

SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGÉNIEUR

PREMIÈRE ANNÉE : PCSI

I - OBJECTIFS DE FORMATION

FINALITES

Les sciences industrielles pour l'ingénieur en classes préparatoires marocaines renforcent l'interdisciplinarité à travers l'analyse de réalisations industrielles existantes.

Il s'agit de modéliser des systèmes manufacturés relevant de tous les secteurs technologiques, de déterminer leurs grandeurs caractéristiques et de communiquer et interpréter les résultats obtenus en vue de faire évoluer le système réel.

Les finalités de l'enseignement des sciences industrielles pour l'ingénieur sont d'une part, la maîtrise d'outils fondamentaux de la mécanique et de l'automatique, ainsi que les connaissances de base des technologies associées, et, d'autre part, la capacité à mobiliser ces connaissances pour analyser des cas concrets, imaginer des solutions, prendre des décisions et communiquer des résultats.

OBJECTIFS GENERAUX:

L'enseignement des connaissances en Sciences Industrielles pour l'ingénieur repose sur l'analyse et la critique des systèmes industriels existants. Celles-ci permettent, d'une part, d'analyser les besoins, la structure, l'évolution, la modélisation de l'existant et, d'autre part, d'analyser des architectures définies par un cahier des charges.

A partir de supports industriels placés dans leur environnement technico-économique, les étudiants doivent être capables:

- d'analyser des réalisations industrielles en:

- conduisant l'analyse fonctionnelle (blocs fonctionnels) ;
- décrivant le fonctionnement avec les outils de la communication technique ;
- conduisant l'analyse structurelle des blocs fonctionnels principaux (architecture et composants) ;

- de vérifier les performances globales d'un système industriel et le comportement de certains constituants en proposant une modélisation adaptée et en formulant les hypothèses nécessaires ;

- d'imaginer des solutions par l'association de blocs fonctionnels répondant à un besoin exprimé ;

- de revenir sur la modélisation retenue si nécessaire.

L'utilisation de l'outil informatique, pendant les activités de travaux dirigés, exploitant des logiciels de modélisation, de calcul ou de simulation, permet une étude plus précise du comportement des systèmes étudiés.

II- PROGRAMME

II-1 : Cours - TD : (2 heures hebdomadaires programmées, de préférence, le matin)

Les connaissances associées à l'étude des systèmes, à la communication technique, à la mécanique et à l'automatique sont précisées dans la colonne de gauche, tandis que les compétences attendues accompagnées de commentaires figurent dans la colonne de droite.

N.B : L'ordre du programme est imposé. L'horaire conseillé est indiqué.

II-2 : Travaux pratiques : (2 heures hebdomadaires par demi-classe découpée en groupes de binômes)

Les travaux pratiques se réfèrent aux différentes parties du programme. Ils sont organisés autour de produits industriels instrumentés, de matériels didactisés constitués de composants industriels ou de logiciels de simulation d'analyse et de calcul.

Ils permettent de découvrir la réalité des solutions techniques, de vérifier des performances, de valider des concepts de base abordés dans les cours magistraux ou d'apporter des connaissances nouvelles. Ils nécessitent des activités sur des systèmes industriels et conduisent à effectuer:

- des mesures en comportement réel,
- des réglages et des mises au point.

Ils contribuent à associer aux solutions techniques une modélisation permettant l'utilisation de lois de la mécanique et de l'automatique et une exploitation de l'ensemble des connaissances scientifiques identifiées dans les différentes parties du programme. Ils permettent de formuler ou de reformuler des hypothèses pour l'étude du réel et d'apprécier leurs limites de validité.

Ils permettent d'acquérir la connaissance de solutions industrielles répondant à un besoin défini. Ils développent le sens de l'observation, le goût du concret, la prise d'initiative et de responsabilité.

Les activités des travaux pratiques peuvent, également, porter sur l'analyse de documents scientifiques et techniques, ce qui permettra de développer chez l'étudiant l'esprit d'analyse de synthèse et de critique, ainsi qu'une maîtrise des outils de description et de communication.

Programme	Commentaires
<p>1- Étude des systèmes 7h*</p> <p>1 .1) Présentation générale des systèmes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - matière d'œuvre ; - valeur ajoutée ; - fonction ; - performance. <p>1.2) Classification selon :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le domaine d'application ; - la nature de la matière d'œuvre ; - la nature des flux ; - les critères technico-économiques. <p>1.3) Chaînes fonctionnelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - partie commande, partie opérative ; - relations entre partie commande et partie opérative ; - relations entre partie commande et opérateur ; - distinction des chaînes d'information et d'énergie ; - identification et description des constituants : actionneurs, pré actionneurs et capteurs. 	<p><u>Il est nécessaire que l'enseignement se déroule dans un labo de SI.</u></p> <p>Les activités sont organisées à partir :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de dossiers techniques incluant des documents multimédia ; - de supports physiques dédiés ; - de maquettes didactisées ; - d'outils de simulation numérique. <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> <p>Les compétences acquises doivent permettre :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de situer le système industriel dans son domaine d'activité ; - d'identifier les matières d'œuvre entrantes et sortantes du système ; - de préciser les caractéristiques de la valeur ajoutée par le système - d'identifier et caractériser les éléments de structure (sous-ensembles fonctionnels, chaînes fonctionnelles, partie opérative et partie commande). <p>Des compléments relatifs à la détermination de certaines performances des composants d'une chaîne fonctionnelle (capteurs, actionneurs ...) peuvent être traités en TP.</p> <p>Ainsi ces activités d'étude des systèmes peuvent être introduites dès le début de l'année scolaire, et serviront de présentation pour l'enseignement dispensé tout au long des deux années de formation.</p> <p>Les documents techniques proposés (perspectives, vues éclatées, photos, documents multimédia ...) sont directement interprétables par un bachelier scientifique.</p> <p>Les schématisations électrique, hydraulique et pneumatique simples, ne doivent être abordées qu'au travers de l'étude de documents techniques en TP. Les étudiants doivent disposer en permanence de</p>

<p>1.4) Les modèles de description fonctionnels et structurels, cahier des charges fonctionnel (Outil FAST et SADT).</p>	<p>documentation sur la normalisation de ces schématisations.</p> <p>Le Cahier des Charges Fonctionnel est l'outil privilégié pour associer les performances attendues aux fonctions à satisfaire par un système.</p> <p>L'outil de représentation FAST est privilégié pour l'analyse fonctionnelle et structurelle des systèmes.</p> <p>L'outil de représentation SADT est privilégié pour la décomposition structurelle en sous-ensembles fonctionnels.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre de <u>compléter</u> une description fonctionnelle ou structurelle limitée à deux niveaux consécutifs.</p> <p>Tout autre outil de description (Diagramme pieuvre, bête à cornes ...) seront introduits en lecture à travers les TP.</p>
<p>2- Communication technique : Dessin technique 3h*</p>	<p>les représentations demandées sont limitées à l'allure générale des pièces simples.</p> <p>L'approfondissement des outils et du vocabulaire de communication technique sera une activité de TP et peut se faire progressivement tout au long de l'année.</p> <p>La lecture d'un dessin d'ensemble ainsi que l'initiation aux logiciels de conception volumique seront aussi traités en TP.</p>
<p>3- Mécanique :</p> <p>A) Modélisation géométrique des liaisons 4h*</p> <p>A.1) Contact entre solides : Géométrie générale des contacts entre deux solides, degrés de liberté (mobilité).</p> <p>A.2) Liaisons entre solides : définition. Liaisons normalisées entre solides : caractéristiques géométriques et degrés de liberté et symboles normalisés.</p> <p>A.3) Modélisation cinématique</p>	<p>A partir d'un système mécanique réel ou simulé numériquement ou codifié sous forme de documents compréhensibles sans pré requis, Les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modéliser les liaisons entre solides ; - Réaliser le graphe de structure ; - Dresser un schéma cinématique et lui associer le paramétrage retenu ; - Modifier le schéma cinématique d'une solution pour répondre au cahier des charges. <p>Ces compétences seront atteintes en</p>

<p>des systèmes mécaniques. Modélisation des liaisons ; Graphe de liaisons ; Schémas cinématiques spatial et plan.</p> <p>B) Cinématique du solide indéformable 16h*</p> <p>B.1) Rappels et compléments de calcul vectoriel et torsoriel</p> <p>B.2) Définition d'un solide indéformable : Référentiel : espace, temps. Repère attaché à un référentiel. Équivalence entre référentiel et solide indéformable.</p> <p>B.3) Paramétrage : angles d'Euler ; trajectoire d'un point par rapport à un référentiel.</p> <p>B.4) Dérivée temporelle d'un vecteur par rapport à un référentiel. Relation entre les dérivées temporelles d'un vecteur par rapport à deux référentiels distincts. Vecteur-vitesse de rotation de deux référentiels en mouvement l'un par rapport à l'autre.</p> <p>B.5) Champs des vecteurs- vitesse et des vecteurs- accélération pour un solide ; torseur distributeur des vitesses ; équiprojectivité du champ des vecteurs- vitesse. Axe instantané de rotation. Torseurs cinématiques des liaisons normalisées, repères d'expression privilegiés.</p> <p>Composition des mouvements.</p> <p>B.6) Mouvements particuliers translation, rotation et mouvement plan sur plan : centre instantané de rotation, théorème des trois plans glissants.</p> <p>Résolution graphique de</p>	<p>complémentarité entre les séances de cours et de TP.</p> <p>Mettre l'accent sur les opérations vectorielles rencontrées en cinématique. Donner la notion de torseur et se limiter aux opérations nécessaires pour mener à bien un calcul de mécanique. Se concerter avec le professeur de physique pour éviter de reprendre les mêmes notions.</p> <p>Pour la dérivée d'un vecteur, on insiste sur la différence entre référentiel d'observation et éventuelle base d'expression du résultat.</p> <p>À partir d'un système mécanique pour lequel un <u>paramétrage est donné</u>, les compétences acquises doivent permettre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - déterminer le torseur cinématique d'un solide par rapport à un autre solide ; - déterminer la trajectoire d'un point d'un solide par rapport à un autre solide ; - déterminer le vecteur accélération d'un point d'un solide par rapport à un autre solide ; - Exploiter le roulement sans glissement. <p>Les développements et les calculs complexes ainsi que les simulations peuvent faire l'objet d'un traitement informatique en TP.</p>
--	--

problèmes plans.

B.7) Cinématique du contact ponctuel entre deux solides :

- roulement, pivotement,
- Vitesse de glissement ;
- condition cinématique de maintien du contact.

B.8) Exemples d'application étude cinématique des mécanismes de transmission et de transformation de mouvement,...

C) Statique des solides 10h*

C.1) Modélisation locale des actions mécaniques :

- Actions à distance et de contact ;
- Lois de Coulomb relatives au glissement, au roulement et au pivotement ;

C.2) Modélisation globale des actions mécaniques : torseur associé.

C.3) Action mécanique transmissible par une liaison sans frottement. Cas des liaisons normalisées et de la modélisation plane.

C.4) Principe fondamental de la statique

- Théorèmes généraux.
- Équilibre d'un solide, d'un ensemble de solides.
- Théorème des actions réciproques.

C.5) Applications :

- Modèles avec ou sans frottement ;
- Méthodes de résolution graphique de problèmes plans.

A travers des TP, proposer aux étudiants des manipulations relatives aux mécanismes de transmission et de transformation de mouvement.

L'écriture systématique des $6n$ équations d'un système composé de n solides est à proscrire.

Dans le cas de la résolution graphique se limiter aux cas d'équilibre sous l'action de trois forces maximum. L'étude générale des funiculaires n'est pas au programme.

Les actions mécaniques extérieures sur tout ou partie d'un mécanisme et un schéma d'architecture étant fournis, les compétences acquises doivent permettre de :

- choisir la méthode et conduire le calcul jusqu'à la détermination complète des inconnues de liaison ;
- choisir la méthode et conduire le calcul pour déterminer la valeur des paramètres conduisant à des positions d'équilibre (par exemple l'arc-boutement) ;

L'exploitation d'un logiciel de calcul et l'interprétation des résultats (analyse de la modélisation proposée et des résultats obtenus) sera une activité de TP.

<p>D) Chaînes des solides 8h*</p> <p>D.1) Structure d'un mécanisme :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Graphe des liaisons ; - Associations de liaisons en série et en parallèle ; - liaisons équivalentes. <p>D.2) Définitions :</p> <p>(Cas des liaisons en parallèles et en séries) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - degré de mobilité ; - degré d'hyperstatisme. <p>D.3) Cas des chaînes fermées (simple et complexe) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mise en équation : Analyse géométrique, cinématique et des actions mécaniques. - Détermination du degré de mobilité et du degré d'hyperstatisme (Formule de mobilité); <p>D.4) Proposition de constructions isostatiques d'une chaîne de solides hyperstatique.</p> <p>4- Automatique :</p> <p>A/ Systèmes combinatoires : 6h*</p> <p>A.1) Codage de l'information :</p> <p>binaire naturel, binaire réfléchi, code p parmi n ...</p> <p>A.2) Algèbre de Boole :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Propriétés fondamentales ; - Théorème de De Morgan ; <p>A.3) Opérateurs logiques fondamentaux ;</p> <p>Exemples de réalisations technologiques ;</p> <p>A.4) Spécification d'une</p>	<p>Un schéma cinématique d'une partie opérative étant fourni, l'étudiant doit être capable de justifier le paramétrage géométrique du mécanisme et dans le cas d'une chaîne fermée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'écrire les relations liant les paramètres géométriques afin de déterminer la position de chacun des solides en fonction des paramètres pilotes ; - d'écrire les relations de <u>fermeture de la chaîne cinématique</u>, de résoudre le système associé et d'en déduire le degré de mobilité et le degré d'hyperstatisme ; - de déterminer les contraintes géométriques et/ou dimensionnelles associées à l'hyperstatisme ; <p>Pour l'étude d'hyperstatisme des chaînes simples fermées, on se limite à la démarche cinématique avec l'appui éventuel de logiciels adaptés.</p> <p>Les chaînes complexes ne doivent être abordées qu'à travers une approche globale.</p> <p>L'exploitation d'un logiciel de calcul et l'interprétation des résultats pour des systèmes mécaniques complexes, sera une activité de TP.</p> <p>On se limite à des fonctions d'au plus 5 variables.</p> <p>La présentation de l'algèbre de Boole se limite aux propriétés strictement nécessaires à ce cours.</p> <p>Les compétences acquises devront permettre :</p> <p>à partir d'un système combinatoire dont le fonctionnement est décrit par un cahier des charges, la liste des <u>entrées-sorties étant définie</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'exprimer le fonctionnement par un ensemble d'équations logiques ; - de simplifier ces équations
--	--

<p>fonction booléenne ; table de vérité, tableau de Karnaugh et chronogramme ;</p> <p>A.5) Techniques de simplification élémentaires : Méthode algébrique et méthode de Karnaugh ;</p> <p>A.6) Représentation des fonctions logiques : logigrammes et schémas à contacts.</p> <p>B/ Systèmes séquentiel : 2h*</p> <p>B.1) Définitions :</p> <ul style="list-style-type: none"> - système séquentiel ; - fonction mémoire (Bascule RS, JK, D) ; <p>B.2) Applications.</p> <p>C/ Système séquentiel : modèle GRAFCET : 4h*</p> <p>C.1) éléments de base : étape, liaison, transition ...</p> <p>C.2) règles d'évolution ;</p> <p>C.3) structures de base ;</p> <p>C.4) Action continue ;</p> <p>C.5) Action mémorisée ;</p> <p>C.6) Représentation multigraphe, synchronisation;</p> <p>C.7) Structure de la représentation : macro-étape, hiérarchie et forçage.</p>	<p>(Méthode de Karnaugh) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - de représenter ces équations (Logigramme, Schéma à contacts). <p>Le câblage des fonctions logiques, leur simulation ainsi que la validation des solutions retenues seront une activité de TP.</p> <p>La nature combinatoire ou séquentielle d'un système logique peut être introduite à l'aide d'un chronogramme. La compétence acquise doit permettre : la <u>table de vérité d'une bascule fournie</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - d'analyser le comportement d'un circuit séquentiel simple ; - de dresser le chronogramme correspondant. <p>Le câblage des circuits séquentiels, leur simulation ainsi que la validation des solutions retenues seront une activité de TP.</p> <p>Les compétences acquises doivent permettre : à partir de la description comportementale d'un système séquentiel selon un point de vue spécifié,</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'analyser et interpréter ce grafcet vis-à-vis du modèle GRAFCET (5 règles) ; - de déterminer le temps de cycle du système ; - de représenter tout ou partie d'une évolution temporelle consécutive à un événement d'entrée ; - de synchroniser les évolutions de certaines parties du système ; - de modifier ou compléter localement le Grafcet pour faire évoluer le comportement. <p>Le concept d'encapsulation est abordé uniquement par la lecture.</p>
--	---

* : Durée conseillée