</b>	<b>S1</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Identifier un système combinatoire ;</li> <li>❖ Coder une information ;</li> <li>❖ Décrire le fonctionnement du système par une table de vérité ;</li> <li>❖ Exprimer le fonctionnement du système par un ensemble d'équations logiques ;</li> <li>❖ Optimiser la représentation logique par simplification ;</li> <li>❖ Représenter un logigramme.</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>		<b>DUREE RECOMMANDEE</b>
<p><b>II.1- CODAGE DE L'INFORMATION</b></p> <p>II.1.1- Variables et mots binaires  II.1.2- Codes binaires  II.1.2.1- Naturel  II.1.2.2- Réfléchi ou GRAY</p>	<p>On montre le principe de chaque codage binaire des chiffres décimaux.</p> <p>On précise les propriétés de chaque code binaire.</p>		0 H 30
<p><b>II.2- FONCTIONS LOGIQUES</b></p> <p>II.2.1- Variable logique  II.2.2- Opérateurs logiques  II.2.3- Algèbre de Boole  II.2.3.1- Définition  II.2.3.2- Propriétés de base  II.2.3.3- Théorèmes de Morgan  II.2.4- Spécification d'une fonction logique  II.2.4.1- Table de vérité  II.2.4.2- Table de Karnaugh  II.2.5- Expressions canoniques  II.2.5.1- Somme de produits (<math>\Sigma\pi</math>)  II.2.5.2- Produit de sommes (<math>\pi\Sigma</math>)  II.2.6- Fonctions logiques incomplètement spécifiées  II.2.6.1- Définition  II.2.6.2- Etat indifférent  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>		2 H
<p><b>II.3- SIMPLIFICATION DES EXPRESSIONS DES FONCTIONS LOGIQUES</b></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 <math>\Sigma\pi</math> et <math>\pi\Sigma</math>  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>		1 H 30



<b>II.4- ETUDE DE QUELQUES SYSTEMES COMBINATOIRES</b> II.4.1- Codeurs / Décodeurs II.4.2- Transcodeurs II.4.3- Afficheurs	Etudier quelques systèmes logiques combinatoires  Résoudre un problème de logique combinatoire (cahier de charges, table de vérité, simplification, logigramme, etc.)	1 H
--	---	-----

<b>III. SYSTEMES SEQUENTIELS ET MODELE GRAFCET</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>8 H</b>	<b>1<sup>ère</sup> année</b>	<b>S1</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Identifier les systèmes séquentiels ;</li> <li>❖ Elaborer les trois niveaux d'un GRAFCET ;</li> <li>❖ Appliquer les cinq règles d'évolution du GRAFCET.</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>		<b>DUREE RECOMMANDEE</b>
<b>III.1- SYSTEMES SEQUENTIELS</b> III.1.1- Définition d'un système séquentiel III.1.2- Définition de la fonction mémoire	Mettre en évidence la différence entre un système combinatoire et un système séquentiel.  Insister particulièrement sur l'obtention d'un effet mémoire.  Définir le bistable RS.  Donner un exemple de réalisation d'une mémoire.		2 H
<b>III.2- MODELE GRAFCET</b> III.2.1- Introduction III.2.2- Eléments de base du GRAFCET III.2.1.1- Etape (initiale, situation du grafcet, bit d'état d'une étape X) III.2.1.2- Actions (continue, conditionnelle, temporisée, mémorisée, impulsionnelle) III.2.1.3- Transition	Distinguer entre les variables d'entrée et de sortie aux niveaux des réceptivités et des actions.  Montrer les avantages d'une commande hiérarchisée.		6 H

III.2.1.4- Réceptivités (à niveau, à front, temporisée, mémoire d'étape, toujours vraie, de comptage)		
III.2.1.5- Liaisons orientées		
III.2.3- Règles d'évolution du GRAFCET		
III.2.3.1- Situation initiale		
III.2.3.2- Franchissement d'une transition		
III.2.3.3- Evolution des étapes actives		
III.2.3.4- Evolutions simultanées		
III.2.3.5- Activation et désactivation simultanées		
III.2.4- Différents points de vue d'un GRAFCET		
III.2.4.1- Grafcet du point de vue système		
III.2.4.2- Grafcet du point de vue partie opérative		
III.2.4.3- Grafcet du point de vue partie commande		
III.2.5- Structure de base d'un GRAFCET		
III.2.5.1- Séquence unique		
III.2.5.2- Sélection de séquences ou aiguillage en OU (séquences exclusives, saut d'étapes, reprise de séquence, réunion de séquences)		
III.2.5.3- Séquences simultanées ou aiguillage en ET		
III.2.5.4- Synchronisation de deux grafkets		
III.2.6- Structure hiérarchisées des grafkets		
III.2.6.1- Dialogue entre grafkets		
III.2.6.2- Marco-étape		
III.2.6.3- Macro-action		

IV. SYTEMES LINEAIRES CONTINUS INVARIANTS	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	16 H 45	2 <sup>ème</sup> année	S1
<p><b>Objectifs généraux</b></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"> <li>❖ Construire la fonction de transfert modélisant le comportement d'un système asservi (modèle de connaissance) ;</li> <li>❖ Maîtriser la représentation de la réponse temporelle à un échelon ;</li> <li>❖ Identifier le modèle d'un système inconnu à partir de sa réponse temporelle à un échelon (Modèle de comportement) ;</li> <li>❖ Maîtriser les représentations fréquentielle dans les trois plans (Bode, Nyquist et Black) ;</li> <li>❖ Identifier le modèle d'un système inconnu à partir de sa réponse fréquentielle (Modèle de comportement) ;</li> <li>❖ Généraliser les représentations asymptotiques de Bode pour un système d'ordre quelconque ;</li> <li>❖ Analyser la stabilité d'un système asservi et déterminer les conditions permettant d'assurer la stabilité ;</li> <li>❖ Etudier la stabilité par analyse fréquentielle ;</li> <li>❖ Calculer l'erreur en régime permanent pour une entrée en échelon, rampe et accélération ;</li> <li>❖ Extraire du cahier des charges les performances désirées et choisir le correcteur qui convient le mieux pour une application donnée ;</li> <li>❖ Simuler, Mettre en œuvre une expérimentation (protocole expérimental), mesurer et valider les performances d'un système.</li> </ul>			
CONTENU	COMMENTAIRES	DUREE RECOMMANDEE	
<p><b>IV.1- SYSTEMES LINEAIRES CONTINUS INVARIANTS</b></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><b>IV.2- MODELISATION DES SYSTEMES DYNAMIQUES</b></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. La découverte des non linéarités (hystérésis, retard, saturation, seuil, ...) est réalisée lors des activités pratiques (TP), simulation et TD. Linéariser le modèle autour d'un point de fonctionnement.</p>	1 H	
<p><b>IV.3- TRANSFORMEES DE LAPLACE</b></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>IV.3.2.2- Dérivation</p> <p>IV.3.2.3- Intégration</p> <p>IV.3.2.4- Théorème du retard</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>		

<p>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>4 H</p>
<p><b>IV.4- SCHEMAS FONCTIONNELS ET LEURS TRANSFORMATIONS</b>  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>	<p>2 H</p>
<p><b>IV.5- ANALYSE TEMPORELLE DES SYSTEMES LINEAIRES FONDAMENTAUX</b>  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  IV.5.4.1.1- Equation différentielle  IV.5.4.1.2- Fonction de transfert</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<sup>eme</sup> ordre par un système du 1<sup>er</sup> ordre :  Notion des pôles dominants ;  Identification des paramètres des systèmes fondamentaux du 1<sup>er</sup> ordre et du 2<sup>eme</sup> ordre ;  Définir le système du premier ordre généralisé (ou à zéros) ;</p>	<p>8 H 45</p>

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	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).
--	--

<b>SYSTEMES LINEAIRES CONTINUS INVARIANTS (SUITE)</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	16 H 15	2 <sup>ème</sup> année	S2
CONTENU	COMMENTAIRES		DUREE RECOMMANDEE
<b>IV.6- ANALYSE DES PERFORMANCES DES SYSTEMES LINEAIRES CONTINUS</b> IV.6.1- Stabilité IV.6.1.1- Définition IV.6.1.2- Condition fondamentale de stabilité IV.6.1.3- Méthode algébrique : critère de Routh IV.6.1.4- Méthode graphique : critère du revers IV.6.1.5- Marges de stabilité (marge de gain et marge de phase) dans les plans de Bode, Nyquist et Black	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. Etudier la stabilité par analyse fréquentielle Autres critères graphiques de stabilité (Contour de Hall).		4 H
IV.6.2- Précision IV.6.2.1- Erreur en régime permanent IV.6.2.2- Erreur indicielle IV.6.2.3- Erreur de traînage IV.6.2.4- Erreur en accélération IV.6.2.5- Influence de la classe de la FTBO IV.6.2.6- Influence des perturbations	Montrer que l'action intégrale permet d'annuler l'erreur statique. Erreur due à la consigne Erreur due à la perturbation		2 H
IV.6.3- Rapidité IV.6.3.1- Définition IV.6.3.2- Temps de réponse à 5% IV.6.3.3- Bande passante			1 H
<b>IV.7- CORRECTION DES SYSTEMES ASSERVIS</b> IV.7.1- Nécessité de la correction IV.7.1.1- Cahier des charges : critères de performances (stabilité, précision et rapidité)	Mettre en évidence la nécessité de l'asservissement pour stabiliser le système.		

IV.7.1.2- Système asservi IV.7.1.2.1- Définition IV.7.1.2.2- Structure générale IV.7.1.2.3- Différents modes de fonctionnement (en poursuite et en régulation) IV.7.2- Différents types de correction IV.7.2.1- Correction Proportionnelle (P) IV.7.2.2- Correction Intégrale (I) IV.7.2.3- Correction Proportionnelle Intégrale (P.I) IV.7.2.4- Correction Proportionnelle Dérivée (P.D) IV.7.2.5- Correction Proportionnelle Intégrale Dérivée (PID) IV.7.2.6- Correction par avance de phase IV.7.2.7- Correction par retard de phase IV.7.2.8- Correction par avance et retard de phase IV.7.3- Rejet de perturbations IV.7.4- Synthèse des correcteurs	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. AUTRES TYPES DE CORRECTIONS Correction par « compensation de pôles », Correction par boucle interne (correction tachymétrique) ...	9 H 15
---	---	--------

<b>V. SYSTEMES LINEAIRES DISCRETS</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>2 H 30</b>	<b>2<sup>ème</sup> année</b>	<b>S2</b>
<b>Objectifs généraux</b> ❖ <i>Mettre en évidence les limites du modèle linéaire continu vis à vis l'augmentation de la période de l'échantillonnage ;</i> ❖ <i>Introduction de la discrétisation pour la commande numérique.</i>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<b>V.1- ECHANTILLONNAGE</b> V.1.1- Introduction V.1.2- Convertisseurs D/A V.1.3- Convertisseurs A/D V.1.4- Echantillonnage V.1.5- Propriétés spectrales <b>V.2- RECONSTRUCTION APPROCHEE DU SIGNAL</b> V.2.1- Interpolation linéaire V.2.2- Extrapolation linéaire – Bloqueur d'ordre 0	Découverte d'une implémentation numérique d'un système asservi à partir d'un calculateur.	2 H 30	

# FILIERE Technologique

## MODULE 1 : MECANIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES

<b>0. INTRODUCTION</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	2 H	1 <sup>ère</sup> année	S1
<b>Objectifs généraux</b> <ul style="list-style-type: none"><li>❖ Etudier un système dans sa globalité ;</li><li>❖ Savoir analyser une situation (savoir satisfaire les critères).</li></ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<b>INTRODUCTION</b> Cadre et objectifs des STA.	Etude du besoin, fonctions de service, cahier des charges, ...	2 H	

<b>I. MODELISATION ET PARAMETRAGE DES SYSTEMES MECANIQUES</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>7 H</b>	<b>1<sup>ère</sup> année</b>	<b>S1</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></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"> <li>❖ Paramétrer la position d'un solide dans un mécanisme en mouvement simple par rapport à un référentiel ;</li> <li>❖ Identifier le paramétrage d'une liaison élémentaire ;</li> <li>❖ Lire un schéma cinématique afin de comprendre le principe de fonctionnement ;</li> <li>❖ Etablir le graphe des liaisons à partir d'un schéma cinématique ;</li> <li>❖ Etablir les relations scalaires indépendantes qui découlent de la condition géométrique de la fermeture des chaînes cinématiques ;</li> <li>❖ Déterminer la loi "Entrée-Sortie".</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>I.1- NOTIONS DE SOLIDES INDEFORMABLES</b></p> <p><b>I.2- PARAMETRAGE DE LA POSITION D'UN SOLIDE PAR RAPPORT A UN REPERE</b></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	
<b>I.3- LIAISONS NORMALISEES ENTRE SOLIDES (CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES)</b>		2 H	
<b>I.4- PARAMETRAGE D'UN SYSTEME DE SOLIDES</b>		1 H 30	
<b>I.5- LECTURE D'UN SCHEMA CINEMATIQUE : ELABORATION DU GRAPHE DES LIAISONS ; LOI "ENTREE SORTIE"</b>		1 H 30	



<b>II. CINEMATIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>18 H</b>	<b>1<sup>ère</sup> année</b>	<b>S1 et S2</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></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"> <li>❖ Maîtriser la dérivation vectorielle ;</li> <li>❖ Déterminer le vecteur vitesse d'un point d'un solide par rapport à un autre solide ;</li> <li>❖ Déterminer le torseur cinématique d'un solide en mouvement par rapport à un autre solide et identifier le type de mouvement ;</li> <li>❖ 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 ;</li> <li>❖ Calculer le vecteur glissement en un point de contact de deux solides en mouvement ;</li> <li>❖ Décomposer le vecteur instantané de rotation en un vecteur rotation de roulement et un vecteur rotation de pivotement ;</li> <li>❖ Identifier un mouvement plan et utiliser les outils de la cinématique graphique pour déterminer le mouvement d'un solide ;</li> <li>❖ Déterminer le vecteur accélération d'un point d'un solide par rapport à un autre solide.</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>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</b></p> <p><b>II.2-CINEMATIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES</b></p> <p>II.2.1. Appartenance réelle ou fictive d'un point à un solide</p> <p>II.2.2. Vitesse d'un point supposé appartenant à un solide</p> <p>II.2.3. Champ des 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"> <li>* Système de transformation de mouvement (bielle-manivelle, vis-écrou, etc.) ;</li> <li>* Robots (composition de mouvement) ;</li> <li>* Roulement avec et sans glissement entre deux roues à axes parallèles ;</li> <li>* Des réducteurs de vitesses à engrenages à axes parallèles ou concourants ;</li> <li>* Mécanisme à quatre barres ; ...</li> </ul>	4 H / S1	

<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</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>7 H / S2</p>
<p><b>II.3-CINEMATIQUE DES SOLIDES EN CONTACT</b></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>3 H 30 / S2</p>
<p><b>II.4-MOUVEMENT PLAN SUR PLAN (CINEMATIQUE PLANE)</b></p> <p>II.4.1. Définition</p> <p>II.4.2. Centre Instantané de Rotation</p> <p>II.4.3. Cinématique graphique (équiprojectivité et triangle des vitesses)</p> <p>II.4.4. Recherche géométrique du Centre Instantané de Rotation</p> <p>II.4.5. Mouvement plan sur plan de trois plans</p>		<p>3 H 30 / S2</p>

<b>III.STATIQUE DES SOLIDES</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>15 H</b>	<b>1<sup>re</sup> année</b>	<b>S2</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></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"> <li>❖ 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 ;</li> <li>❖ Déterminer le torseur représentatif d'un couple et constater son indépendance vis-à-vis du point de réduction ;</li> <li>❖ Déterminer la densité, en un point donné, 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 ;</li> <li>❖ Déterminer le torseur des actions mécaniques transmissibles par une liaison élémentaire parfaite ou avec frottement de glissement ;</li> <li>❖ Tracer le graphe d'analyse du mécanisme (graphe des liaisons avec les actions mécaniques extérieures exercées sur le mécanisme) ;</li> <li>❖ Identifier le nombre de sous-systèmes indépendants à isoler ;</li> <li>❖ Identifier le nombre d'équations algébriques à écrire (modélisation spatiale et plane) ;</li> <li>❖ Isoler un à un chacun des sous-systèmes indépendants ; Identifier son extérieur ; Faire l'inventaire des actions mécaniques extérieures exercées sur chaque sous-système ;</li> <li>❖ 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 ;</li> <li>❖ Déterminer, au point choisi, le torseur résultant de toutes les actions mécaniques extérieures exercées sur le sous-système isolé ;</li> <li>❖ 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 ;</li> <li>❖ Traiter des cas d'arc-boutement, de maintien de contact et du basculement comme applications ;</li> <li>❖ Exploiter et interpréter les résultats obtenus.</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>III.1- MODELISATION DES ACTIONS MECANIQUES</b></p> <p>III.1.1- Définition, Classification et premier principe de la statique</p> <p>III.1.2- Modélisation des actions mécaniques</p>		3 H	

<p>III.1.3- Charges concentrées (Forces concentrées et Couples)</p> <p>III.1.4- Echelon Action de la pesanteur et Action d'un moteur</p> <p><b>III.2- ACTIONS MECANQUES REPARTIES ; DENSITE DE CHARGE ; APPLICATION A UN CHARGEMENT UNIFORME</b></p>		
<p><b>III.3- ACTIONS MECANQUES TRANSMISSIBLES ; LIAISON PARFAITE (SANS FROTTEMENT)</b></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><b>III.4- STATIQUE DES SOLIDES</b></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>8 H</p>

<b>IV.GEOMETRIE DES MASSES</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>5 H</b>	<b>2<sup>ème</sup> année</b>	<b>S1</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></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"> <li>❖ Déterminer le centre d'inertie d'un solide continu et d'un système composé d'un ensemble de solides continus</li> <li>❖ Déterminer la matrice d'inertie d'un solide en un point quelconque</li> <li>❖ Identifier un repère principal d'inertie (symétries matérielles)</li> <li>❖ Déterminer la matrice d'inertie des solides de forme géométrique obtenue à partir d'association de formes élémentaires</li> <li>❖ Appliquer le théorème de Huygens et déterminer la matrice d'inertie d'un système composé d'un ensemble de solides continus</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>IV.1- CENTRE D'INERTIE D'UN SOLIDE CONTINU (DE FORME ELEMENTAIRE) : DEFINITION ET INCIDENCE DE LA SYMETRIE MATERIELLE</b></p> <p><b>IV.2- CENTRE D'INERTIE D'UN SOLIDE COMPOSE - FORMULE DU BARYCENTRE : DEFINITION ET INCIDENCE DE LA SYMETRIE MATERIELLE</b></p> <p><b>IV.3- THEOREMES DE GULDIN : PREMIER THEOREME ; DEUXIEME THEOREME</b></p> <p><b>IV.4- OPERATEUR D'INERTIE</b></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><b>IV.5- MATRICE D'INERTIE D'UN SOLIDE COMPOSE. FORMULE DE CHANGEMENT DE BASE</b></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	

<b>V. CINETIQUE</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>6 H</b>	<b>2<sup>ème</sup> année</b>	<b>S1</b>
<p><b>Objectifs généraux :</b></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"> <li>❖ Déterminer le torseur cinétique, le torseur dynamique et l'énergie cinétique d'un ensemble de solides en mouvement par rapport à un référentiel</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>V.1- TORSEUR CINETIQUE OU TORSEUR DES QUANTITES DE MOUVEMENT</b></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><b>V.2- TORSEUR DYNAMIQUE OU DES QUANTITES D'ACCELERATION</b></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><b>V.3- ENERGIE CINETIQUE</b></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>	<p>6 H</p>	

<b>VI.DYNAMIQUE DES SYSTEMES DE SOLIDES</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>7 H</b>	<b>2<sup>ème</sup> année</b>	<b>S2</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></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"> <li>❖ Déterminer les inconnues de liaison ou les efforts extérieurs spécifiés dans le cas où le mouvement est imposé en appliquant le PFD</li> <li>❖ Donner la loi du mouvement sous forme d'équations différentielles en appliquant le PFD</li> <li>❖ Déterminer les conditions d'équilibrage d'un solide en rotation autour d'un axe fixe</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>VI.1- PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE</b></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><b>VI.2- THEOREME DES ACTIONS MUTUELLES</b></p> <p><b>VI.3- APPLICATIONS</b></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	

<b>VII. ENERGETIQUE</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>6 H</b>	<b>2<sup>ème</sup> année</b>	<b>S2</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></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"> <li>❖ Calculer la puissance développée par les actions au niveau des liaisons</li> <li>❖ Calculer la puissance développée par les actions extérieures à un système en mouvement par rapport à un référentiel</li> <li>❖ Déterminer les inconnues de liaison ou les efforts extérieurs spécifiés dans le cas où le mouvement est imposé en appliquant le TEC</li> <li>❖ Donner la loi du mouvement sous forme d'équations différentielles dans le cas où les efforts extérieurs sont connus en appliquant le TEC</li> </ul>			
<b>CONTENUS</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>VII.1- PUISSANCE</b></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><b>VII.2- ENERGIE POTENTIELLE</b></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><b>VII.3- THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE (TEC)</b></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 : RESISTANCE DES MATERIAUX**

<b>I. RESISTANCE DES MATERIAUX</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>14 H</b>	<b>2<sup>ème</sup> année</b>	<b>S2</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></p> <p>Modéliser, prévoir et vérifier les dimensions d'une poutre</p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Dresser le bilan des actions mécaniques extérieures s'exerçant sur la poutre ;</li> <li>❖ 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 le solide auquel elle est liée et faisant foi du bâti ;</li> <li>❖ 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)</li> <li>❖ Définir les travées de coupure de la poutre ;</li> <li>❖ Travée par travée, effectuer la coupure, isoler une partie, lui appliquer le PFS et déterminer le torseur de cohésion interne ;</li> <li>❖ Tracer le diagramme des efforts intérieurs au long de la poutre et déterminer leurs valeurs maximales ;</li> <li>❖ Vérifier la (ou les) condition(s) de résistance de la poutre ou déterminer ses dimensions transversales ;</li> <li>❖ Déterminer la déformation de la poutre droite soumise à une sollicitation simple.</li> </ul>			
<b>CONTENUS</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>I.1 POUTRE DROITE</b></p> <p>I.1.1- Définition I.1.2- Hypothèses</p> <p><b>I.2 PROPRIETES GEOMETRIQUES D'UNE SECTION DROITE</b></p> <p>I.2.1- Centre géométrique d'une surface plane I.2.2- Moment statique d'une surface plane I.2.3- Moment quadratique d'une surface plane I.2.4- Moment quadratique polaire d'une surface plane</p> <p><b>I.3 PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA STATIQUE APPLIQUE A LA POUTRE</b></p> <p>I.3.1- Modélisation des actions mécaniques extérieures exercées sur la poutre</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ On se limite aux poutres isostatiques ;</li> <li>✓ Les caractéristiques géométriques des sections droites seront établies dans le cas de sections simples : circulaires et rectangulaires ;</li> <li>✓ Les notations et les schématisations utilisées doivent être conformes à la norme en vigueur (en 3D ou en 2D) ;</li> <li>✓ L'étude de la torsion ne doit être appliquée qu'à une poutre droite de section circulaire.</li> </ul>	14 H	

I.3.2- Application du Principe  
Fondamental de la Statique  
(PFS)

I.3.3- Résolution : Détermination des  
réactions aux appuis

#### **I.4 TORSEUR DES EFFORTS DE COHESION INTERNE**

I.4.1- Effort normal

I.4.2- Effort tranchant

I.4.3- Moment fléchissant

I.4.4- Moment de torsion

I.4.5- Relation entre effort tranchant  
et moment de flexion

#### **I.5 DIAGRAMME DES EFFORTS INTERIEURS AU LONG DE LA POUTRE**

#### **I.6 NOTION DE CONTRAINTES**

I.6.1- Vecteur contrainte

I.6.2- Contrainte normale

I.6.3- Contrainte tangentielle

#### **I.7 SOLLICITATIONS SIMPLES**

I.7.1- Traction – Compression

I.7.1.1- Essai de traction

I.7.1.2- Contrainte normale

I.7.1.3- Déformation

I.7.1.4- Loi de comportement : Loi de  
Hooke

I.7.1.5- Condition de résistance

I.7.2- Cisaillement simple

I.7.2.1- Contrainte de cisaillement

I.7.2.2- Condition de résistance

I.7.3- Flexion plane simple

I.7.3.1- Contrainte normale due au  
moment de flexion

I.7.3.2- Contrainte tangentielle due à  
l'effort tranchant

I.7.3.3- Equation de la déformée

I.7.3.4- Condition de résistance à la  
contrainte normale

I.7.4- Torsion

I.7.4.1- Déformation

I.7.4.2- Contrainte tangentielle due au  
moment de torsion

I.7.4.3- Condition de résistance  
Condition de rigidité

## MODULE 3 : AUTOMATIQUE

<b>I. INTRODUCTION</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>2 H</b>	<b>1<sup>ère</sup> année</b>	<b>S1</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Analyser le fonctionnement d'un système automatique ;</li> <li>❖ Extraire du cahier des charges les objectifs de l'automatisation et les performances désirées ;</li> <li>❖ Identifier le système à commander et choisir la commande adéquate (logique ou asservi).</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<p><b>I.1- INTRODUCTION</b></p> <p>I.1.1- Définitions</p> <p>I.1.1.1- Automatique</p> <p>I.1.1.2- Automatisme</p> <p>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>I.1.3.1- Partie commande ou chaîne d'informations (processeurs, mémoires, régulateurs, convertisseurs,...)</p> <p>I.1.3.2- Pré actionneurs</p> <p>I.1.3.3- Capteurs</p> <p>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) La chaîne d'énergie contient la fonction « distribuer énergie » (pré actionneur)</p>	1 H	
<p><b>I.2- DIFFERENTS TYPES DE SYSTEMES AUTOMATISES</b></p> <p>I.2.1- Systèmes logiques</p> <p>I.2.1.1- Combinatoires</p> <p>I.2.1.2- Séquentiels</p> <p>I.2.2- Systèmes asservis</p> <p>I.2.2.1- Continus</p> <p>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><b>I.3- NOTION DE CAHIER DES CHARGES</b></p> <p>I.3.1- Définition</p> <p>I.3.2- Critères et niveaux de performance</p> <p>I.3.3- Démarche d'automatisation</p>	<p>Il faut mettre en lumière les étapes d'automatisation d'un système pluridisciplinaire.</p>	0 H 30	

<b>II. SYSTEMES LOGIQUES COMBINATOIRES</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>5 H</b>	<b>1<sup>ère</sup> année</b>	<b>S1</b>
<p><b>Objectifs généraux</b></p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Identifier un système combinatoire ;</li> <li>❖ Coder une information ;</li> <li>❖ Décrire le fonctionnement du système par une table de vérité ;</li> <li>❖ Exprimer le fonctionnement du système par un ensemble d'équations logiques ;</li> <li>❖ Optimiser la représentation logique par simplification ;</li> <li>❖ Représenter un logigramme et simuler son fonctionnement.</li> </ul>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>		<b>DUREE RECOMMANDEE</b>
<p><b>II.1- CODAGE DE L'INFORMATION</b></p> <p>II.1.1- Variables et mots binaires II.1.2- Codes binaires II.1.2.1- Naturel II.1.2.2- Réfléchi ou GRAY</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><b>II.2- FONCTIONS LOGIQUES</b></p> <p>II.2.1- Variable logique II.2.2- Opérateurs logiques II.2.3- Algèbre de Boole II.2.3.1- Définition II.2.3.2- Propriétés de base II.2.3.3- Théorèmes de Morgan II.2.4- Spécification d'une fonction logique II.2.4.1- Table de vérité II.2.4.2- Table de Karnaugh II.2.5- Expressions canoniques II.2.5.1- Somme de produits (<math>\Sigma\pi</math>) II.2.5.2- Produit de sommes (<math>\pi\Sigma</math>) II.2.6- Fonctions logiques incomplètement spécifiées II.2.6.1- Définition II.2.6.2- Etat indifférent 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><b>II.3- SIMPLIFICATION DES EXPRESSIONS DES FONCTIONS LOGIQUES</b></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 <math>\Sigma\pi</math> et <math>\pi\Sigma</math> 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>		2 H

<p><b>II.4- ETUDE DE QUELQUES SYSTEMES COMBINATOIRES</b></p> <p>II.4.1- Codeurs / Décodeurs  II.4.2- Transcodeurs  II.4.3- Afficheurs</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><b>III. SYSTEMES SEQUENTIELS ET MODELE GRAFCET</b></p>	<p>VOLUME HORAIRE RECOMMANDE</p>	<p>NIVEAU</p>	<p>SEMESTRE</p>
	<p>14 H</p>	<p>1<sup>ère</sup> année</p>	<p>S1</p>
<p><b>Objectifs généraux</b></p> <p>L'étudiant doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Identifier les systèmes séquentiels ;</li> <li>❖ Elaborer les trois niveaux d'un GRAFCET ;</li> <li>❖ Appliquer les cinq règles d'évolution du GRAFCET.</li> </ul>			
<p><b>CONTENU</b></p>	<p><b>COMMENTAIRES</b></p>		<p><b>DUREE RECOMMANDEE</b></p>
<p><b>III.1- SYSTEMES SEQUENTIELS</b></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>Définir le bistable RS.</p> <p>Donner un exemple de réalisation d'une mémoire.</p>		<p>2 H</p>
<p><b>III.2- MODELE GRAFCET</b></p> <p>III.2.1- Introduction  III.2.2- Eléments de base du GRAFCET  III.2.1.1- Etape (initiale, situation du grafcet, bit d'état d'une étape X)  III.2.1.2- Actions (continue, conditionnelle, temporisée, mémorisée, impulsionnelle)  III.2.1.3- Transition</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>Présenter les moyens de gérer la hiérarchisation des grafkets (synchronisation à l'aide des bits d'état X, macro-étapes).</p>		<p>8 H</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>III.2.1.4- Réceptivités (à niveau, à front, temporisée, mémoire d'étape, toujours vraie, de comptage)</li> <li>III.2.1.5- Liaisons orientées</li> <li>III.2.3- Règles d'évolution du GRAFCET <ul style="list-style-type: none"> <li>III.2.3.1- Situation initiale</li> <li>III.2.3.2- Franchissement d'une transition</li> <li>III.2.3.3- Evolution des étapes actives</li> <li>III.2.3.4- Evolutions simultanées</li> <li>III.2.3.5- Activation et désactivation simultanées</li> </ul> </li> <li>III.2.4- Différents points de vue d'un GRAFCET <ul style="list-style-type: none"> <li>III.2.4.1- Grafcet du point de vue système</li> <li>III.2.4.2- Grafcet du point de vue partie opérative</li> <li>III.2.4.3- Grafcet du point de vue partie commande</li> </ul> </li> <li>III.2.5- Structure de base d'un GRAFCET <ul style="list-style-type: none"> <li>III.2.5.1- Séquence unique</li> <li>III.2.5.2- Sélection de séquences ou aiguillage en OU (séquences exclusives, saut d'étapes, reprise de séquence, réunion de séquences)</li> <li>III.2.5.3- Séquences simultanées ou aiguillage en ET</li> <li>III.2.5.4- Synchronisation de deux grafkets</li> </ul> </li> <li>III.2.6- Structure hiérarchisées des grafkets <ul style="list-style-type: none"> <li>III.2.6.1- Dialogue entre grafkets</li> <li>III.2.6.2- Marco-étape</li> <li>III.2.6.3- Macro-action</li> </ul> </li> </ul>		
<p><b>III.3- GUIDE D'ETUDE DES MODES DE MARCHE ET D'ARRET (GEMMA)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>III.3.1- Définition</li> <li>III.3.2- Description du GEMMA <ul style="list-style-type: none"> <li>III.3.2.1- Procédures d'arrêt ou les états (A1-7)</li> <li>III.3.2.2- Procédures de fonctionnement ou les états (F1-6)</li> <li>III.3.2.3- Procédures de défaillance ou les états (D1-3)</li> </ul> </li> <li>III.3.3- Mode d'emploi de GEMMA</li> </ul>	<p>On montre que GEMMA est un outil d'aide à la synthèse du cahier des charges. Il permet de faciliter la conduite, la maintenance et l'évolution du système.</p>	<p>4 H</p>

IV. SYTEMES LINEAIRES CONTINUS INVARIANTS	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	16 H 45	2 <sup>ème</sup> année	S1
<p><b>Objectifs généraux</b></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"> <li>❖ Construire la fonction de transfert modélisant le comportement d'un système asservi (modèle de connaissance) ;</li> <li>❖ Maîtriser la représentation de la réponse temporelle à un échelon ;</li> <li>❖ Identifier le modèle d'un système inconnu à partir de sa réponse temporelle à un échelon (Modèle de comportement) ;</li> <li>❖ Maîtriser les représentations fréquentielle dans les trois plans (Bode, Nyquist et Black) ;</li> <li>❖ Identifier le modèle d'un système inconnu à partir de sa réponse fréquentielle (Modèle de comportement) ;</li> <li>❖ Généraliser les représentations asymptotiques de Bode pour un système d'ordre quelconque ;</li> <li>❖ Analyser la stabilité d'un système asservi et déterminer les conditions permettant d'assurer la stabilité ;</li> <li>❖ Etudier la stabilité par analyse fréquentielle ;</li> <li>❖ Calculer l'erreur en régime permanent pour une entrée en échelon, rampe et accélération ;</li> <li>❖ Extraire du cahier des charges les performances désirées et choisir le correcteur qui convient le mieux pour une application donnée ;</li> <li>❖ Simuler, Mettre en œuvre une expérimentation (protocole expérimental), mesurer et valider les performances d'un système.</li> </ul>			
CONTENU	COMMENTAIRES	DUREE RECOMMANDEE	
<p><b>IV.1- SYSTEMES LINEAIRES CONTINUS INVARIANTS</b></p> <p>IV.1.1- Définitions  IV.1.1.1- Linéarité  IV.1.1.2- Continuité  IV.1.1.3- Invariance  IV.1.1.4- Causalité</p> <p>IV.1.2- Signaux canoniques  IV.1.2.1- Impulsion de Dirac  IV.1.2.2- Echelon  IV.1.2.3- Rampe  IV.1.2.4- Sinusoïde</p>		1 H	
<p><b>IV.2- MODELISATION DES SYSTEMES DYNAMIQUES</b></p> <p>IV.2.1- Modèle de connaissance  IV.2.2-Modèle de comportement  IV.2.3-Linéarisation autour d'un point de fonctionnement</p>	<p>Montrer les limites du modèle linéaire. La découverte des non linéarités (hystérésis, retard, saturation, seuil, ...) est réalisée lors des activités pratiques (TP), simulation et TD. Linéariser le modèle autour d'un point de fonctionnement.</p>	1 H	
<p><b>IV.3- TRANSFORMEES DE LAPLACE</b></p> <p>IV.3.1- Définition  IV.3.2- Propriétés principales de la T.L  IV.3.2.1- Linéarité  IV.3.2.2- Dérivation  IV.3.2.3- Intégration  IV.3.2.4- Théorème du retard</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>		

<p>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>4 H</p>
<p><b>IV.4- SCHEMAS FONCTIONNELS ET LEURS TRANSFORMATIONS</b>  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>	<p>2 H</p>
<p><b>IV.5- ANALYSE TEMPORELLE DES SYSTEMES LINEAIRES FONDAMENTAUX</b>  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  IV.5.4.1.1- Equation différentielle  IV.5.4.1.2- Fonction de transfert</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<sup>eme</sup> ordre par un système du 1<sup>er</sup> ordre :  Notion des pôles dominants ;  Identification des paramètres des systèmes fondamentaux du 1<sup>er</sup> ordre et du 2<sup>eme</sup> ordre ;  Définir le système du premier ordre généralisé (ou à zéros) ;</p>	<p>8 H 45</p>



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	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).
--	--

<b>SYSTEMES LINEAIRES CONTINUS INVARIANTS (SUITE)</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	16 H 15	2 <sup>ème</sup> année	S2
CONTENU	COMMENTAIRES		DUREE RECOMMANDEE
<b>IV.6- ANALYSE DES PERFORMANCES DES SYSTEMES LINEAIRES CONTINUS</b>  IV.6.1- Stabilité IV.6.1.1- Définition IV.6.1.2- Condition fondamentale de stabilité IV.6.1.3- Méthode algébrique : critère de Routh IV.6.1.4- Méthode graphique : critère du revers IV.6.1.5- Marges de stabilité (marge de gain et marge de phase) dans les plans de Bode, Nyquist et Black	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. Etudier la stabilité par analyse fréquentielle Autres critères graphiques de stabilité (Contour de Hall).		4 H
IV.6.2- Précision IV.6.2.1- Erreur en régime permanent IV.6.2.2- Erreur indicielle IV.6.2.3- Erreur de traînage IV.6.2.4- Erreur en accélération IV.6.2.5- Influence de la classe de la FTBO IV.6.2.6- Influence des perturbations	Montrer que l'action intégrale permet d'annuler l'erreur statique. Erreur due à la consigne Erreur due à la perturbation		2 H
IV.6.3- Rapidité IV.6.3.1- Définition IV.6.3.2- Temps de réponse à 5% IV.6.3.3- Bande passante			1 H
<b>IV.7- CORRECTION DES SYSTEMES ASSERVIS</b>  IV.7.1- Nécessité de la correction IV.7.1.1- Cahier des charges : critères de performances (stabilité, précision et rapidité)	Mettre en évidence la nécessité de l'asservissement pour stabiliser le système.		

IV.7.1.2- Système asservi IV.7.1.2.1- Définition IV.7.1.2.2- Structure générale IV.7.1.2.3- Différents modes de fonctionnement (en poursuite et en régulation) IV.7.2- Différents types de correction IV.7.2.1- Correction Proportionnelle (P) IV.7.2.2- Correction Intégrale (I) IV.7.2.3- Correction Proportionnelle Intégrale (P.I) IV.7.2.4- Correction Proportionnelle Dérivée (P.D) IV.7.2.5- Correction Proportionnelle Intégrale Dérivée (PID) IV.7.2.6- Correction par avance de phase IV.7.2.7- Correction par retard de phase IV.7.2.8- Correction par avance et retard de phase IV.7.3- Rejet de perturbations IV.7.4- Synthèse des correcteurs	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. AUTRES TYPES DE CORRECTIONS Correction par « compensation de pôles », Correction par boucle interne (correction tachymétrique) ...	9 H 15
---	---	--------

<b>V. SYSTEMES LINEAIRES DISCRETS</b>	VOLUME HORAIRE RECOMMANDE	NIVEAU	SEMESTRE
	<b>2 H 30</b>	<b>2<sup>ème</sup> année</b>	<b>S2</b>
<b>Objectifs généraux</b> ❖ <i>Mettre en évidence les limites du modèle linéaire continu vis à vis l'augmentation de la période de l'échantillonnage ;</i> ❖ <i>Introduction de la discrétisation pour la commande numérique.</i>			
<b>CONTENU</b>	<b>COMMENTAIRES</b>	<b>DUREE RECOMMANDEE</b>	
<b>V.1- ECHANTILLONNAGE</b> V.1.1- Introduction V.1.2- Convertisseurs D/A V.1.3- Convertisseurs A/D V.1.4- Echantillonnage V.1.5- Propriétés spectrales <b>V.2- RECONSTRUCTION APPROCHEE DU SIGNAL</b> V.2.1- Interpolation linéaire V.2.2- Extrapolation linéaire – Bloqueur d'ordre 0	Découverte d'une implémentation numérique d'un système asservi à partir d'un calculateur.	2 H 30	